

**EVALUASI PERHITUNGAN STABILITAS BENDUNG D.I  
PADANG GARUGUR KABUPATEN  
PADANG LAWAS UTARA**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**TINA ROMADANI HASIBUAN  
16.811.0045**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2023**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 14/8/24

Access From (repository.uma.ac.id)14/8/24

**EVALUASI PERHITUNGAN STABILITAS BENDUNG D.I  
PADANG GARUGUR KABUPATEN  
PADANG LAWAS UTARA**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area



**Oleh:**

**TINA ROMADANI HASIBUAN  
16.811.0045**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2023**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/8/24

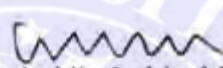
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)14/8/24

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul Skripsi : Evaluasi Perhitungan Stabilitas Bendung D.I Padang  
Garugur Kabupaten Padang Lawas Utara  
Nama : Tina Romadani Hasibuan  
NPM : 168110045  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:  
Komisi Pembimbing

  
Ir. Kamaluddin Lubis, M.T  
Pembimbing

  
Dr. Eng. Suprianto, S. T., M. T  
Dekan

  
Eka Hanita Wulandari, S.T, M.T  
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus :

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, September 2023  
Yang memberi pernyataan



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Tina Romadani Hasibuan  
NPM : 168110045  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Metode perbaikan tanah dengan geotextil untuk peningkatan daya dukung lapis Pondasi sub-grade perkerasan jalan. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : September 2023  
Yang menyatakan

  
(Tina Romadani Hasibuan)

## RIWAYAT HIDUP

Penulis di lahirkan di Hadungdung 12 April 1998, Putri dari Bapak Muhammad Soleh Hasibuan dan Ibu Norma Sari Ritonga. Penulis merupakan anak ke 5 dari 9 bersaudara. Lulus SD Negeri 1 Purbabangun pada tahun 2010 melanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 2 Portibi Selesai pada tahun 2013 dan melanjutkan ke SMKS kesehatan Paluta Husada. Selesai pada tahun 2016 dan pada tahun yang sama penulis melanjutkan ke perguruan tinggi di universitas Medan area mengambil Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil, Alhamdulillah selesai pada tahun 2023.

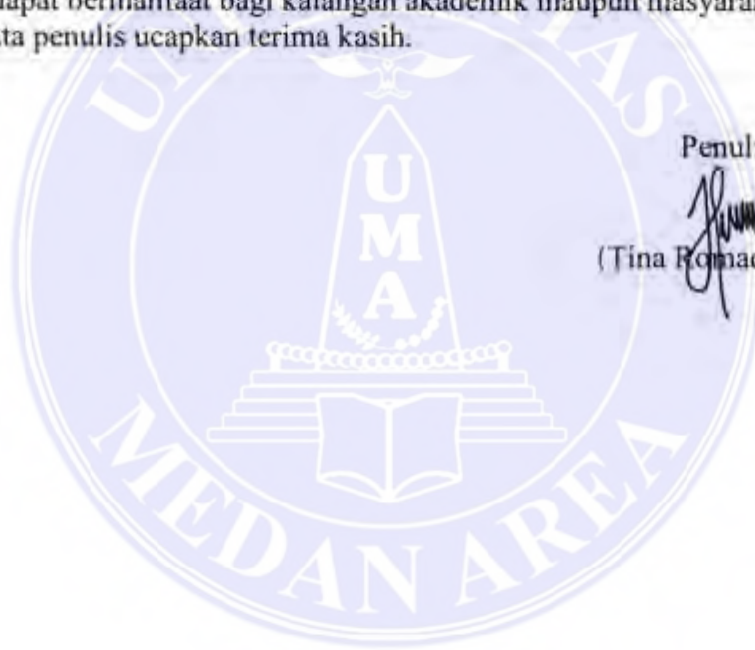


## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah perbaikan tanah dengan judul Evaluasi Perhitungan Stabilitas Bendung D.I Padang Garugur Kabupaten Padang Lawas Utara Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir.Kamaluddin Lubis,MT selaku Pembimbing skripsi dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T. M.T selaku Ketua. Program studi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada kedua orangtua penulis serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan .Penulis berharap skripsi dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis

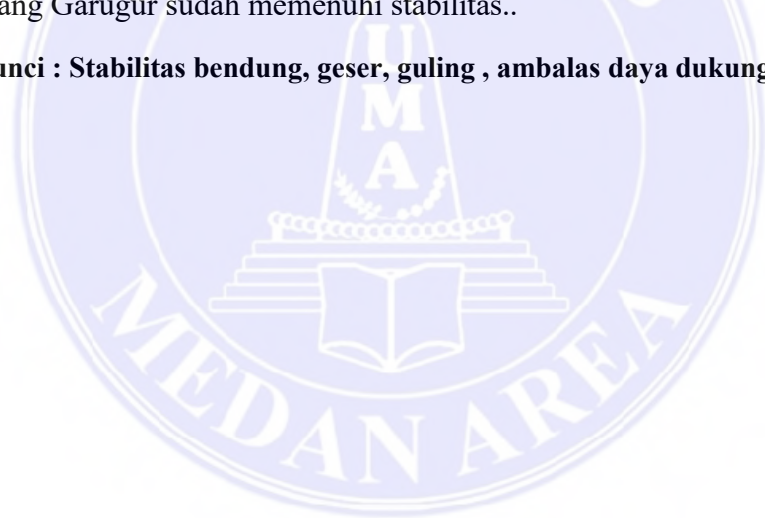
(Tina Romadani Hasibuan)



## ABSTRAK

Wilayah Indonesia merupakan negara agraris dikenal mempunyai dua musim yakni musim panas dan musim hujan merupakan nilai potensial bagi wilayah Padang Garugur menjadi daerah pertanian menuju berswasembada pangan beras Metode penelitian mengacu kepada peraturan Buku PU.PR KP.06 2013 ,Tujuan penelitian untuk mengalisis dan menentukan stabilitas juga dimensi bendung D.I Padang Garugur Kabupaten Padang Lawas yaitu terhadap gaya geser tanah , guling , ambalas, dan rembesan air yang terjadi pada saat debit air normal atau maximum. Hasil analisa diperoleh dengan debit rencana = 1922,906 m<sup>3</sup>/dt, tinggi bendung = 3,36 meter kondisi saat air normal momen guling diperoleh fs faktor = 2,79 > 1,5, terhadap geser tanah diperoleh dengan fs = 1,24 > 1,2 kondisi saat air banjir terhadap momen guling diperoleh fs = 2,09 > 1,5 dinyatakan bendung aman terhadap guling, gaya geser tanah diperoleh fs = 2,231 > 1,2. Kesimpulan stabilitas bendung secara umum sangat dipengaruhi oleh sifat fisis atau fisik krateristik lapisan tanah begitu juga terhadap daya dukung tanah, maupun kontrol Geser, guling rembesan air ,disamping pengaruh gaya-gaya luar bendung yang timbul saat kondisi air debit normal , atau debit banjir. Dinyatakan Bendung D.I Padang Garugur sudah memenuhi stabilitas..

**Kata Kunci : Stabilitas bendung, geser, guling , ambalas daya dukung tanah**

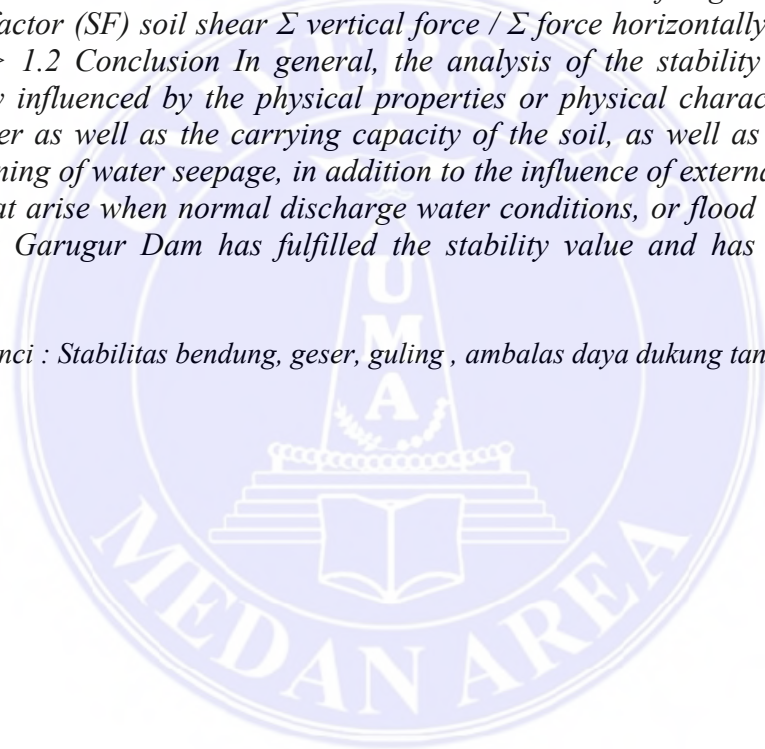




## ABSTRACT

*The territory of Indonesia is an agricultural country known to have two seasons, namely summer and rainy season which are potential values for the Padang Garugur area to become an agricultural area towards self-sufficiency in rice. the stability and dimensions of the Dam Padang Garugur Dam, Padang Lawas Regency against shear, overturn, subsidence, and water seepage that occurs when the water discharge is normal or maximum. meters. normal water conditions overturning moment Safety factor (SF) =  $\Sigma$  moment /  $\Sigma$  overturning moment obtained Safety factor (SF) 2.79 > 1.5, against soil shear  $\Sigma$  vertical force /  $\Sigma$  horizontal force obtained Sf = 1.24 > 1.2 conditions when the water floods against the overturning moment Safety factor (SF) =  $\Sigma$  moment /  $\Sigma$  overturning moment obtained SF 2.09 > 1.5 stated that the weir is safe against overturning, Safety factor (SF) soil shear  $\Sigma$  vertical force /  $\Sigma$  force horizontally obtained Sf = 2.231 > 1.2 Conclusion In general, the analysis of the stability of the weir is strongly influenced by the physical properties or physical characteristics of the soil layer as well as the carrying capacity of the soil, as well as Shear control, overturning of water seepage, in addition to the influence of external forces on the weir that arise when normal discharge water conditions, or flood discharge. The Padang Garugur Dam has fulfilled the stability value and has been declared stable.*

*Kata Kunci : Stabilitas bendung, geser, guling , ambalal daya dukung tanah*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>i</b>
<b>SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b>	<b>ii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Batasan Masalah .....	4
1.5. Manfaat penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1. Umum .....	7
2.2. Bendung Pelimpah.....	9
2.2.1. Bendung.....	10
2.2.2. Lebar Bendung .....	10
2.2.3. Mercu Bendung .....	11
2.3. Pelimpah Gigi Gergaji.....	14
2.4. Pangkal Bendung.....	15
2.5. Peredam Energi .....	16
2.6. Gaya-gaya yang bekerja pada bendung.....	18
2.6.1. Tekanan Air.....	19
2.6.2. Tekanan Lumpur .....	22
2.6.3. Tekanan Tanah .....	22

2.6.4.	Gaya Gempa .....	25
2.6.5.	Berat Sendiri Bendung .....	26
2.6.6.	Reaksi Pondasi .....	27
2.7.	Stabilitas Bendungan .....	29
2.7.1.	Kontrol Terhadap Geser .....	29
2.7.2.	Kontrol Terhadap Guling .....	31
2.7.3.	Kontrol Terhadap Eksentritas .....	32
2.7.4.	Kontrol Terhadap Daya Dukung Tanah.....	33
2.7.5.	Kontrol Terhadap Erosi Bawah .....	34
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>37</b>
3.1.	Gambaran lokasi penelitian .....	37
3.2.	Peta Lokasi penelitian .....	37
3.3.	Metode Pengumpulan Data .....	39
3.4.	Tahap-tahap Penelitian.....	39
3.5.	Metode analisa data.....	40
3.6.	Analisa Data penelitian .....	41
3.7.	Kerangka Berpikir .....	41
<b>BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>43</b>
4.1.	Perhitungan Tinggi Mercu Bendung.....	43
4.2.	Perhitungan Lebar Efektif Bendung .....	44
4.3.	Perhitungan Tinggi Air di Atas Mercu .....	44
4.4.	Perhitungan Tinggi Air di Hilir Bendung.....	47
4.5.	Penentuan Tipe Kolam Olak .....	48
4.6.	Dimensi Kolam Olak .....	51
4.7.	Perhitungan Panjang Jalur Rembesan .....	52
4.8.	Analisa Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Bendung .....	54
4.8.1.	Analisa Stabilitas Pada Kondisi Air Normal.....	54
4.8.2.	Kontrol Stabilitas Bendung Pada Kondisi Air Normal	61
4.9.	Analisa Stabilitas Pada Kondisi Air Banjir.....	63
4.10.	Kontrol Stabilitas Bendung Pada Kondisi Air Banjir.....	69
4.11.	Pembahasan .....	71
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>73</b>

5.1. Kesimpulan.....	73
5.2. Saran.....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	75
<b>LAMPIRAN 1</b> .....	76
<b>LAMPIRAN 2</b> .....	80



