



EVALUASI STABILITAS BENDUNG SUNGAI ULAR KABUPATEN SERDANG BEDAGAI (STUDI KASUS)

SKRIPSI

Oleh :

MEILISA ASMARANI

NIM: 12.811.0050



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2015**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 25/8/23

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)25/8/23

EVALUASI STABILITAS BENDUNG SUNGAI ULAR KABUPATEN SERDANG BEDAGAI (STUDI KASUS)

SKRIPSI

Oleh :

MEILISA ASMARANI

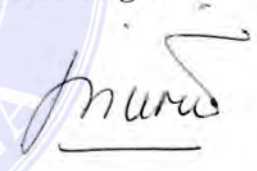
12.811.0050

Disetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II


(Ir. H. Edy Hermanto, MT)


(Ir. Nuril Mahda Rangkuti, MT)


Mengetahui :



Dekan


(Ir. Hj. Haniza, MT)

Ka. Program Studi


(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)

Tanggal Lulus : **27 NOV 2014**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 25/8/23

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)25/8/23

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya 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 sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Januari 2015



MEILISA ASMARANI
12 811 0050

ABSTRAK

Bendung Sungai Ular berlokasi di Sungai Ular sekitar 2 km di sebelah hilir jembatan Serbajadi kecamatan Serbajadi, Kabupaten Serdang Bedagai. Pada saat ini sering terjadi penimbunan sedimentasi yang sangat tinggi di sekitar bendung tersebut yang dapat mempengaruhi kapasitas bendung dalam menyuplai air ke jaringan sekaligus mempengaruhi debit air.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah bendung masih memiliki stabilitas struktur yang sesuai dengan perencanaan struktur yang aman dan stabil karena banyaknya sedimentasi yang terjadi di sekitar bendung.

Dalam pengevaluasian stabilitas bendung digunakan data *hidrolis* bendung yang telah ada dan dihitung kembali gaya-gaya yang bekerja pada badan bendung dalam kondisi air normal (EL.43.40) dan kondisi air banjir (EL. 46.273) $Q_{100} = 1.090 \text{ m}^3/\text{det}$.

Berdasarkan hal tersebut kemudian dihitung keamanan dari bendung dengan analisa stabilitas bendung dan diperoleh bahwa Stabilitas Guling (*Overtuning*) Bendung Sungai Ular pada saat kondisi air normal adalah 4,10 ($> 1,50$) dan pada saat kondisi banjir 1,73 ($> 1,50$); Stabilitas Geser (*Sliding*) Bendung Sungai Ular pada saat kondisi air normal adalah 2,35 ($> 1,20$) dan pada saat kondisi banjir 0,907 ($< 1,20$); dan Daya Dukung Tanah (*Bearing Capacity*) Bendung Sungai Ular pada saat kondisi air normal adalah $\sigma_{\max} = 1,56 \text{ ton/m}^2$ dan $\sigma_{\min} = 0,93 \text{ ton/m}^2$ ($< 7,35 \text{ ton/m}^2$) dan pada saat kondisi banjir $\sigma_{\max} = 0,88 \text{ ton/m}^2$ dan $\sigma_{\min} = 0,86 \text{ ton/m}^2$ ($< 7,35 \text{ ton/m}^2$) sehingga dapat dikatakan bahwa Bendung Sungai Ular masih aman terhadap bahaya guling, geser, dan tegangan tanah yang terjadi tidak melebihi tegangan tanah yang diijinkan.

Kata kunci : Bendung, Stabilitas, Bendung Sungai Ular

ABSTRACT

The Ular Headworks on the Ular River located approximately 2 miles downstream of the bridge Serbajadi at Serbajadi districts, Serdang Bedagai. At this time often very high sedimentation accumulation around the building which may affect the capacity of the weir to supply water simultaneously affect the flow of water.

This study aimed to determine whether the weir still has the stability of the structure in accordance with the structural design of safe and stable because of the sedimentation around the weir.