## DAFTAR GAMBAR

Gambar .1. Bentuk-Bentuk Mercuri Bendung.....	12
Gambar 2. Koefisien C0 bendung.....	13
Gambar .3. Koefisien C0 bendung.....	13
Gambar .4. Koefisien C2 Bendung .....	12
Gambar .5. Pangkal bendung .....	16
Gambar .6. Peredam energy .....	17
Gambar .7 Gaya-gaya yang bekerja pada bendung.....	18
Gambar .8. Tekanan aktif (a) dan Tekanan pasif (b) menurut Rankine.....	20
Gambar .9. Tegangan samping aktif dan pasif cara pemecahan Rankine...	21
Gambar .10. Gaya Angkat Pada Pondasi Bendung.....	23
Gambar .11. Gaya Angkat Bangunan Pada Pondasi Batuan.....	24
Gambar .12 Koefisien zona gempa di Indonesia .....	26
Gambar .13. Unsur-Unsur Persamaan Distribusi Tekanan Pada Pondasi...	29
Gambar .14. Metode Angka Rembesan Lane .....	36
Gambar .15. Lokasi Pekerjaan SID Peningkatan Infrastruktur Irigasi pada D.I. Padang Garugur Kiri/Kanan (1.050 Ha) Kabupaten Padang Lawas Utara .....	38
Gambar 16 Peta lokasi D.I. Padang Garugur Kiri/Kanan (1.050 Ha) Kabupaten Padang Lawas Utara .....	38
Gambar 17 Bagan alir penelitian.....	42
Gambar 18 Jari jari Bendung .....	46
Gambar 19 Kolam Olak Tipe <i>Vlughter</i> .....	52
Gambar 20 Sketsa Bangunan .....	54
Gambar 21 Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Kondisi Air Normal .....	55
Gambar 22 Up Lift Pada Kondisi Air Normal.....	57
Gambar 23 Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Kondisi Air Banjir .....	63
Gambar 24 Up lift pada Kondisi Air Banjir.....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel .1. Harga-harga koefisien $K_a$ dan $K_p$ .....	11
Tabel .2. Harga-harga $\xi$ .....	20
Tabel 3.Harga-Harga Koefisien Tegangan Aktif $K_a$ Untuk Dinding Miring Kasar Dengan Permukaan Tanah Datar/Horizontal.....	24
Tabel.4.Harga-Harga Koefisien Tegangan Pasif $K_p$ Untuk Dinding Miring Kasar Dengan Permukaan Tanah Datar/Horizontal.....	24
Tabel .5. Koefisien Jenis Tanah .....	26
Tabel .6. Periode Ulang Dan Percepatan Dasar Gempa ( $A_c$ ) .....	26
Tabel .7. Nilai Berat Volume Bahan.....	27
Tabel .8. Nilai-Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzagi (1943).....	34
Tabel .9. Harga-Harga Minimum Angka Rembesan Lane ( $C_L$ ) .....	35
Tabel 10. Perhitungan H hulu dengan coba-coba .....	45
Tabel 11. Perhitungan H Hilir Dengan Cara Coba-Coba .....	48
Tabel 12. Perhitungan Panjang Rembesan.....	53
Tabel 13. Perhitungan Gaya Akibat Berat Sendiri .....	55
Tabel 14. Perhitungan Gaya Gempa .....	57
Tabel 15. Perhitungan Gaya Hidrostatik .....	58
Tabel 16. Perhitungan Gaya Akibat Tekanan Tanah.....	60
Tabel 17. Resume Gaya-Gaya Pada Kondisi Normal .....	61
Tabel 18. Perhitungan Jalur Rembesan dan Tekanan Air Banjir .....	65
Tabel 19. Perhitungan Gaya Angkat Akibat Air Banjir .....	67
Tabel 20. Gaya Hidrostatik pada saat air banjir .....	68
Tabel 21 Perhitungan Gaya Akibat Tekanan Tanah.....	68
Tabel 22 Resume Gaya-gaya pada Kondisi air banjir .....	69

## DAFTAR NOTASI

N	= Jumlah pilar
D.I	= Daerah Irigasi
Kp	= Koefisien kontraksi pilar
Ka	= Koefisien kontraksi pangkal bendung
H1	= Tinggi energi (m)
Q	= debit, m <sup>3</sup> / dt
Cd	= koefisien debit (Cd = C0.C1.C2.)
b	= lebar mercu, m
H1	= tinggi air di atas mercu, m
C0	= fungsi r = jari-jari mercu
C1	= fungsi P = tinggi mercu,
C2	= fungsi dan kemiringan muka hulu,
G	= percepatan gravitasi, 9,8 m/dt <sup>2</sup>
B	= lebar mercu (m)
H1	= tinggi air di atas mercu (m)
Hu	= tekanan air normal di hulu bendung (kN)
Hu2	= tekanan air setinggi muka air banjir desain di hulu bendung (kN)
W	= berat air yang membebani bangunan (kN)
G	= berat bangunan itu sendiri (kN)
Hd	= tekanan air pasif di hilir bendung (kN)
Pa	= tekanan tanah aktif (kN)
Pp	= tekanan tanah pasif (kN)
U	= gaya angkat ke atas/tekanan air di bawah bangunan (uplift) (kN)
Ps	= tekanan lumpur (kN)
Lpr	= berat lumpur yang membebani bangunan (kN)
c	= proporsi luas di mana tekanan hidrostatis bekerja (c = 1),
Γw	= berat jenis air (kN/m <sup>3</sup> )
H1	= kedalaman air hilir (m)
ξ	= proporsi tekanan (Tabel 2)

$h_1$	= kedalaman air hulu (m)
$A$	= luas dasar ( $m^2$ )
$W_u$	= gaya tekan keatas resultante (kN)
$P_x$	= gaya angkat pada titik x ( $kg/m^2$ )
$L$	= panjang total bidang kontak dan tanah bawah (m)
$L_x$	= jarak sepanjang bidang kontak dari hulu sampai x (m)
$\Delta H$	= beda tinggi energi (m)
$H_x$	= tinggi energi di x (m)
$P_s$	= gaya yang terletak pada 2/3 kedalaman dari atas lumpur
$\Gamma_s$	= berat lumpur (kN)
$H$	= kedalaman lumpur (m)
$\theta$	= sudut gesekan dalam ( $^\circ$ )
$\gamma_s'$	= berat volume kering tanah ( $kg/m^3$ )
$G$	= berat volume butir
$E_a$	= tekanan aktif (kN/m)
$E_p$	= tekanan pasif (kN/m)
$K_a$	= koefisien tegangan aktif
$K_p$	= koefisien tegangan pasif
$\gamma$	= berat volume tanah ( $kN/m^3$ )
$H_1$	= tinggi tanah untuk tekanan aktif (m)
$H_2$	= tinggi tanah untuk tekanan pasif (m)
$a_d$	= Percepatan gempa rencana ( $cm/dt^2$ )
$n, m$	= Koefisien untuk jenis tanah
$a_d$	= Percepatan kejut dasar, $cm/dt^2$
$E$	= Koefisien gempa
$z$	= Faktor yang bergantung pada letak geografis daerah gempa
$P$	= tekanan vertikal pondasi ( $kN/m^2$ )
$\sum(W)$	= gaya vertikal termasuk tekanan ke atas
$A$	= luas dasar bendung ( $m^2$ )
$E$	= eksentrisitas pembebanan, atau jarak dari pusat
$I$	= momen kelembaman dasar disekitar pusat gravitasi ( $kgm^2$ )
$m$	= jarak titik pusat luas dasar sampai ke titik tekanan



$n$	= tekanan vertikal pondasi (kN/m <sup>2</sup> )
$\sum(W)$	= keseluruhan gaya vertikal termasuk tekanan ke atas, (kN)
$m$	= jarak titik pusat luas dasar sampai ke titik tekanan yang dikehendaki (m)
$F_k$	= faktor keamanan
$F$	= $\tan \delta$ (koefisien gesek antara tanah dasar dan dasar pondasi)
$\phi$	= sudut gesek internal (°),
$V$	= keseluruhan gaya vertikal yang bekerja pada bangunan (kN)
$H$	= keseluruhan gaya horizontal yang bekerja pada bangunan (kN)
$G$	= berat sendiri bangunan (kN)
$W$	= berat air di atas bangunan (kN)
$L_{pr}$	= berat lumpur (kN)
$U$	= gaya tekan ke atas (uplift) (kN)
$H_u$	= tekanan air di hulu bendung (kN)
$H_d$	= tekanan air di hilir bendung (kN)
$P_a$	= tekanan tanah aktif (kN)
$P_p$	= tekanan tanah pasif (kN)
$P_s$	= tekanan lumpur (kN)
$G_p$	= gaya gempa (kN)
$\sum MT$	= momen tahan (kNm)
$\sum MG$	= jumlah momen guling (kNm)
$MG$	= momen berat sendiri bangunan (kNm)
$MW$	= momen berat air di atas bangunan (kNm)
$M_{lpr}$	= momen berat lumpur (kNm)
$M_{Hd}$	= momen tekanan air di hilir bendung (kNm)
$M_{Pp}$	= momen tekanan tanah pasif (kNm)
$M_U$	= momen gaya angkat ke atas (uplift) (kNm)
$M_{Hu}$	= momen tekanan air di hulu bendung (kNm)
$M_{Pa}$	= momen tekanan tanah aktif (kNm)
$M_{Ps}$	= momen tekanan lumpur di hulu bendung (kNm)
$M_{Gp}$	= momen gempa akibat struktur (kNm)
$e$	= besarnya eksentrisitas

B	= lebar pondasi (m)
MT	= momen tahan (kNm)
MG	= momen guling (kNm)
V	= keseluruhan gaya vertikal yang bekerja pada bangunan (kN)
$\sigma_{1,2}$	= tegangan tanah (kN/m <sup>2</sup> )
V	= gaya vertikal total (kN)
B	= lebar pondasi (m)
q ult	= kapasitas dukung ultimate untuk pondasi memanjang (kN/m <sup>2</sup> )
c	= kohesi tanah (kN/m <sup>2</sup> )
h	= kedalaman pondasi (m)
$\gamma$	= berat volume tanah (kN/m <sup>3</sup> )
B	= lebar pondasi (m)
q <sub>u</sub>	= kapasitas dukung ultimate untuk pondasi memanjang (kN/m <sup>2</sup> )
q <sub>a</sub>	= daya dukung izin (kN/m <sup>2</sup> )
$\gamma$	= berat volume tanah (kN/m <sup>3</sup> )
z	= kedalaman pondasi (m)
CL	= angka rembesan lane
$\sum LV$	= jumlah panjang vertikal (m)
$\sum LH$	= jumlah panjang horizontal (m)
$\Delta H$	= beda tinggi muka air (m)
B	= Lebar rata-rata sungai m
n	= Jumlah pilar
K <sub>p</sub>	:=koefisien kontraksi pilar (Untuk pilar dengan ujung bulat) = 0,01
K <sub>a</sub>	:=koefisien kontraksi pangkal bendung ( tembok segiempat )
Q	=debit rencana = m <sup>3</sup> /dt
B <sub>e</sub>	= lebar efektif bendung (m)
H <sub>1</sub>	:=tinggi energi di hulu (m)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Wilayah Indonesia merupakan negara agraris yang dikenal mempunyai dua musim yakni musim panas dan musim hujan hal ini merupakan nilai potensial bagi wilayah daerah pertanian dalam hal menuju daerah yang berswasembada beras , pertumbuhan penduduk yang terus meningkat akan sejalan pula dengan bertambahnya kebutuhan pangan yang harus ditopang dengan sarana dan prasarana pertanian seperti pembangunan bendung untuk mencukupi kebutuhan air pertanian dengan peningkatan pertanian akan meningkatkan pertumbuhan ekonomi penduduk ( BAPPENAS 2020)

D.I bendung Padang Garugur yang terletak di Padang Lawas Utara mempunyai dua buah pintu intake kiri dan kanan bendung ini merupakan jenis bendung tetap/ pelimpah jenis type Ogee, Bendung irigasi ini akan mengairi persawahan dengan luas areal + 1050 Ha Wilayah daerah ini masih banyak daerah poyensial dijadikan sebagai pertanian . diharapkan dengan selesainya pembangunan bendung dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi serta pendapatan penduduk yang tadinya masa panen satu tahun akan bisa menjadi dua kali panen dalam satu tahun, begitu juga bertambah luasnya daerah irigasi di padang lawas utara selama ini daerah tersebut masih kekurangan air irigasi untuk untuk mencukupi daerah pertanian. (LPSE SUMUT 2023)

Bendung adalah suatu bangunan yang dibuat dari pasangan batu kali, bronjong atau beton, yang terletak melintang pada sebuah sungai yang tentu saja bangunan ini dapat digunakan pula untuk kepentingan lain selain irigasi, seperti untuk keperluan air minum, pembangkit listrik atau untuk penggelontoran suatu kota. (Suhardi, Yandi . dkk 2014 )

Menurut macamnya bendung dibagi dua, yaitu bendung tetap dan bendung gerak , bendung tetap adalah bangunan yang sebagian besar konstruksi terdiri dari pintu yang dapat digerakkan untuk mengatur ketinggian muka air sungai sedangkan bendung gerak adalah bangunan yang dipergunakan untuk meninggikan muka air di sungai, sampai pada ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan ke saluran irigasi dan petak tersier.

Kebutuhan akan ketersediaan air pada suatu daerah sangatlah perlu diperhatikan dikarenakan air merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupannya. Indonesia merupakan daerah yang memiliki dua musim yakni musim kemarau dan musim penghujan;(Nofiana Dian dkk 2018).