In evaluating the stability used the data of hydraulic weir dam that has been there and back calculated the forces acting on the body weir in normal water conditions (EL.43.40) and flood water conditions (EL. 46,273) $Q_{100} = 1.090\text{m}^3/\text{s}$.

Based on this security is then calculated from the weir to the weir and stability analysis shows that the overturning of The Ular Headworks during normal water conditions is 4.10 (> 1.50) and 1.73 during flood conditions ($> 1, 50$); Stability Slide (Sliding) of The Ular Headworks during normal water conditions was 2.35 (> 1.20) and 0.907 during flood conditions (< 1.20); and Land Capability (Bearing Capacity of The Ular Headworks during normal water conditions is $\sigma_{max} = 1.56 \text{ tons} / \text{m}^2$ and $\sigma_{min} = 0.93 \text{ tons} / \text{m}^2$ ($< 7.35 \text{ tonnes} / \text{m}^2$) and at the time of the flood condition $\sigma_{max} = 0.88 \text{ tonnes} / \text{m}^2$ and $\sigma_{min} = 0.86 \text{ tons} / \text{m}^2$ ($< 7.35 \text{ tonnes} / \text{m}^2$) so that it can be said that of The Ular Headworks is safe against the danger of rolling, sliding, and the bearing capacity that occurs does not exceed the allowable soil stress .

Keywords : Weir, Stability, Ular Headworks

DAFTAR ISI

	hal
ABSTRAK	
ABSTRACT	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	3
1.3 Permasalahan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Uraian Umum	5
2.2 Pengertian dan Fungsi Bendung	5
2.3 Klasifikasi Bendung	6
2.3.1 Bendung Tetap	6
2.3.2 Bendung Gerak Vertikal	7
2.3.3 Bendung Gerak Horizontal	8
2.4 Tinjauan Hidrolis Bendung	8
2.4.1 Perencanaan Elevasi Mercu Bendung	8
2.4.1.1 Mercu Bulat	9
2.4.1.2 Mercu Ogee	11
2.4.2 Lebar Efektif Bendung	12
2.4.3 Tinggi Muka Air Banjir di Hilir Bendung	14
2.5 Analisa Stabilitas Bendung	15
2.5.1 Akibat Berat Sendiri Bendung	16
2.5.2 Gaya Angkat (<i>Uplift Pressure</i>)	16
2.5.3 Gaya Gempa	17
2.5.4 Gaya Hidrostatik	19
2.5.5 Gaya Akibat Tekanan Tanah Aktif dan Pasif	19
2.5.6 Tekanan Lumpur	20
2.6 Analisis Stabilitas Bendung	21
2.6.1 Stabilitas Terhadap Geser	21
2.6.2 Stabilitas Terhadap Guling	22
2.6.3 Stabilitas Terhadap Eksentritas	23
2.6.4 Stabilitas Terhadap Erosi Bawah Tanah (piping)	23
2.6.5 Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah	25
2.7 Tekanan Air	27
2.7.1 Tekanan Hidrostatik	27

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 25/8/23

2.7.2	Tekanan Hidrodinamik	28
2.7.3	Rembesan	29
2.8	Spesifikasi Mutu Material	30
2.8.1	Pasangan Batu	30
2.8.2	Beton	31
2.8.3	Beton Komposit	31
BAB III	TINJAUAN PROYEK	32
3.1	Lokasi dan Areal Proyek	32
3.2	Data Umum Bendung	33
3.3	Kondisi Hidrolis Bendung	35
3.4	Metode Penelitian	38
BAB IV	PEMBAHASAN	39
4.1	Evaluasi Bendung Sungai Ular	39
4.2	Kondisi Design	39
4.3	Analisa Stabilitas Bendung	41
4.4	Daya Dukung Tanah	51
4.5	Kontrol Stabilitas	52
4.5.1	Kontrol Stabilitas pada kondisi air normal	52
4.5.2	Kontrol Stabilitas pada kondisi air banjir	53
BAB V	PENUTUP	55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		56
LAMPIRAN		



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 pengendali banjir.

Bendung berfungsi antara lain untuk meninggikan taraf muka air, agar air sungai dapat disadap sesuai dengan kebutuhan dan untuk mengendalikan aliran, angkutan sedimen dan geometri sungai sehingga air dapat dimanfaatkan secara aman, efektif, efisien dan optimal.

Menurut jenisnya bendung dibagi dua, yaitu bendung tetap dan bendung sementara, bendung tetap adalah bangunan yang sebagian besar konstruksi terdiri dari pintu yang dapat digerakkan untuk mengatur ketinggian muka air sungai sedangkan bendung tidak tetap 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. Bangunan hidraulik seperti bendung adalah bangunan sipil yang cukup beresiko jika terjadi kerusakan ataupun tidak lagi memiliki keamanan yang sesuai dengan kriteria perencanaan, sehingga dapat menimbulkan kegagalan bendung menyadap air setiap waktu, mengganggu fungsi sungai seperti sedia kala, dan banjir yang berdampak negatif di hulu bendung yang dapat menyebabkan korban jiwa.

Untuk mencegah terjadinya permasalahan akibat kerusakan bendung, maka pada bendung perlu dilakukan inspeksi lapangan secara berkala dan mengamati permasalahan - permasalahan untuk perbaikan sehingga bendung bisa berfungsi dengan baik karena memiliki perencanaan struktur yang aman/stabil.

Bendung Sungai Ular berlokasi di Sungai Ular sekitar 2 km di sebelah hilir jembatan Serbajadi kecamatan Serbajadi, Kabupaten Serdang Bedagai. Bangunan Bendung Sungai Ular terdiri dari Bendung Tetap dengan konstruksi beton bertulang dan Bendung Gerak dengan menggunakan pintu scouring besi dan Bangunan Sadap/Intake yang dibangun pada tahun 2010. Bangunan Intake berada di bagan kanan dari bantaran sungai. Lebar bendung adalah 130 m. Pintu Scouring terdiri dari tiga pintu besi beroda masing-masing dengan dua daun pintu.

Pada saat ini sering terjadi penimbunan sedimentasi yang sangat tinggi di sekitar bendung tersebut yang dapat mempengaruhi kapasitas bendung dalam menyuplai air ke jaringan sekaligus mempengaruhi debit air. Dari data Petugas Lapangan Bendung Sungai Ular didapatkan bahwa tinggi sedimentasi di sekitar pintu penguras 1,8 – 2,0 m sehingga ketinggian air hanya ± 30 cm. Kegagalan bendung dalam mengendalikan banjir dapat menyebabkan kehilangan ratusan jiwa, rusaknya lahan persawahan dan kerusakan pada bangunan sekitar bendung.

Dengan adanya masalah tersebut di atas, maka perlu dilakukan evaluasi untuk mengkaji permasalahan yang timbul pada Bendung Sungai Ular. Dengan evaluasi stabilitas yang dilakukan dapat dilihat apakah bendung ini dapat berfungsi dengan baik dan memiliki keamanan struktur yang aman dan stabil, dengan demikian bendung tetap dapat digunakan untuk mengairi lahan pertanian

sekaligus sebagai pengendali banjir. Desain rencana dan rehabilitasi bangunan air mengacu kepada kriteria perencanaan yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum terutama pada Kriteria Perencanaan 02 dan Kriteria Perencanaan 06.

1.2 Maksud dan Tujuan

Penelitian ini dimaksudkan untuk melakukan evaluasi (perhitungan ulang) terhadap struktur Bendung Sungai Ular khususnya stabilitas bendung disesuaikan dengan Standar Perencanaan Irigasi.

Adapun yang menjadi tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui apakah bendung masih memiliki stabilitas struktur yang sesuai dengan perencanaan struktur yang aman dan stabil karena banyaknya sedimentasi yang terjadi di sekitar bendung.