Secara umum permasalahan yang timbul adalah belum adanya rencana alokasi air seperti untuk keperluan irigasi, air baku dan penggelontoran. Di sisi lain seiring perkembangan kabupaten yang juga akibat pengaruh kawasan (terutama mengantisipasi perkembangan dengan adanya akses jalan tol) desakan terhadap terjadinya konversi lahan semakin kuat untuk pemanfaatan industri dan pemukiman. (Gessan Kurnia dkk 2020)

Stabilitas bendungan merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam pembangunan suatu bendungan. Jika syarat stabilitas tersebut

tidak terpenuhi, maka akan mengakibatkan masalah keamanan bendungan yang meliputi pelimpahan, rembesan, longsor dan retakan. Stabilitas ini dipengaruhi oleh banyak faktor, diantara lain adalah material pembentuk tubuh bendungan, penentuan zona tubuh bendungan, kemiringan tebing, beban gempa dan lain-lain. ( Nisa Andan Restuti1 , dkk 2016 )

Faktor beban gempa memberi pengaruh besar pada analisis stabilitas bendungan di Indonesia sebagai daerah rawan gempa. Rambatan gelombang gempa yang memberi tekanan dinamis dengan dipengaruhi tekanan air akan berdampak langsung pada bendungan. ( Raifah Rekzyanti 2016)

Sehingga perlu ditinjau seberapa besar pengaruhnya agar tidak terjadi kerusakan pada bendungan dan meminimalisir bencana disekitarnya..terutama tentang kesetabilan bendung dalam menahan debit air pada saat terjadi debit banjir besar agar terhindar dari kerusakan ataupun bahaya yang berakibat terhadap stabilitas bendung tersebut, ( Nurul Chayati, dkk 2023)

Dari uraian di atas merupakan latar belakang penulis merasa tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Perhitungan Stabilitas Bendung D.I Padang Garugur Kabupaten Padang Lawas Utara”,

## 1.2. Rumusan Masalah

Dalam menyusun rumusan masalah penelitian maka diperlukan identifikasi masalah yang timbul dari permasalahan yang akan ditinjau, identifikasi masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Apakah bendung D.I padang garugur kabupaten padang lawas utara sudah aman terhadap perhitungan stabilitas bendung.

2. Apakah dimensi bendung D.I padang garugur kabupaten padang lawas utara aman terhadap bahaya guling , ambalasan dan rembesan yang diakibatkan oleh tekanan hidrostatik.
3. Apakah dimensi bendung D.I padang garugur kabupaten padang lawas utara mampu menahan tekanan hidro statik pada saat debit banjir maximum

### 1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dari penulisan skripsi adalah menganalisis dan mengevaluasi perhitungan dimensi bendung D.I Padang Garugur Kabupaten Padang Lawas apakah aman terhadap nilai stabilitas.

Tujuan dari skripsi adalah untuk menentukan stabilitas serta dimensi bendung D.I Padang Garugur Kabupaten Padang Lawas bendung yang aman terhadap geser , guling , ambalasan, gempa dan rembesan air pada saat debit air maximum..

### 1.4. Batasan Masalah

Mengingat luasnya ruang lingkup skripsi yang sangat luas dan agar didapatkan pembahasan lebih fokus maka skripsi dibatasi sebagai berikut :

1. Dalam perhitungan debit andalan sungai pada penulisan skripsi merupakan debit andalan yang diperoleh dari dinas PUPR Padang Lawas Utara.
2. Data curah hujan yang digunakan juga merupakan data curah hujan yang ada didaerah gunung tua

3. Dalam pembahasan skripsi bendung yang digunakan merupakan bendung type bendung Ogee / mercu bulat type ini kebanyakan digunakan di Indonesia.
4. Pada perhitungan stabilitas bendung DI bendung Padang Garugur Lawas Utara tidak menghitung dimensi saluran dan kebutuhan air untuk persawahan.
5. Data soil investigation atau mekanika tanah merupakan data yang diambil langsung dari proyek dan bukan data yang diteliti dilaboratorium.
6. Pengambilan data yang diambil dari lapangan juga menggunakan data diambil dari dinas meteorologi, dan juga hasil wawancara survey langsung kelokasi proyek.

### **1.5. Manfaat penelitian**

Setiap penelitian dilakukan guna memperoleh manfaat yang berguna bagi seluruh pihak-pihak yang bersangkutan. Manfaat yang diharapkan oleh penulis dalam melakukan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Bagi peneliti

Penelitian ini bermanfaat untuk menambah dan mengembangkan wawasan pengetahuan peneliti yang berkaitan dengan perhitungan dimensi dan perhitungan stabilitas bendung.

2. Bagi perusahaan

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sebuah masukan dan saran bagi perusahaan WIKA dalam pengembangan ilmu terutama perencanaan bendungan..

3. Bagi Program Studi Teknik Sipil

Penelitian ini dapat menjadi bahan referensi dan memberikan informasi tambahan yang berguna bagi mahasiswa/i dalam melakukan penelitian selanjutnya





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Umum

Untuk kepentingan analisis dalam perencanaan Bendung D.I. Padang Garugur, mengacu pada pedoman yang sudah ada yaitu Standar Perencanaan Irigasi (Kriteria Perencanaan) yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Pengairan Kriteria perencanaan Adapun untuk melengkapi analisis untuk perhitungan yang lebih spesifik digunakan juga referensi-referensi lain yang biasa dipakai di Indonesia untuk perencanaan irigasi maupun perencanaan bendung. (KP 02.2013 ).

Pada umumnya, sepanjang aliran sungai dibagi menjadi 3 bagian utama berdasarkan perbedaan karakteristik morfologi dan sifat hidroliknya, yaitu : Ruas hulu, ruas tengah dan ruas hilir lebar sungai sonang yang mempunyai lebar rata-rata  $\pm 35$  meter dengan bentuk profil sungai yang relative berbelok-belok . Pemilihan tipe bendung lebih dipengaruhi oleh letak bendung pada bagian ruas sungai bagian mana bendung tersebut. Daerah irigasi dan Lokasi bendung Padang Garugur terletak diruas tengah sungai, dengan karakteristik : cukup landai dan tidak berbatu, maka rencana Bendung yang paling sesuai adalah bendung tetap ( Indrapraja , Eko dkk 2020 )

Penentuan serta pemilihan lokasi bendung didasarkan pada hal-hal sebagai berikut : ( Sulistyono Widodo 2015 )

- Diusahakan sedapat mungkin lebih ke hulu, agar bendung tidak terlalu tinggi, namun harus mengingat juga panjang saluran primer yang akan diperlukan supaya tidak terlalu panjang.

- Dipilih lokasi bendung pada ruas sungai relatif lurus, sempit dan dengan penampang yang relatif konstan serta kedua tanggulnya stabil. Hal ini mencerminkan bahwa sungai itu sudah stabil dengan kondisi dasarnya yang sekarang.
- Kondisi geologi teknik, sangat berpengaruh terhadap kemantapan atau kestabilan dari bangunan utama, terutama daya dukung tanah pondasi serta nilai kelulusan air tanah bawah (koefisien permeability tanah bawah).
- Kondisi topografi, sangat berpengaruh terhadap pelaksanaan konstruksi dan biaya pelaksanaannya. Selain harus cukup tempat yang tersedia di tepi sungai untuk memuat kompleks bangunan utama termasuk kantong lumpur dan bangunan-bangunan penguras serta bangunan pengambilan saluran primer. Juga harus diupayakan sedemikian hingga beda antara volume galian dan timbunan tidak terlalu besar, sehingga pelaksanaannya relatif mudah dan biayanya relatif murah.
- Metode pelaksanaan, harus dipertimbangkan juga dalam pemilihan lokasi bendung karena akan sangat berpengaruh terhadap kelancaran pelaksanaan konstruksi dan biaya pelaksanaan. Namun demikian, yang utama dalam penentuan lokasi bendung adalah kondisi-kondisi yang mendukung tercapainya kestabilan bendung secara keseluruhan, kemudian baru diikuti dengan pertimbangan metode pelaksanaannya, dan bukan sebaliknya

Dalam Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan ( KP-06,2013) bendung adalah bangunan air yang dibangun melintang sungai atau sudetan yang sengaja dibuat untuk meninggikan elevasi muka air untuk

mendapatkan tinggi terjun, sehingga air dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke daerah yang membutuhkan.

Bendung sebagai pengatur muka air dapat dibedakan menjadi bendung pelimpah dan bendung gerak. Bendung Padang Garugur ini sendiri adalah jenis atau tipe bendung pelimpah, maka dalam penelitian ini yang dibahas adalah bendung pelimpah. Bendung pelimpah yaitu bangunan air yang dibangun melintang di sungai onang, akan memberikan tinggi air minimum kepada bangunan intake untuk keperluan irigasi. (Adi Daning Pangestu1 , dkk 2018)

Didaerah padang lawas utara sumatera utara hal ini diharapkan air irigasi akan mampu melayani untuk kebutuhan air ±1050 Ha dimana selama ini kebutuhan air tidak mencukupi sehingga ketika itu masih banyak lahan yang tidak dapat dijadikan sebagai irigasi.

Sedangkan bendung gerak adalah bendung yang dilengkapi pintu air yang dapat dibuka maupun ditutup sesuai dengan kebutuhan debit air yang akan dialirkan. Bendung ini dipergunakan untuk mengatur tinggi rendah debit air sungai dengan pembukaan pintu-pintu yang terdapat pada bendung tersebut, biasanya pembukaan dan penutupan pintu ini sudah menggunakan teknologi computer ( .KP.02.2013).

## 2.2 Bendung Pelimpah

Bendung atau bangunan pelimpah adalah bangunan bendung yang dibangun melintang sungai yang akan memberikan tinggi air minimum kepada bangunan intake untuk keperluan irigasi. Bendung ini sendiri merupakan penghalang selama banjir dan dapat menyebabkan genangan di

hulu bendung. Menurut Dirjen Pengairan ( KP 02 2013), bendung pelimpah ini terdiri dari antara lain:

### **2.2. 1. Tubuh Bendung**

Tubuh bendung merupakan ambang tetap yang berfungsi untuk meninggikan taraf muka air sungai. Tubuh bendung ini diletakkan kurang lebih tegak lurus arah aliran sungai saat banjir besar dan sedang. Maksudnya agar arah aliran utama menuju bendung dan yang keluar dari bendung terbagi merata. Sehingga tidak menimbulkan pusaran-pusaran aliran di hulu bangunan pembilas dan intake, yang akibatnya dapat menyebabkan gangguan penyadapan aliran air ke intake dan pembilasan sedimen. Bila aliran utama yang keluar dari bendung ke hilir tidak merata, maka yang berakibat menimbulkan penggerusan setempat di hilir bendung lebih dalam di satu bagian dari bagian lainnya ( KP 02,2013).

### **2.2.2. Lebar Bendung**

Lebar bendung, yaitu jarak antara pangkal-pangkalnya (abutment), sebaiknya sama dengan lebar rata-rata sungai pada bagian yang stabil. Dalam hal ini banjir mean tahunan dapat diambil untuk menentukan lebar rata-rata bendung. Lebar maksimum bendung hendaknya tidak lebih dari 1,2 kali lebar rata-rata sungai pada ruas yang stabil. Lebar efektif mercu ( $B_e$ ) dihubungkan dengan lebar mercu yang sebenarnya ( $B$ ), yakni jarak antara pangkal-pangkal bendung dan/atau tiang pancang, dengan persamaan berikut:

$$Be = B - 2 (n Kp + Ka) H1 \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

N = Jumlah pilar

Kp = Koefisien kontraksi pilar

Ka = Koefisien kontraksi pangkal bendung

H1 = Tinggi energi (m)

Tabel .1. Harga-harga koefisien Ka dan Kp sumber (PUPR .KP.06)

Bentuk Pilar	
	p
Untuk pilar berujung segi empat dengan sudut-sudut yang dibulatkan pada jari-jari yang hampir sama dengan 0,1 dari tebal plat	,02
Untuk pilar berujung bulat	,01
Untuk pilar berujung bulat	,01
Bentuk Pangkal Tembok	
	a
Untuk pangkal tembok segi empat dengan tembok hulu pada 90° ke arah Aliran	,20
Untuk pangkal tembok bulat dengan tembok hulu pada 90° ke arah alirandengan $0,5 H1 > r > 0,15 H1$	,10
Untuk pangkal tembok bulat dimana $r > 0,5 H1$ dan tembok hulu tidak lebih dari 450 ke arah aliran	

### 2.2.3. Mercu Bendung

Mercu bendung adalah bagian teratas dari tubuh bendung, dimana aliran dari hulu dapat mengalir atau melimpah ke hilir. Fungsi mercu bendung itu sendiri adalah sebagai penentu tinggi muka air minimum di sungai bagian hulu bendung, sebagai pengempang sungai dan sebagai pelimpah aliran air. Letak mercu bendung dan tubuh bendung diusahakan tegak lurus arah aliran sungai agar aliran yang menuju bendung terbagi

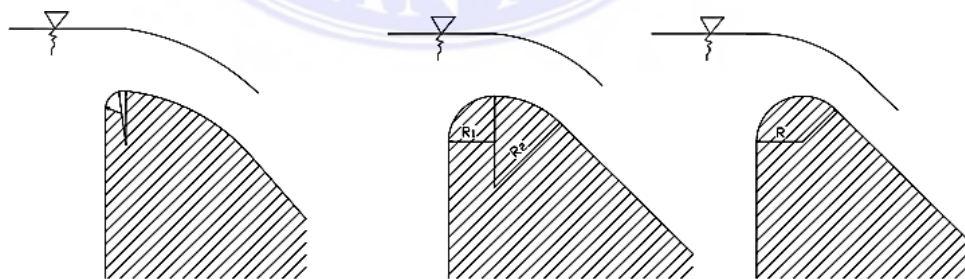
merata (KP 06,2013)..Di Indonesia pada umumnya digunakan dua tipe mercu untuk bendung pelimpah: tipe Ogee dan tipe bulat (lihat Gambar 2.1).

a. Mercu Ogee

Mercu Ogee berbentuk tirai luapan bawah dari bendung ambang tajam aerasi. Oleh karena itu mercu ini tidak akan memberikan tekanan subatmosfir pada permukaan mercu sewaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana. Untuk debit yang lebih rendah air akan memberikan tekanan ke bawah pada mercu ( KP 06,2013)..

b. Mercu Bulat

Bendung dengan mercu bulat memiliki koefisien debit yang jauh lebih tinggi (44%) dibanding dengan koefisien bendung ambang lebar. Pada sungai, ini akan memberikan keuntungan karena bangunan ini akan mengurangi tinggi muka air hulu selama banjir. Harga koefisien debit menjadi lebih tinggi karena lengkung streamline dan tekanan negative pada mercu ( KP 06,2013).



Sumber: KP 02,2013

Gambar .1. Bentuk-Bentuk Mercu Bendung

$$\text{Rumus } Q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot b \cdot H_1^{1.5}} \dots\dots\dots 2.2$$

Di mana :

Q = debit, m<sup>3</sup>/ dt

C<sub>d</sub>= koefisien debit (C<sub>d</sub> = C<sub>0</sub>.C<sub>1</sub>.C<sub>2</sub>.)

g = percepatan gravitasi, 9,8 m/dt<sup>2</sup>

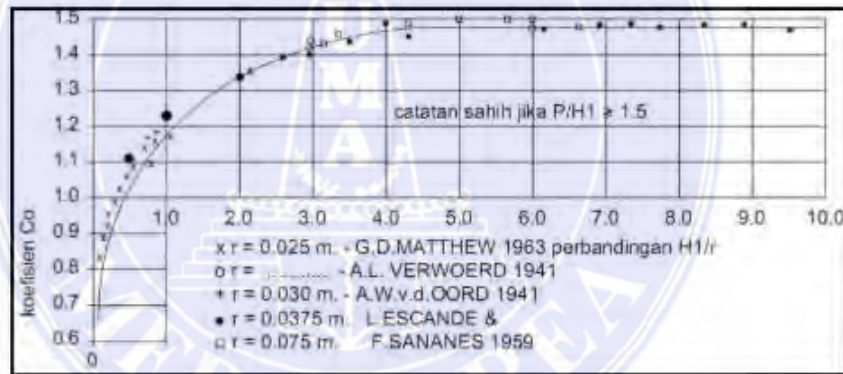
b = lebar mercu, m

H<sub>1</sub> = tinggi air di atas mercu, m

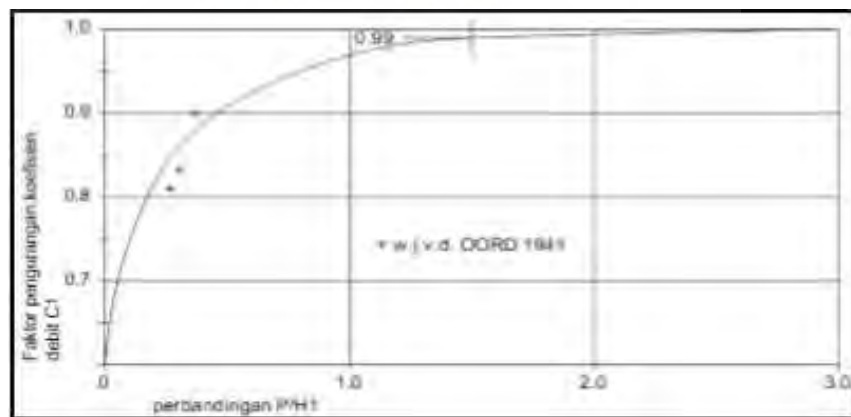
C<sub>0</sub>= fungsi r = jari-jari mercu ,( gambar 2.2 )

C<sub>1</sub>= fungsi P = tinggi mercu,( gambar 2.3 )

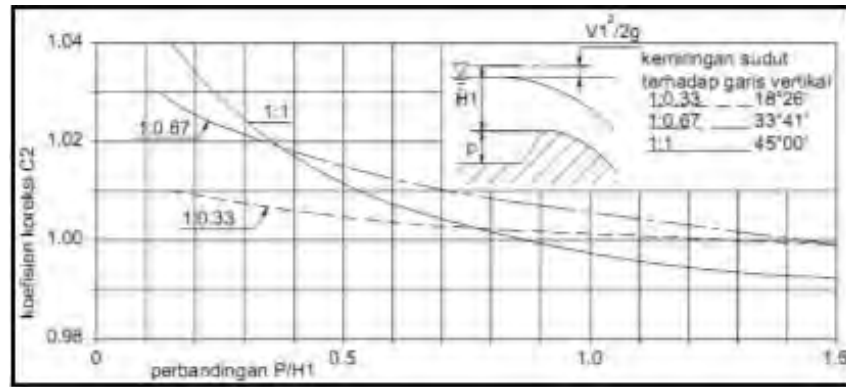
C<sub>2</sub>= fungsi dan kemiringan muka hulu,( gambar 2 )



Gambar .2. Koefisien C<sub>0</sub> bendung



Gambar 3.. Koefisien C<sub>0</sub> bendung



Gambar 4. Koefisien C2 Bendung

Tinggi muka air banjir diatas mercu dapat di hitung dengan persamaan yaitu

:

$$H_d = H_1 - k$$

$$k = v \cdot \frac{2}{4g}$$

$$v = \frac{Q}{B \cdot e \cdot x \cdot H_1}$$

Di mana :

Q = debit, m<sup>3</sup>/ dt

Cd= koefisien debit (Cd = C0.C1.C2.)

G = percepatan gravitasi, 9,8 m/dt<sup>2</sup>

B = lebar mercu (m)

H1= tinggi air di atas mercu (m)

### 2.3. Pelimpah Gigi Gergaji

Pada beberapa lokasi rencana pembuatan bendung, didapatkan sungai yang mempunyai karakteristik lebar sungai kecil, debit cukup besar dengan fluktuasi antara debit rendah dan debit tinggi yang tidak terlalu jauh, dan tidak membawa material bawaan yang besar (besarnya sungai di daerah hilir).



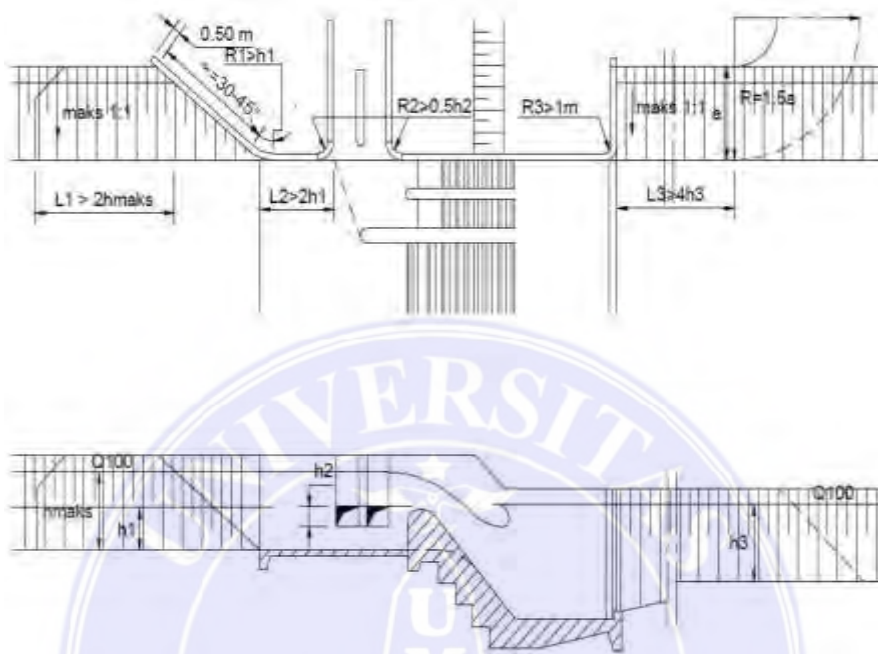
Untuk karakteristik sungai yang demikian jika dibangun bendung dengan pelimpah alinyemen lurus akan memerlukan panjang pelimpah yang besar, sehingga perlu area yang besar dan biaya yang mahal. Dari hasil beberapa penelitian untuk sungai dengan karakteristik di atas lebih sesuai digunakan pelimpah dengan alinyemen berbentuk gigi gergaji, karena dengan bentuk seperti itu pada bentang sungai yang sama mempunyai panjang pelimpah yang lebih besar (.KP.02,2013).

Parameter yang harus diperhatikan sebelum merencanakan tipe ini adalah:

1. Lokasi, tinggi mercu, debit banjir rencana dan stabilitas perlu didesain dengan mengacu pada acuan yang ada pada pelimpah ambang tetap biasa.
2. Bendung tipe gigi gergaji kurang sesuai untuk dibangun pada sungai dengan angkutan material dasar sungai batu gelinding, sungai yang membawa hanyutan batang-batang pohon dalam jumlah yang besar sehingga akan menimbulkan benturan yang dapat merusak tubuh bendung atau tumpukan sampah yang dapat mengakibatkan penurunan kapasitas pelimpahan bendung.
3. Radius atau jari-jari mercu perlu diambil lebih besar atau sama dengan 0,10 m.

#### **2.4. Pangkal Bendung**

Pangkal-pangkal bendung (abutment) menghubungkan bendung dengan tanggul-tanggul sungai dan tanggul-tanggul banjir. Pangkal bendung harus mengarahkan aliran air dengan tenang di sepanjang permukaannya dan tidak menimbulkan turbulensi ( KP 02,2013).).

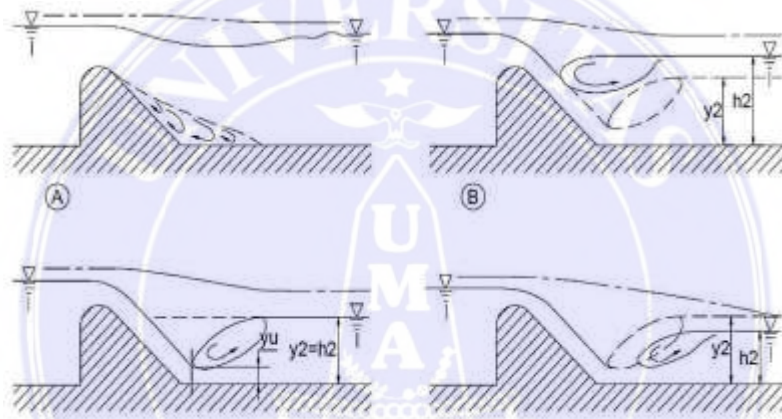


Elevasi pangkal bendung di sisi hulu bendung sebaiknya lebih tinggi daripada elevasi air (yang terbencong) selama terjadi debit rencana. Tinggi jagaan yang harus diberikan adalah 0,75 m sampai 1,50 m, bergantung kepada kurve debit sungai di tempat itu, untuk kurve debit datar 0,75 m akan cukup, sedang untuk kurve yang curam akan diperlukan 1,50 m untuk memberikan tingkat keamanan yang sama.

## 2.5 .Peredam Energi

Menurut Dirjen Pengairan KP 02,2013 , aliran di atas bendung pada sungai dapat menunjukkan berbagai perilaku di sebelah bendung akibat kedalaman air yang ada seperti Gambar 2.6. menyajikan kemungkinan-kemungkinan yang terjadi dari pola aliran di atas bendung.

Kasus A menunjukkan aliran tenggelam yang menimbulkan sedikit saja gangguan di permukaan berupa timbulnya gelombang. Kasus B menunjukkan loncatan tenggelam yang lebih diakibatkan oleh kedalaman air hilir yang lebih besar, daripada oleh kedalaman konjugasi. Kasus C adalah keadaan loncat air dimana kedalaman air hilir sama dengan kedalaman konjugasi loncat air tersebut. Kasus D terjadi apabila kedalaman air hilir kurang dari kedalaman konjugasi, dalam hal ini loncatan akan bergerak ke hilir. seperti terlihat dalam gambar .6 berikut



Sumber: PU KP 02,2013

Gambar .6. Peredam energy

Semua tahap ini bisa terjadi di bagian hilir bendung yang di bangun di sungai. Kasus D adalah keadaan yang tidak boleh terjadi, karena loncatan air akan menghempas bagian sungai yang tak terlindungi dan umumnya menyebabkan penggerusan luas.