1.3 Permasalahan

Pada penulisan laporan tugas akhir ini akan dibahas evaluasi stabilitas dari Bendung Sungai Ular ditinjau berdasarkan analisa hidrologi bendung dan analisis stabilitas bendung sehingga dapat memaksimalkan fungsi daripada bendung tersebut.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, perlu dilakukan pembatasan masalah yang wajar dan dapat dipertanggungjawabkan, sehingga penelitian ini akan jelas dan terarah secara benar pada tujuan utamanya. Pembatasan masalah tersebut berupa:

1. Analisis stabilitas bendung untuk menghitung keamanan struktur/bangunan bendung yaitu:
 - keamanan terhadap guling.
 - keamanan terhadap geser.
 - keamanan terhadap daya dukung tanah.

1.5 Metodologi Penelitian

Cara memperoleh data yang relevan pada penulisan tugas akhir ini digunakan dua sumber data yaitu sebagai berikut :

1. Data Primer, diperoleh dari : Pengamatan langsung di lapangan sehingga dapat memahami keadaan dan kondisi lapangan dengan baik, sehingga studi ini dapat berjalan dengan baik dan Wawancara dengan petugas dari Kementerian Pekerjaan Umum BWS Sumatera II dan petugas lapangan Bendung Sungai Ular.
2. Data Sekunder, diperoleh dari instansi-instansi terkait seperti Dinas PU Pengairan Propinsi Sumatera Utara, Kementerian PU BWS Sumatera II, dan lain-lain. Adapun data-data sekunder yang dimaksud adalah : data hidrolis bendung existing.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Bendung merupakan bangunan air, dimana dalam perencanaan dan pelaksanaannya melibatkan berbagai disiplin ilmu yang mendukung, seperti ilmu hidrologi, hidrolika, irigasi, teknik sungai, pondasi, mekanika tanah, dan ilmu teknik lingkungan untuk menganalisis dampak lingkungan akibat pembangunan bendung tersebut.

Untuk menunjang proses perencanaan bendung maka berbagai teori dan rumus-rumus dari berbagai studi pustaka sangat diperlukan, terutama ketika pengolahan data, desain rencana dan rehabilitasi bangunan air yang mengacu kepada kriteria perencanaan yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum terutama pada Kriteria Perencanaan 02 dan Kriteria Perencanaan 06.

2.2 Pengertian dan Fungsi Bendung

Bendung adalah suatu bangunan air dengan kelengkapan yang dibangun melintang sungai atau sudetan yang sengaja dibuat untuk meninggikan taraf muka air atau untuk mendapatkan tinggi terjun, sehingga air dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke tempat yang membutuhkannya.

Bendung berfungsi antara lain untuk meninggikan taraf muka air, agar air sungai dapat disadap sesuai dengan kebutuhan dan untuk mengendalikan aliran, angkutan sedimen dan geometri sungai sehingga air dapat dimanfaatkan secara aman, efektif, efisien dan optimal.

Bendung dibuat dari pasangan batu kali, bronjong, atau beton yang terletak melintang pada sebuah sungai. Bangunan ini dapat digunakan pula untuk keperluan lain selain irigasi, seperti untuk keperluan air minum, pembangkit listrik atau untuk penggelontoran suatu kota. (*Desain Hidraulik Bendung Tetap*. Mawardi dan Memed, 2002)

2.3 Klasifikasi Bendung

Bendung berdasarkan fungsinya dapat diklasifikasikan menjadi :

- Bendung penyadap
- Bendung pembagi banjir
- Bendung penahan pasang

Berdasarkan tipe strukturnya bendung dibagi atas :

- Bendung tetap
- Bendung gerak
- Bendung kombinasi
- Bendung kembang-kempis
- Bendung *bottom intake*.

Ditinjau dari segi sifatnya bendung dapat pula dibedakan :

- Bendung permanen
- Bendung semi permanen
- Bendung darurat

Ada dua tipe bendung yang digunakan untuk mengatur elevasi air di sungai yaitu :

1. Bendung tetap
2. Bendung gerak

(Perbaikan dan Pengaturan Sungai. Terjemahan Ir.M. Yusuf Gayo, dkk)

2.3.1 Bendung Tetap

Bangunan air ini dengan kelengkapannya dibangun melintang sungai atau sudetan, dan sengaja dibuat untuk meninggikan muka air dengan ambang tetap sehingga air sungai dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke jaringan irigasi. Kelebihan airnya dilimpahkan ke hilir dengan terjunan yang dilengkapi dengan kolam olak dengan maksud untuk meredam energi.

Ada 2 (dua) tipe atau jenis bendung tetap dilihat dari bentuk struktur ambang pelimpahannya, yaitu:

1. Ambang tetap yang lurus dari tepi ke tepi kanan sungai artinya as ambang tersebut berupa garis lurus yang menghubungkan dua titik tepi sungai.
2. Ambang tetap yang berbelok-belok seperti gigi gergaji. Tipe seperti ini diperlukan bila panjang ambang tidak mencukupi dan biasanya untuk sungai dengan lebar yang kecil tetapi debit airnya besar. Maka dengan menggunakan tipe ini akan didapat panjang ambang yang lebih besar, dengan demikian akan didapatkan kapasitas pelimpahan debit yang besar. Mengingat bentuk fisik ambang dan karakter hidrolisnya, disarankan bendung tipe gergaji ini dipakai pada saluran. Dalam hal diterapkan di sungai harus memenuhi syarat sebagai berikut:
 - Debit relatif stabil
 - Tidak membawa material terapung berupa batang-batang pohon
 - Efektivitas panjang bendung gergaji terbatas pada kedalaman air pelimpasan tertentu.

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

2.3.2 Bendung Gerak Vertikal

Bendung ini terdiri dari tubuh bendung dengan ambang tetap yang rendah dilengkapi dengan pintu-pintu yang dapat digerakkan vertikal maupun radial. Tipe ini mempunyai fungsi ganda, yaitu mengatur tinggi muka air di hulu bendung kaitannya dengan muka air banjir dan meninggikan muka air sungai kaitannya dengan penyadapan air untuk berbagai keperluan. Operasional di lapangan dilakukan dengan membuka pintu seluruhnya pada saat banjir besar atau membuka pintu sebagian pada saat banjir sedang dan kecil. Pintu ditutup sepenuhnya pada saat kondisi normal, yaitu untuk kepentingan penyadapan air. Tipe bendung gerak ini hanya dibedakan dari bentuk pintu-pintunya antara lain:

- a. Pintu geser atau sorong, banyak digunakan untuk lebar dan tinggi bukaan yang kecil dan sedang. Diupayakan pintu tidak terlalu berat karena akan

memerlukan peralatan angkat yang lebih besar dan mahal. Sebaiknya pintu cukup ringan tetapi memiliki kekakuan yang tinggi sehingga bila diangkat tidak mudah bergetar karena gaya dinamis aliran air.

- b. Pintu radial, memiliki daun pintu berbentuk lengkung (busur) dengan lengan pintu yang sendinya tertanam pada tembok sayap atau pilar. Konstruksi seperti ini dimaksudkan agar daun pintu lebih ringan untuk diangkat dengan menggunakan kabel atau rantai. Alat penggerak pintu dapat dilakukan secara hidrolik dengan peralatan pendorong dan penarik mekanik yang tertanam pada tembok sayap atau pilar.

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

2.3.3 Bendung Gerak Horizontal (Bendung Karet)

Bendung karet memiliki 2 (dua) bagian pokok, yaitu :

- a. Tubuh bendung yang terbuat dari karet
- b. Pondasi beton berbentuk plat beton sebagai dudukan tabung karet, serta dilengkapi satu ruang kontrol dengan beberapa perlengkapan (mesin) untuk mengontrol mengembang dan mengempisnya tabung karet.