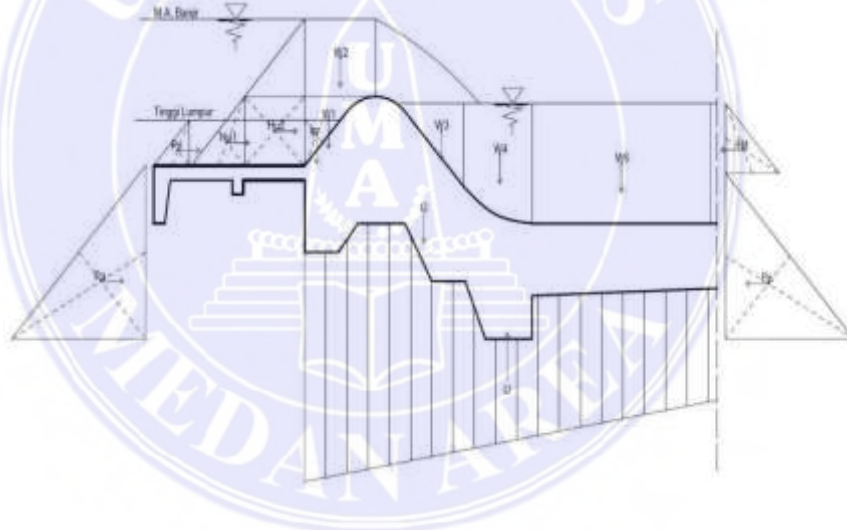
Untuk menemukan debit yang akan memberikan keadaan terbaik untuk peredaman energi, semua debit harus dicek dengan muka air hilirnya. Jika degradasi mungkin terjadi, maka harus dibuat perhitungan dengan muka air

hilir terendah yang mungkin terjadi untuk mengecek apakah degradasi mungkin terjadi. degradasi harus dicek jika:

- a. Bendung dibangun pada sudetan (kopur).
- b. Sungai itu sungai aluvial dan bahan tanah yang dilalui rawan terhadap erosi.
- c. Terdapat waduk di hulu bangunan.

## 2.6. Gaya-gaya yang bekerja pada bendung

Gaya maupun berat yang bekerja pada bangunan bendung yang juga dapat mempengaruhi stabilitas bangunan bendung adalah tersebut seperti yang terlihat pada Gambar . 7 berikut:



Sumber: data lapangan 2023

Gambar .7. Gaya-gaya yang bekerja pada bendung

Dimana :

$H_u$  = tekanan air normal di hulu bendung (kN)

$H_{u2}$  = tekanan air setinggi muka air banjir desain di hulu bendung  
(kN)

$W$  = berat air yang membebani bangunan (kN)

$G$  = berat bangunan itu sendiri (kN)

$H_d$  = tekanan air pasif di hilir bendung (kN)

$P_a$  = tekanan tanah aktif (kN)

$P_p$  = tekanan tanah pasif (kN)

$U$  = gaya angkat ke atas/tekanan air di bawah bangunan (uplift) (kN)

$P_s$  = tekanan lumpur (kN)

$L_{pr}$  = berat lumpur yang membebani bangunan (kN)

### 2.6.1. Tekanan Air

Gaya tekan air ini dapat dibagi menjadi gaya hidrostatis dan gaya hidrodinamik. Gaya hidrostatis disebabkan oleh gaya tekan air yang menggenangi tubuh bendung sehingga menimbulkan gaya tekan air dari arah horizontal dan dari vertikan ke bawah. Gaya hidrostatis adalah fungsi kedalaman di bawah permukaan air yang selalu bekerja tegak lurus terhadap permukaan bangunan. Bendung juga mendapat tekanan gaya angkat ke atas yang dapat menyebabkan berkurangnya berat efektif bangunan tersebut . Menurut Dirjen Pengairan ( KP 02,2013).rumus gaya tekan ke atas untuk bangunan yang didirikan di atas pondasi batuan adalah:

$$W_u = c \gamma_w [H_1 + \frac{1}{2} \xi (h_1 - h)]A \dots\dots\dots 2.3$$

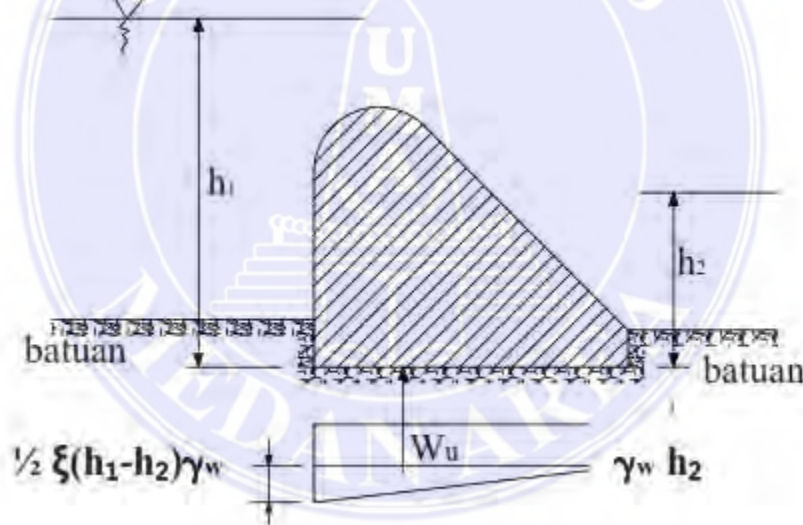
Dengan :

$c$  = proporsi luas di mana tekanan hidrostatis bekerja ( $c = 1$ , untuk semua tipe pondasi).

- $\Gamma_w$  = berat jenis air ( $\text{kN/m}^3$ )
- $H_1$  = kedalaman air hilir (m)
- $\xi$  = proporsi tekanan (Tabel 2)
- $h_1$  = kedalaman air hulu (m)
- $A$  = luas dasar ( $\text{m}^2$ )
- $W_u$  = gaya tekan keatas resultante (kN)

Tabel .2. Harga-harga  $\xi$  ( sumber Teknik Pondasi )

Tipe pondasi batuan	$\xi$ (proporsi tekanan)
Berlapis horizontal	1,00
Sedang, pejal (massive)	0,67
Baik, pejal	0,50



Sumber::KP 02,2013

Gambar .8 .Gaya Angkat Bangunan Pada Pondasi Batuan

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 relatif di sepanjang pondasi ( KP 02,2013).

Dalam bentuk rumus ( Gambar .9.), gaya angkat pada titik x di sepanjang dasar bendung, dirumuskan sebagai berikut: Rumus

$$P_x = H_x - \frac{L_x}{L} \cdot \Delta H \dots\dots\dots 2.4.$$

Dengan :

$P_x$  = gaya angkat pada titik x ( $kg/m^2$ )

$L$  = panjang total bidang kontak dan tanah bawah (m)

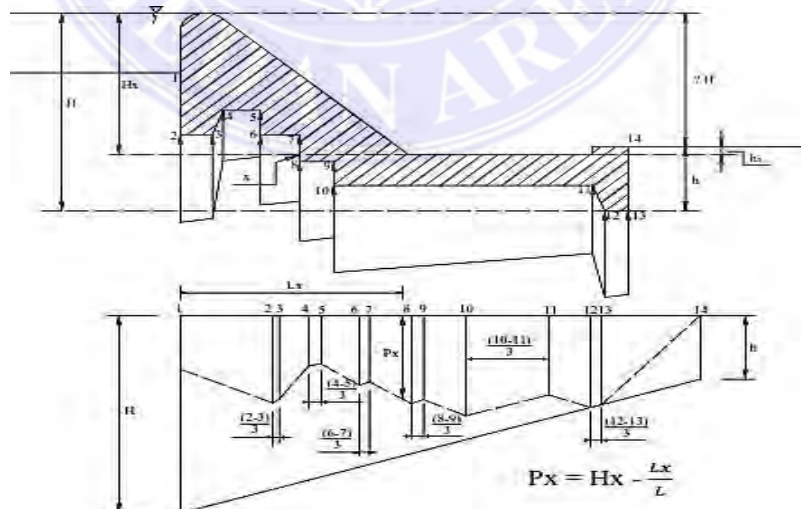
$L_x$  = jarak sepanjang bidang kontak dari hulu sampai x (m)

$\Delta H$  = beda tinggi energi (m)

$H_x$  = tinggi energi di x (m)

Dimana L dan  $L_x$  adalah jarak relatif yang dihitung berdasarkan rumus Lane, bergantung pada arah bidang tersebut. Bidang yang membentuk sudut  $45^\circ$  atau lebih terhadap bidang horizontal dianggap vertikal. Gambar

9



Sumber: KP 02,2013

Gambar .9. Gaya Angkat Pada Pondasi Bendung

### 2.6.2. Tekanan Lumpur

Menurut Dirjen Pengairan( KP 02,2013).), tekanan lumpur yang berkerja terhadap muka hulu bendung atau terhadap pintu dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_s = \frac{\gamma_s h^2}{2} \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \dots\dots\dots 2.5.$$

Dimana :

$P_s$  = gaya yang terletak pada 2/3 kedalaman dari atas lumpur yang bekerja secara horizontal

$\gamma_s$  = berat lumpur (kN)

$H$  = kedalaman lumpur (m)

$\theta$  = sudut gesekan dalam (°)

Beberapa andaian/asumsi dapat dibuat seperti berikut ini:

$$\gamma_s = \gamma_s \frac{G-1}{G} \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana :

$\gamma_s'$  = berat volume kering tanah  $\approx 12,74$  kN/m<sup>3</sup> ( $\approx 1274$  kgf/m<sup>3</sup>)

$G$  = berat volume butir = 2,65

### 2.6.3. Tekanan Tanah

Tekanan tanah dari samping yang digunakan dalam suatu bangunan dapat dihitung dengan menggunakan cara pemecahan Rankine.

Menurut cara pemecahan Rankine, tekanan samping aktif dan pasip ( KP 02,2013). dapat diketahui sebagai berikut:

$$\text{Gaya tekan} = E_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 - 2cH \sqrt{\frac{K_a}{a}} \dots\dots 2.7$$

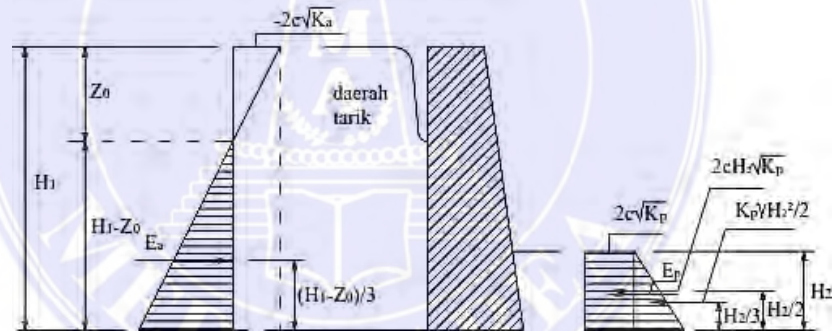


$$\text{Tahanan pasif} = E_a = \frac{1}{2} K_p \gamma H_2^2 - 2cH_2 \sqrt{K_p} \dots\dots 2.8$$

Dengan :

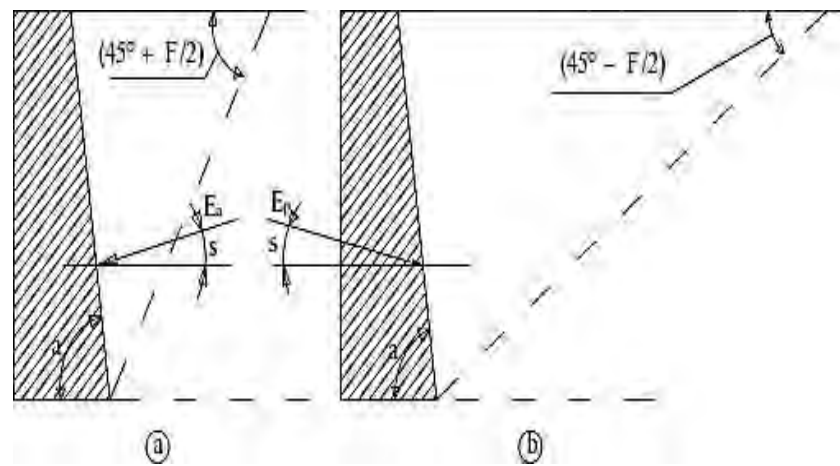
- Ea = tekanan aktif (kN/m)
- Ep = tekanan pasif (kN/m)
- Ka = koefisien tegangan aktif
- Kp = koefisien tegangan pasif
- $\gamma$  = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)
- H1 = tinggi tanah untuk tekanan aktif (m)
- H2 = tinggi tanah untuk tekanan pasif (m)
- C = kohesi (kN/m<sup>2</sup>)

Titik tangkap untuk Ea dan Ep dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Sumber: KP 02,2013

Gambar .10. Tegangan samping aktif dan pasif cara pemecahan Rankine



Sumber: KP 02,2013

Gambar .11. Tekanan aktif (a) dan Tekanan pasif (b) menurut Rankine

Tabel .3. Harga-Harga Koefisien Tegangan Aktif  $K_a$  Untuk Dinding Miring Kasar Dengan Permukaan Tanah Datar/Horizontal ( Sumber B.DAS.2. 2010)

$\alpha$	$\emptyset$	10°			20°			30°			40°		
		$\delta$	0°	5°	10°	0°	10°	20°	0°	15°	30°	0°	20°
120°		0.40	0.43	0.44	0.27	0.24	0.23	0.13	0.12	0.12	0.06	0.05	0.05
110°		0.56	0.54	0.52	0.35	0.32	0.30	0.20	0.18	0.17	0.11	0.10	0.07
100°		0.65	0.61	0.59	0.42	0.39	0.37	0.26	0.24	0.24	0.16	0.14	0.15
90°	$K_a$	0.70	0.66	0.65	0.49	0.45	0.44	0.33	0.30	0.31	0.22	0.20	0.22
80°		0.72	0.70	0.68	0.54	0.51	0.50	0.40	0.37	0.38	0.29	0.27	0.29
70°		0.73	0.70	0.70	0.57	0.54	0.54	0.46	0.44	0.45	0.35	0.34	0.35
60°		0.72	0.69	0.69	0.60	0.57	0.56	0.50	0.48	0.50	0.42	0.41	0.47

Tabel .4. Harga-Harga Koefisien Tegangan Pasif  $K_p$  Untuk Dinding Miring Kasar Dengan Permukaan Tanah Datar/Horizontal ( Sumber B.DAS.2. 2010)

$\alpha$	$\emptyset$	10°			20°			30°			40°		
		$\delta$	0°	5°	10°	0°	10°	20°	0°	15°	30°	0°	20°
120°		1.52	1.71	1.91	2.76	3.67	4.51	5.28	9.07	13.5	11.3	28.4	56.60
110°		1.53	1.69	1.83	2.53	3.31	4.04	4.42	7.38	10.8	8.34	19.5	39.00
100°		1.49	1.64	1.77	2.30	2.93	4.53	3.65	5.83	8.43	6.16	13.8	26.60
90°	$K_p$	1.42	1.55	1.66	2.04	2.55	3.04	3.00	4.62	6.56	4.60	9.69	18.20
80°		1.31	1.43	1.52	1.77	2.19	2.57	2.39	3.62	5.02	3.37	6.77	12.30
70°		1.18	1.26	1.35	1.51	1.83	2.13	1.90	2.80	3.80	2.50	4.70	8.22
60°		1.04	1.10	1.17	1.26	1.48	1.72	1.49	2.08	2.79	1.86	3.17	5.43

### 2.6.4. Gaya Gempa

Gaya gempa ditentukan oleh berat konstruksi bendung itu sendiri dan juga ditentukan oleh koefisien gempa. Gaya gempa ini dihitung dengan arah horizontal yang garis kerjanya melewati titik berat konstruksi. Dapat juga dikatakan bahwa harga gaya gempa diberikan dalam Parameter Bangunan, didasarkan pada peta Indonesia yang menunjukkan berbagai resiko. Faktor minimum yang akan dipertimbangkan adalah 0,1 g perapatan gravitasi sebagai harga percepatan. Dengan cara mengalikan massa bangunan sebagai gaya horizontal menuju arah paling tidak aman (arah hilir) ( KP 02,2013). Dan untuk mencari koefisien gempa, dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$A_a = n(a_c * z)^m \dots \dots \dots 2.9$$

$$E = \frac{a_d}{g}$$

Dimana :

$a_d$  = Percepatan gempa rencana (cm/dt<sup>2</sup>)

$n, m$  = Koefisien untuk jenis tanah (lihat Tabel 2. 5)

$a_d$  = Percepatan kejut dasar, cm/dt<sup>2</sup> (untuk periode ulang lihat Tabel 2 6 )

$E$  = Koefisien gempa

$g$  = Percepatan gravitasi, cm/dt<sup>2</sup> (≈980)

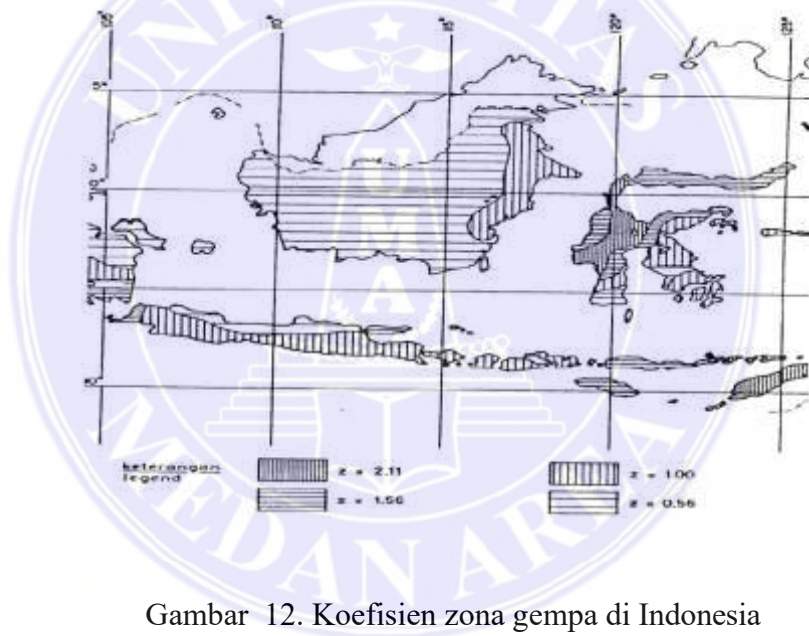
$z$  = Faktor yang bergantung pada letak geografis daerah gempa

Tabel .5. Koefisien Jenis Tanah ( Sumber B.DAS.2. 2010)

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

Tabel . 6. Periode Ulang Dan Percepatan Dasar Gempa (Ac) ( Sumber Teknik Gempa)

Periode ulang Tahun	ac ( gal = cm/dt <sup>2</sup> )
20	85
100	160
500	225
1000	275



Gambar 12. Koefisien zona gempa di Indonesia

### 2.6.5. Berat Sendiri Bendung

Berat bangunan bergantung pada bahan yang digunakan untuk membuat bangunan tersebut. Dalam suatu perencanaan nilai berat volume dapat digunakan seperti yang tertera dalam Tabel 2.7.

Tabel .7. Nilai Berat Volume Bahan ( Sumber Teknik Pondasi)

Jenis bahan	Berat volume	
	kN/m <sup>3</sup>	kgf/m <sup>3</sup>
Pasangan batu	22	2200
Beton tumbuk	23	2300
Beton bertulang	24	2400

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 24 kN/m<sup>3</sup> (≈2400 kgf/m<sup>3</sup>)

**2.6.6. Reaksi Pondasi**

Menurut Dirjen Pengairan KP 02 2013, reaksi pondasi yang bekerja pada bangunan bendung dapat diandaikan berbentuk trapesium dan tersebar secara linier. Besarnya tekanan yang terjadi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{\Sigma(W)}{A} + \frac{\Sigma(W)e}{I} m \dots\dots\dots 2.10$$

Dengan :

P = tekanan vertikal pondasi (kN/m<sup>2</sup>)

Σ(W) = keseluruhan gaya vertikal termasuk tekanan ke atas, tetapi tidak termasuk reaksi pondasi (kN)

A = luas dasar (m<sup>2</sup>)

e = eksentrisitas pembebanan, atau jarak dari pusat gravitasi dasar sampai titik potong resultante dengan dasar

I = momen kelembaman (moment of inertia) dasar disekitar pusat gravitasi (kgm<sup>2</sup>)

$m$  = jarak titik pusat luas dasar sampai ke titik dimana tekanan yang dikehendaki (m)

Untuk dasar segi empat dengan panjang  $\ell$  dan lebar = 1,0 m, maka:

$I = \ell^3/12$  dan  $A = 1$ , maka rumus tadi menjadi:

$$P = \frac{\Sigma(W)}{A} \left(1 + \frac{12e}{\ell^2} m\right) \dots\dots\dots 2.11$$

Dengan :

$P$  = tekanan vertikal pondasi (kN/m<sup>2</sup>)

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

$A$  = luas dasar (m<sup>2</sup>)

$I$  = momen kelembaman (moment of inertia) dasar disekitar pusat gravitasi

$m$  = jarak titik pusat luas dasar sampai ke titik dimana tekanan yang dikehendaki (m)

Sedangkan tekanan vertikal pondasi pada ujung bangunan ditentukan dengan rumus:

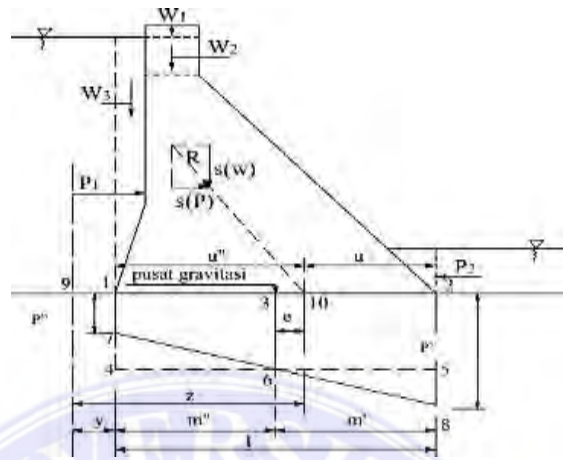
$$P' = \frac{\Sigma(W)}{\ell} \left(1 + \frac{6e}{\ell}\right) \dots\dots\dots 2.12$$

dengan  $m' = m'' = 1/2 \ell$ , maka:

$$P'' = \frac{\Sigma(W)}{\ell} \left(1 - \frac{6e}{\ell}\right)$$

Bila harga  $e$  dari Gambar 10 dan Persamaan 8  $> 1/6\ell$ , maka akan dihasilkan tekanan negatif pada ujung bangunan. Tekanan tarik pada tanah pondasi tidak diijinkan, irisan yang mempunyai dasar segi empat sehingga

resultante gayanya untuk semua hingga kondisi pembebanan jatuh pada daerah inti.



Sumber: KP 02,2013

Gambar .13. Unsur-Unsur Persamaan Distribusi Tekanan Pada Pondasi

## 2.7. Stabilitas Bendung

Dalam stabilitas bendung, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain yaitu:

### 2.7.1 Kontrol Terhadap Geser

Bergesernya bangunan bendung disebabkan karena gaya horizontal lebih besar daripada gaya vertikal. Dan karena menurut Christady (2006) digunakan rumus:

$$Fk = \frac{f \cdot H}{H} > 1,5 \quad \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana perhitungan momen pada saat muka air banjir adalah:

$$V = G + W + Lpr + U \dots\dots\dots 2.14$$

$$H = Hu + Hd + Pa + PP + Ps + Gp \dots\dots\dots 2.15$$

Dan pada saat muka air normal atau muka air setinggi mercu bendung:

$$V = G + W + Lpr + U \dots\dots\dots 2.16$$

$$H = Hu + Pa + PP + Ps + Gp + Gp \dots\dots\dots 2.17$$

Dengan :

Fk = faktor keamanan

F = tg δ (koefisien gesek antara tanah dasar dan dasar pondasi (apabila tidak terdapat data koefisien sudut gesek internal dari pengujian geologi, maka dapat diambil dari perkiraan koefisien gesek seperti dalam tabel 6.4 KP-02, 2013)

δ = sudut gesek antara tanah dasar dan dasar pondasi, biasanya

Diambil 1/3 – (2/3) φ (°) (Christady, 2006)

φ = sudut gesek internal (°), (dari pengujian geologi setempat)

V = keseluruhan gaya vertikal yang bekerja pada bangunan (kN)

H = keseluruhan gaya horizontal yang bekerja pada bangunan (kN) G

G = berat sendiri bangunan (kN)

W = berat air di atas bangunan (kN)

Lpr = berat lumpur (kN)

U = gaya tekan ke atas (uplift) (kN)

Hu = tekanan air di hulu bendung (kN)

Hd = tekanan air di hilir bendung (kN)

Pa = tekanan tanah aktif (kN)

Pp = tekanan tanah pasif (kN)

Ps = tekanan lumpur (kN)



$G_p$  = gaya gempa (kN)

### 2.7.2. Kontrol Terhadap Guling

Agar bangunan aman terhadap guling, maka resultante semua gaya yang bekerja pada bagian bangunan di atas bidang horizontal, termasuk gaya angkat, harus memotong bidang pada teras. Tidak ada tarikan pada bidang irisan manapun. ( KP-02, 2013)

Oleh karena itu, stabilitas bangunan terhadap guling dapat dihitung dengan mempertimbangkan faktor keamanan yang telah ditentukan. Oleh (A Dermawan · 2022 )

digunakan rumus:

$$(FK) = \frac{\sum MT}{\sum MG} \geq 1,5 \dots\dots\dots 2.18$$

Dimana perhitungan momen pada saat muka air banjir adalah:

$$\sum MT = MG + MW + Mlpr + MHd + MPp$$

$$\sum MG = MU + MHu + MPa + MPs + MGp$$

Dan pada saat muka air normal atau muka air setinggi mercu bendung:

$$\sum MT = MG + MW + Mlpr + MPp$$

$$\sum MG = MU + MHu + MPa + MPs + MGp$$

Dengan :

$FK$  = faktor keamanan

$\sum MT$  = momen tahan (kNm)

$\sum MG$  = momen guling (kNm)

$MG$  = momen berat sendiri bangunan (kNm)

MW = momen berat air di atas bangunan (kNm)

Mlpr = momen berat lumpur (kNm)

MHd =momen tekanan air di hilir bendung (kNm)

MPp = momen tekanan tanah pasif (kNm)

MU =momen gaya angkat ke atas (uplift) (kNm)

MHu = momen tekanan air di hulu bendung (kNm)