Bendung ini berfungsi meninggikan muka air dengan cara mengembungkan tubuh bendung dan menurunkan muka air dengan cara mengempiskannya. Tubuh bendung yang terbuat dari tabung karet dapat diisi dengan udara atau air. Proses pengisian udara atau air dari pompa udara atau air dilengkapi dengan instrumen pengontrol udara atau air (manometer). *(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)*

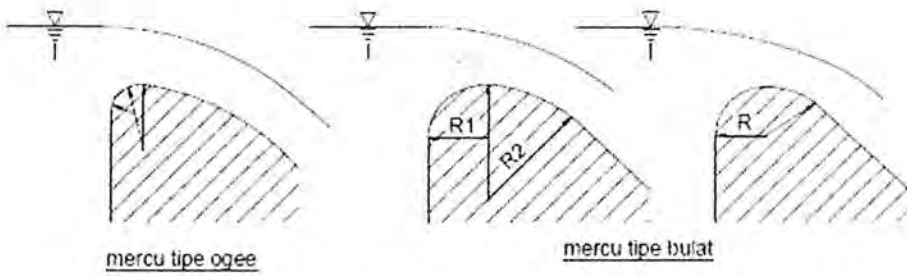
2.4 Tinjauan Hidrolis Bendung

2.4.1 Perencanaan Elevasi Mercu Bendung

Elevasi mercu bendung ditentukan berdasarkan muka air rencana pada bangunan sadap. Disamping itu kehilangan tinggi energi perlu ditambahkan untuk alat ukur, pengambilan, saluran primer dan pada kantong Lumpur.

Di Indonesia pada umumnya menggunakan mercu tipe Ogee dan mercu tipe bulat. Kedua bentuk mercu tersebut dapat dipakai baik untuk konstruksi beton

maupun pasangan batu atau bentuk kombinasi dari keduanya. (*Desain Hidraulik Bendung Tetap*. Mawardi dan Memed, 2002)



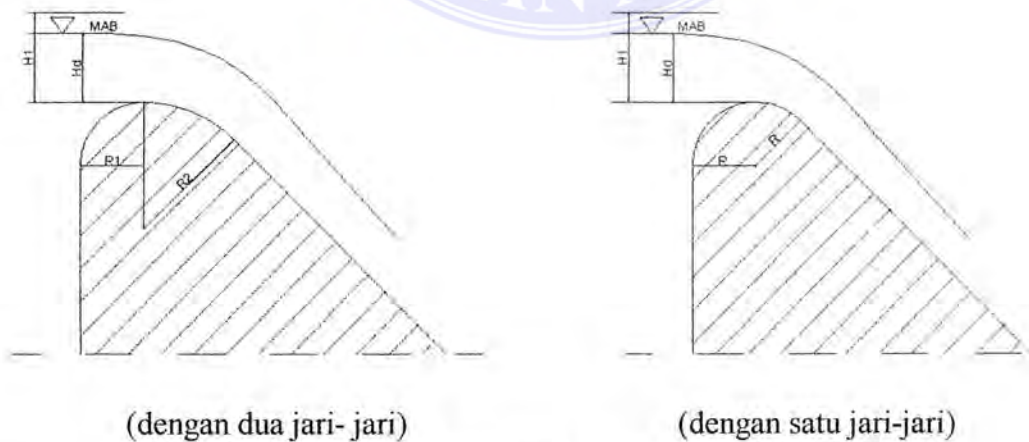
Gambar 2.1 Bentuk – Bentuk Mercu

(*Standar Perencanaan Irigasi KP-02*)

2.4.1.1 Mercu Bulat

Bendung dengan mercu bulat (lihat Gambar 2.1) memiliki harga koefisiensi debit yang jauh lebih tinggi (44%) dibandingkan dengan koefisiensi bendung ambang lebar. Pada sungai, ini akan banyak memberikan keuntungan karena bangunan ini akan mengurangi tinggi muka air hulu selama banjir. Harga koefisiensi debit menjadi lebih tinggi karena lengkung streamline dan tekanan negatif pada mercu.