MPa = momen tekanan tanah aktif (kNm)

MPs = momen tekanan lumpur di hulu bendung (kNm)

MGp = momen gempa akibat struktur (kNm)

### 2.7. 3.. Kontrol Terhadap Eksentrisitas

Eksentrisitas yang terjadi pada bendung dapat pula menimbulkan penggulingan dan penggeseran, oleh karena itu dalam perencanaan bendung perlu adanya kontrol eksentrisitas titik berat bangunan bendung. Dalam (Erman 2002) digunakan rumus:

$$e = \frac{B}{2} - \left( \frac{MT - MG}{V} \right) < \frac{B}{6} \dots\dots\dots 2.19$$

Dimana :

e = besarnya eksentrisitas

B = lebar pondasi (m)

MT = momen tahan (kNm)

MG = momen guling (kNm)

V = keseluruhan gaya vertikal yang bekerja pada bangunan (kN)

### 2.7.4. Kontrol Terhadap Daya Dukung Tanah

Kedudukan pondasi bangunan haruslah pada tanah keras yang sehingga dapat menahan bobot konstruksi bangunan di atasnya. Oleh sebab itu perlu adanya kontrol terhadap daya dukung tanah, oleh (Erman 2002), digunakan rumus:

$$\sigma_{1,2} = \frac{V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) \dots\dots\dots 2.20$$

Dengan :

$\sigma_{1,2}$  = tegangan tanah (kN/m<sup>2</sup>)

V = gaya vertikal total (kN)

B = lebar pondasi (m)

e = eksentrisitas

Persyaratannya yaitu bila  $\sigma_1 < q_a$  dan  $\sigma_2 > 0$

Untuk mencari daya dukung tanah, dalam digunakan rumus:

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + z \cdot \gamma \cdot N_q + \beta \cdot b \cdot \gamma \cdot N_\gamma \dots\dots\dots 2.21$$

Dengan :

$\alpha$  dan  $\beta$  adalah faktor tak berdimensi

$q_{ult}$  = kapasitas dukung ultimate untuk pondasi memanjang (kN/m<sup>2</sup>)

c = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)

h = kedalaman pondasi (m)

$\gamma$  = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)

B = lebar pondasi (m)

$N_c, N_q$  dan  $N_\gamma$  = faktor-faktor kapasitas dukung Terzaghi yang

dipengaruhi oleh sudut gesek dalam ( $\phi$ )

Tabel .8. Nilai-Nilai Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943) (sumber Brajas M.DAS 1.2010)

Φ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>γ</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>γ</sub>
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

Sumber: Christady, 2006

Besarnya daya dukung izin bisa dicari dari:

$$q_a = \frac{q_u}{F} + \gamma z \dots\dots\dots 2.22$$

Dengan :

F = faktor keamanan (2 sampai 3)

q<sub>u</sub> = kapasitas dukung ultimate untuk pondasi memanjang (kN/m<sup>2</sup>)

q<sub>a</sub> = daya dukung izin (kN/m<sup>2</sup>)

γ = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)

z = kedalaman pondasi (m)

### 2.7.5. Kontrol Terhadap Erosi bawah

Bangunan-bangunan yang harus mengatasi beda tinggi muka air hendaknya kontrol stabilitasnya terhadap piping. Untuk mengetahui bahaya erosi bawah tanah itu sendiri digunakan metode Lane, yang

menganggap jalur vertikal memiliki daya tahan 3 kali lebih kuat daripada jalur horizontal. Oleh karena rumusnya adalah:

$$C_L = \frac{\sum L_V + 1/3L_H}{\Delta H} \dots\dots\dots 2.23$$

Dimana :

CL = angka rembesan lane (lihat Tabel 9)

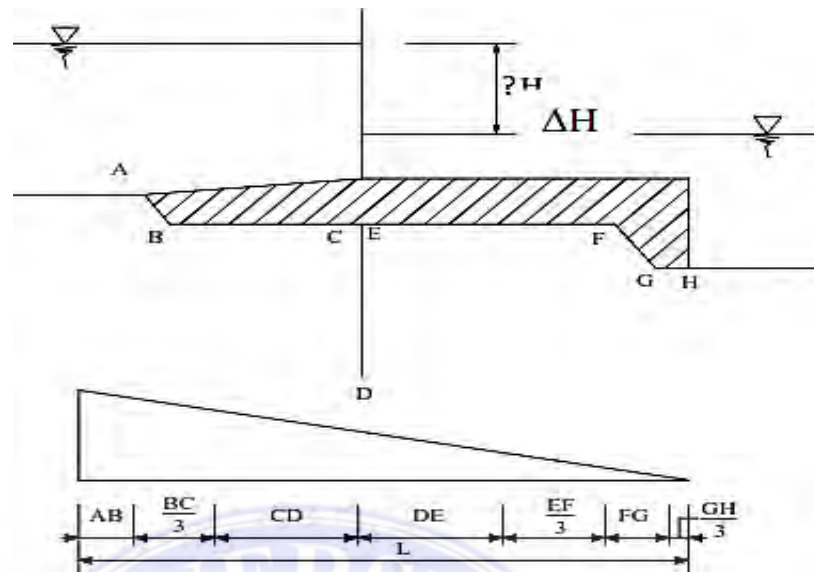
$\sum LV$  = jumlah panjang vertikal (m)

$\sum LH$  = jumlah panjang horizontal (m)

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

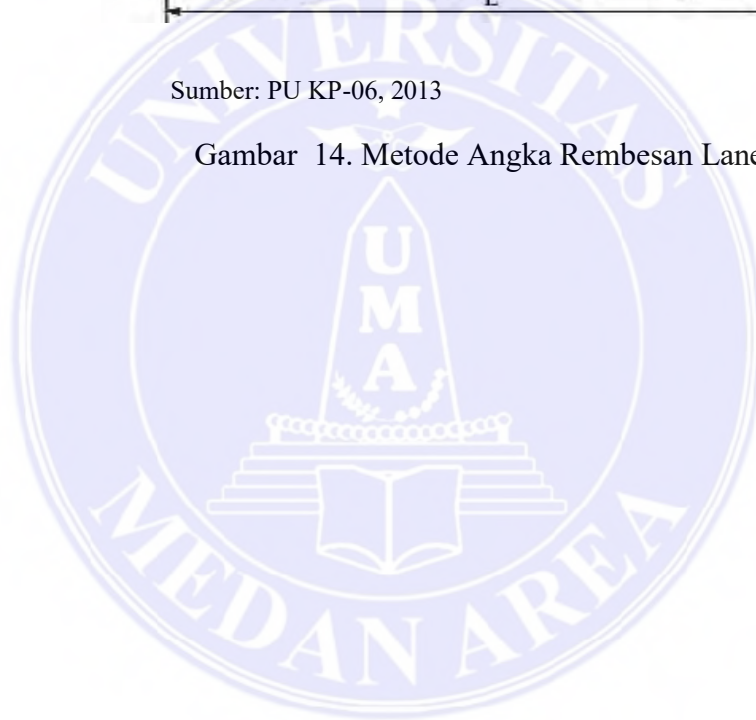
Tabel . 9. Harga-Harga Minimum Angka Rembesan Lane ( $C_L$ )

Jenis Tanah	Angka Rembesan
Pasir sangat halus atau lanau	8,5
Pasir halus	7,0
Pasir sedang	6,0
Pasir kasar	5,0
Kerikil halus	4,0
Kerikil sedang	3,5
Kerikil kasar termasuk berangkal	3,0
Bongkah dengan sedikit berangkal dan kerikil	2,5
Lempung lunak	3,0
Lempung sedang	2,0
Lempung keras	1,8
Lempung sangat keras	1,6



Sumber: PU KP-06, 2013

Gambar 14. Metode Angka Rembesan Lane



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Gambaran lokasi penelitian**

Daerah Irigasi Padang Garugur terletak di Kecamatan Batang Onang Kabupaten Padang Lawas Utara Provinsi Sumatera Utara. Daerah irigasi tersebut termasuk kewenangan Provinsi yang utuh dalam satu kabupaten dan mempunyai areal seluas 1.050 Ha. Daerah Irigasi Padang Garugur mendapatkan sumber air berasal dari Sungai Batang Onang di Desa Pasar Matanggor dan Sungai Aek Sihapas di Desa Gunungtua Julu dan Desa Padang Garugur.

Irigasi Padang Garugur sumber airnya berasal dari sungai batang onang dan sungai sihapas. Kedua sungai melintas si Kecamatan Batang Onang. Sungai sihapas merupakan sungai yang melintasi di Kecamatan Batang Onang yang memiliki DAS 367 km<sup>2</sup> . Kondisi topografi di sekitar bendung tidak terjal (Flat) dengan elevasi +180 hingga +181 di dasar sungai, dimana bendung direncanakan terletak badan sungai Sihapas yang berada di hilir free intake eksisting sungai Sihapas. As bendung direncanakan pada koordinat + 551804.00 N dan +147506.00 E. Lebar rata-rata sungai di sekitar bendung ± 35 meter.

#### **3.2. Peta Lokasi penelitian**

Adapun lokasi penenlitian DI Bendung Padang Garugur berlokasi di padang lawas utara dengan jarak tempuh ± 412.00 km dari kota Medan , seperti terlihat gambar 15 berikut:



Gambar 15. Lokasi Pekerjaan SID Peningkatan Infrastruktur Irigasi pada D.I. Padang Garugur Kiri/Kanan (1.050 Ha) Kab. Padang Lawas Utara



Gambar 16. Peta lokasi D.I. Padang Garugur Kiri/Kanan (1.050 Ha) Kabupaten Padang Lawas Utara



### 3.3. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam penyusunan proyek akhir ini adalah dengan menggunakan pengambilan data sekunder. Data sekunder ini didapat dari pihak-pihak yang menangani langsung pembangunan. Adapun data-data sekunder yang dibutuhkan adalah:

1. Data debit banjir rencana

Dalam menganalisis stabilitas bendung, diperlukan untuk tinjauan pada saat kondisi normal dan kondisi banjir. Karena pada saat kondisi banjir, air di atas bendung berat dan volumenya bertambah sehingga memberikan pengaruh yang berbeda dari pada saat muka air normal. Data diambil secara langsung di pihak PUPR padang lawas utara.

2. Data teknis bendung

Dibutuhkan data teknis bendung yang berupa potongan melintang bendung beserta dimensinya, lebar sungai dan lebar bendung, dan bahan penyusun bendung.

3. Data pengujian tanah

Data tanah yang dibutuhkan antara lain berat jenis tanah , kohesi tanah (c), sudut geser tanah ( $\theta$ ) dan keofisien jenis tanah (n,m). Dari data tanah ini digunakan untuk menghitung tekanan tanah dan gaya gempa.

### 3.4. Tahap-tahap Penelitian

Beberapa tahap yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, pelaksanaannya secara garis besar sebagai berikut:

1. Tahap Pertama Penentuan Tujuan Penulisan

Tahap penentuan tujuan dilakukan setelah diketahui permasalahan yang akan dibahas.

2. Tahap Kedua Studi Pendahuluan dan Literatur

Studi pendahuluan bertujuan mencari sub tujuan yang akan digunakan dengan melihat kenyataan yang ada di lapangan.

3. Tahap Ketiga Pengumpulan Data

Data adalah suatu bahan mentah dalam penelitian yang dikumpulkan melalui prosedur yang sistematis dan standar, untuk diolah agar dapat memberikan informasi yang diinginkan dan membantu dalam pengambilan keputusan.

Data Primer

Data Sekunder

4. Tahap Keempat Pembahasan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini data yang telah diambil yaitu data primer dan sekunder akan diolah.

5. Tahap Kelima Analisa Data

Tahap analisa data merupakan bagian evaluasi yang akan membahas mengenai hasil-hasil yang diperoleh, serta segala macam hambatan dan keterbatasan yang akan dialami selama melakukan kegiatan.

### 3.5. Metode analisa data

Data-data yang diperoleh kemudian diolah sesuai dengan kebutuhan secara berbeda-beda. Data debit banjir digunakan untuk menganalisis keseluruhan stabilitas bedung pada saat kondisi banjir. Data

teknis bendung digunakan untuk menghitung keseluruhan stabilitas bendung dan juga menghitung tinggi muka air di atas mercu pada awal perhitungan. Dan data tanah digunakan untuk menghitung tekanan tanah dan gaya gempa.

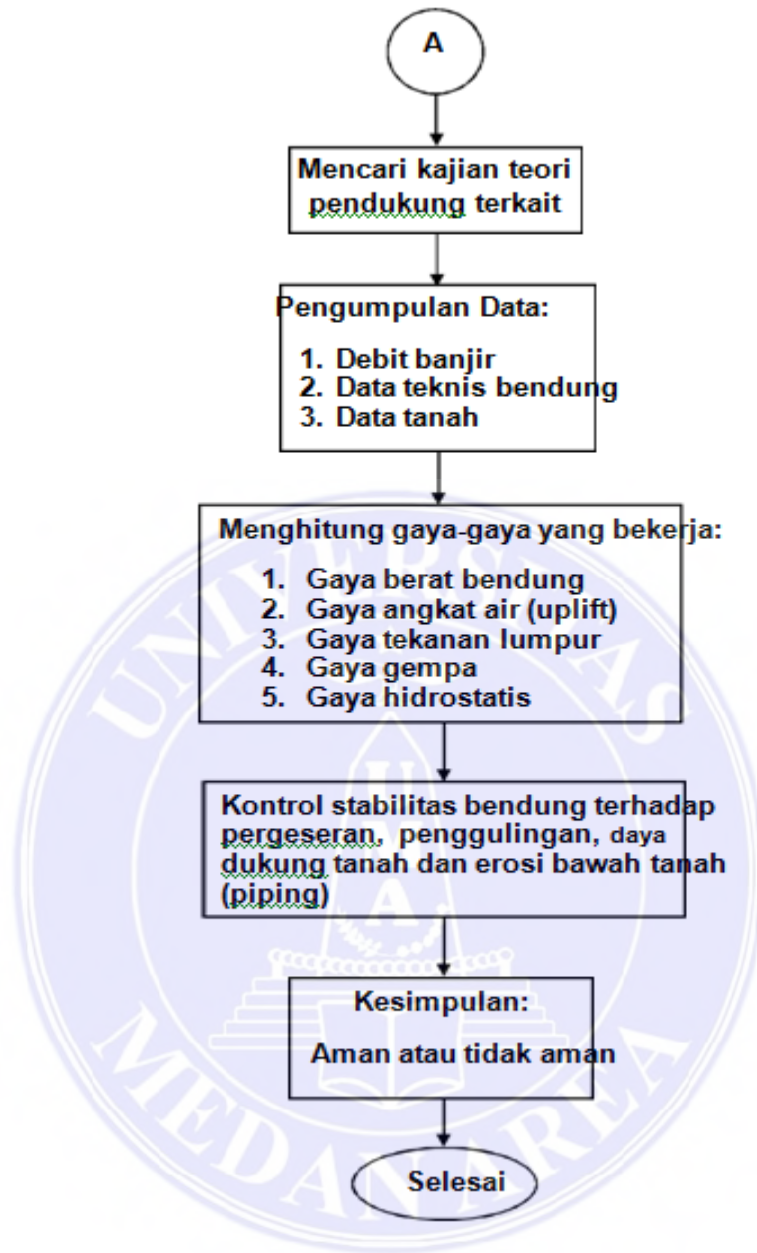
### 3.6. Data penelitian

Analisa data **Analisa** serta perhitungan bendung mengacu kepada buku peraturan dinas (KP.02 2013) ,sedangkan analisa perencanaan saluran mengacu pada buku ( KP.06.2013) dimana buku tersebut menjelaskan yang berkaitan dengan rencana perhitungan dimensi bendung, pemilihan tipe serta perhitungan stabilitas.

Sedangkan Buku (KP.06 2013) digunakan dalam dimensi dan perencanaan saluran dlam irigasi.Data –data lapangan seperti data curah hujan dalam skripsi ini tidak dibaahas dan dibatasi sedangkan nilai debit rencana bendung diambil dari data PUPR, dan selanjutnya data soil investigation merupakan data yang diperoleh dari konsultan secara langsung. Dari uraian data yang tersbut diatas dan mengikuti prosedur perhitungan maka dapat ditentukan dimensi serta satabilitas bendung tersebut.

### 3.7. Kerangka Berpikir

Dalam Melakukan tahapan pekerjaan diperlukan kerangka kerja yang berisi alur studi dari awal sampai dengan diprolehnya suatu kesimpulan dari hasil studi yang dilakukan. Kerangka tahapan penelitian dibuat dalam diagram alir studi sebagaimana pada gambar dibawah ini :



Gambar 17. Bagan alir penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

1. Dari analisa perhitungan pada saat .kondisi air normal momen guling didapat Safety faktor (SF)  $2,79 > 1,5$ , dan terhadap geser tanah diperoleh dengan  $Sf = 1,24 > 1,2$  sedangkan kondisi saat air banjir terhadap momen guling diperoleh SF  $2,09 > 1,5$  , dan terhadap geser tanah diperoleh  $Sf = 2,231 > 1,2$ . dinyatakan stabilitas bendung aman (Oke)
2. Dengan Q rencana =  $1922,906 \text{ m}^3/\text{dt}$  diperoleh dimensi serta tinggi bendung (P) = 3,36 meter) dari perhitungan nilai stabilitas pada kedua kondisi air normal maupun kondisi banjir terhadap Guling ,ambias dan piping maupun daya dukung terhadap nilai stabilitas dinyatakan aman, hal ini sesuai dengan data laboratorium.
3. Analisa stabilitas bendung secara umum sangat dipengaruhi krateristik lapisan tanah begitu juga terhadap daya dukung tanah, maupun kontrol Geser, guling rembesan air serta pengaruh gaya-gaya yang timbul saat kondisi debit normal, debit banjir bendung DI Padang Garugur telah memenuhi nilai stabilitas.

## 5.2. Saran

Dari kesimpulan diatas dalam perencanaan Peningkatan Infrastruktur Irigasi Pada D.I. Padang Garugur Kabupaten Padang Lawas Utara, disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Daya dukung pondasi harus lebih besar dari beban maksimum yang bekerja. Untuk pondasi tiang pancang perlu dihitung efisiensi kelompok tiang, daya dukung tarik dan daya dukung lateral/horizontal. Faktor kemaanan disarankan dipakai untuk beban vertikal = 1.50, beban tarik = 2.00, beban horizontal = 2.00.
2. Untuk pondasi tiang pancang kelompok (pile group) perlu dihitung efisiensi kelompok tiang, daya dukung izin maksimum untuk satu tiang dalam kelompok tiang, daya dukung tarik dan daya dukung vertikal/horizontal dan dikontrol terhadap penurunan pondasi apabila tidak diletakkan pada lapisan sangat padat.
3. Untuk pondasi setempat/dangkal agar dikontrol terhadap penurunan, guling dan geser.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1].Adi Daning Pangestu , dkk (2018) “ Studi Gerusan Di Hilir Bendung Kolam Olak Tipe Vlughter Dengan Perlindungan Groundsill “ISSN 0853-8557 Jurnal Teknisia, Volume xxiii, No 1, Mei 2018
- [2].Badan Pusat Statistic Padang Lawas Utara Sumatera Utara ( BPS ) tahun 2022.
- [3].Christady. 2006. Mekanika Tanah 1. Jakarta,. Gadjah Mada University Press.  
2. Hardiyatmo, Hary Christady. 2006. Mekanika Tanah 2.
- [4].Dinas PU-PUPR (2013 ) Keriteria Perencanaan tentang Bangunan Utama ( KP.02 ) 2013 )
- [5].Dinas PU-PUPR (2013 )Keriteria Perencanaan tentang jaringan irigasi ( KP.04 ) 2013 )
- [6].Dinas PU-PUPR (2013 )Keriteria Perencanaan tentang Saluran ( KP.06 ) 2013 )
- [7].Indrapraja , Eko Noerhayati dkk ( 2020) “Kajian Karakteristik Fisik & Hidrologi Daerah Aliran Sungai Konto Hulu Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang “ Jurnal Rekayasa Sipil /Vol.8.No.4 – Februari 2020 /ISSN 2337-7739
- [8].Nofiana dkk (2018) “ Analisis Pengaruh Fenomena *Indian Ocean Dipole* (Iod) Terhadap Curah Hujan Di Pulau Jawa Jurnal Geodesi Undip
- [9].Nisa Andan Restuti1 , dkk( 2016) “Analisis Stabilitas Lereng Bendungan Wonorejo Berdasarkan Peta Gempa 2004 Dan Peta Gempa 2010 “ Jurnal Teknik Pengairan Volume 7 No.1
- [10].Nurul Chayati, Muhammad Hasan dkk ( 2023) Analisis Stabilitas Lereng Bendungan terhadap Beban Gempa sebagai Upaya Pengurangan Bencana “ Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi 23, 1 (2023): 1035-1042
- [11].Sulistyo Widodo1 ( 2015) “Penentuan Lokasi Pembangunan Bendung Gerak Sebagai Long Storage Pada Das Ciliwung (Penanganan Banjir Kota Jakarta) “ Seminar Nasional Teknik Sipil V Tahun 2015 – UMS

## LAMPIRAN 1



**LAPORAN SURVEY MEKANIKA TANAH  
SID PENINGKATAN INFRASTRUKTUR IRIGASI PADA D.I. PADANG GARUGUR  
KIRI/KANAN (1.050 HA) KABUPATEN PADANG LAWAS UTARA**

Tabel 1 : Hasil Pengujian Laboratorium BH.1

Bore Hole No.	BH. 1			
Sample Depth (m)	5.00 - 5.50	9.50 - 10.00	15.00 - 15.50	19.50 - 20.00
Condition of sample	DS	DS	DS	DS
Moisture Content W (%)	21.32	24.16	23.92	22.75
Specific Gravity Gs	2.628	2.625	2.612	2.614
<b>Atterberg Limit Test</b>				
Liquit Limit LL (%)	-	27.91	-	-
Plastic Limit PL (%)	NP	20.23	NP	NP
Plastic Index PI (%)	NP	7.68	NP	NP
<b>Sieve Analysis Test</b>				
No. 4 Passing Percent	85.27	88.41	100.00	100.00
No. 10 Passing Percent	70.15	81.18	94.10	96.05
No. 20 Passing Percent	56.41	72.83	81.56	98.72
No. 40 Passing Percent	47.26	64.32	57.18	53.69
No. 60 Passing Percent	32.18	53.25	43.47	41.63
No. 100 Passing Percent	16.78	47.07	26.46	24.87
No. 200 Passing Percent	5.86	43.08	14.21	11.95





**LAPORAN SURVEY MEKANIKA TANAH  
SID PENINGKATAN INFRASTRUKTUR IRIGASI PADA D.I. PADANG GARUGUR  
KIRI/KANAN (1.050 HA) KABUPATEN PADANG LAWAS UTARA**

**Tabel 2 : Hasil Pengujian Laboratorium BH.2**

Bore Hole No.		BH. 2		
Sample Depth (m)		5.00 - 5.50	9.50 - 10.00	15.00 - 15.50
Condition of sample		DS	DS	DS
Moisture Content	W (%)	20.07	23.85	21.64
Spesific Gravity	Gs	2.631	2.626	2.615
<b>Atterberg Limit Test</b>				
Liquit Limit LL	(%)	-	25.66	-
Plastic Limit PL	(%)	NP	19.31	NP
Plastic Index PI	(%)	NP	6.35	NP
<b>Sieve Analisis Test</b>				
No. 4	Passing Percent	82.53	86.06	100.00
No. 10	Passing Percent	71.46	76.15	94.23
No. 20	Passing Percent	60.52	71.10	74.84
No. 40	Passing Percent	45.31	61.95	51.31
No. 60	Passing Percent	36.27	52.83	38.42
No. 100	Passing Percent	21.10	46.86	24.11
No. 200	Passing Percent	6.62	41.96	12.78



**LAPORAN SURVEY MEKANIKA TANAH  
SID PENINGKATAN INFRASTRUKTUR IRIGASI PADA D.I. PADANG GARUGUR  
KIRI/KANAN (1.050 HA) KABUPATEN PADANG LAWAS UTARA**

**Tabel 3 : Hasil Pengujian Laboratorium BH. 3**

Bore Hole No.		BH. 3		
Sample Depth (m)		5.00 - 5.50	9.50 - 10.00	15.00 - 15.50
Condition of sample		DS	DS	DS
Moisture Content	W (%)	19.86	25.11	20.54
Specific Gravity	Gs	2.630	2.625	2.618
<b>Atterberg Limit Test</b>				
Liquid Limit LL	(%)	-	29.51	-
Plastic Limit PL	(%)	NP	21.39	NP
Plastic Index PI	(%)	NP	8.12	NP
<b>Sieve Analysis Test</b>				
No. 4	Passing Percent	83.24	87.16	100.00
No. 10	Passing Percent	70.31	76.96	98.02
No. 20	Passing Percent	56.32	72.54	84.06
No. 40	Passing Percent	42.96	65.38	63.22
No. 60	Passing Percent	27.22	60.45	42.76
No. 100	Passing Percent	16.84	50.41	26.17
No. 200	Passing Percent	7.52	44.37	15.48



**LAPORAN SURVEY MEKANIKA TANAH  
SID PENINGKATAN INFRASTRUKTUR IRIGASI PADA D.I. PADANG GARUGUR  
KIRI/KANAN (1.050 HA) KABUPATEN PADANG LAWAS UTARA**

**Tabel 4 :Hasil Pengujian Laboratorium**

Test Pit No.	TP.1	TP.2
Sample Depth (m)	0.00 –2.00 m	0.00 –2.00 m
Moisture Content W (%)	29.53	30.21
Specific Gravity Gs	2.591	2.596
<u>Atterberg Limit Test</u>		
Liquid Limit LL (%)	31.41	29.64
Plastic Limit PL (%)	20.83	19.69
Plastic Index PI (%)	10.58	9.95
<u>Sieve Analysis Test</u>		
No. 4 Passing Percent	100.00	100.00
No. 10 Passing Percent	99.21	98.79
No. 20 Passing Percent	96.50	95.10
No. 40 Passing Percent	92.31	91.68
No. 60 Passing Percent	85.78	84.35
No. 100 Passing Percent	78.56	76.92
No. 200 Passing Percent	71.25	68.63
<u>Compaction Test</u>		
MDD gr/cc	1.573	1.581
OMC %	18.25	19.34

## LAMPIRAN.2

### DOKUMENTASI PROYEK