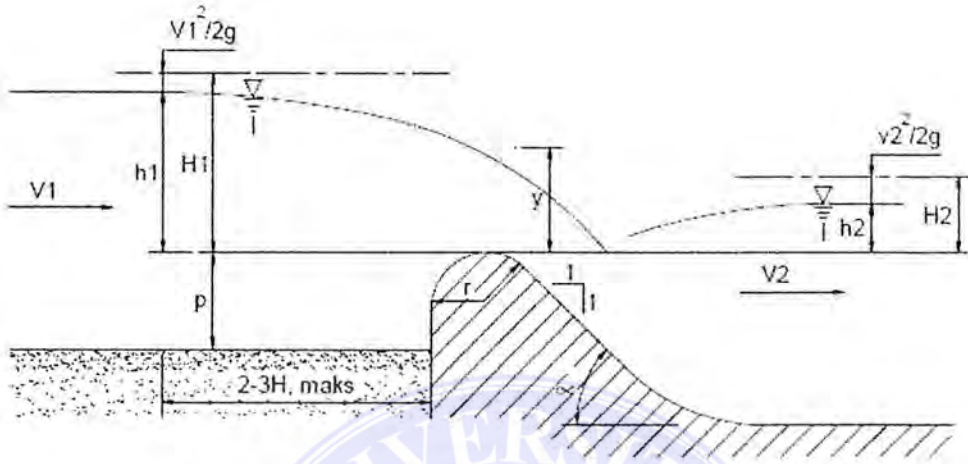
Bentuk - bentuk mercu bulat dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut :



Gambar 2.2 Tipe Mercu Bulat

(*Standar Perencanaan Irigasi KP-02*)

Tekanan pada mercu adalah fungsi perbandingan antara H_1 dan r (H_1 / r) (lihat Gambar 2.3). Untuk bendung dengan dua jari-jari (R_2) (lihat Gambar 2.2), jari-jari hilir akan digunakan untuk menemukan harga koefisien debit.



Gambar 2.3 Bendung dengan mercu bulat

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

Untuk menghitung debit yang melimpas di atas mercu digunakan rumus sebagai berikut:

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

- Dimana :
- Q = debit ($m^3/detik$)
 - C_d = koefisien debit ($C_d = C_0 C_1 C_2$)
 - g = Percepatan gravitasi ($9,8 m/dt^2$)
 - B_e = bentang efektif bendung (m)
 - H_1 = Tinggi di atas mercu (m)
 - C_0 = fungsi H_1/r
 - C_1 = fungsi p/H_1
 - C_2 = fungsi p/H_1 dan kemiringan muka hulu bendung

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

2.4.1.2 Mercu Ogee

Mercu Ogee berbentuk tirai luapan bawah dari bandung 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.

Untuk merencanakan permukaan mercu Ogee bagian hilir U.S Army Corps of Engineers mengembangkan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{Y}{hd} = \frac{1}{k} \left[\frac{x}{hd} \right]^n$$

Dimana : X dan Y = koordinat-koordinat permukaan hilir
 Hd = tinggi air rencana atas mercu (m)
 k dan n = parameter yang tergantung dari kemiringan permukaan hilir

Tabel 2. 1 Harga – harga k dan n

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

(Sumber : Kp-02 Standar Perencanaan Irigasi)

Persamaan antara tinggi energi dan debit untuk bendung Ogee adalah :

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

Dimana : Q = debit (m³/detik)
 C_d = koefisien debit (C_d = C₀C₁C₂)
 g = Percepatan gravitasi (9,8 m/dt²)
 B_e = bentang efektif bendung (m)

H_1 = Tinggi di atas mercu (m)

C_0 = fungsi H_1/r

C_1 = fungsi p/H_1

C_2 = fungsi p/H_1 dan kemiringan muka hulu bendung

2.4.2 Lebar Efektif Bendung

Lebar bendung, yaitu jarak antara pangkal-pangkalnya (*abutment*), sebaiknya sama dengan lebar rata-rata sungai pada bagian yang stabil. Di bagian ruas bawah sungai, lebar rata-rata ini dapat diambil pada debit penuh (*bankful discharge*): di bagian ruas atas mungkin sulit untuk menentukan debit penuh. 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. Untuk sungai-sungai yang mengangkut bahan-bahan sedimen kasar yang berat, lebar bendung tersebut harus lebih disesuaikan lagi terhadap lebar rata-rata sungai, yakni jangan diambil 1,2 kali lebar sungai tersebut.

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:

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

Dimana : B_e = lebar efektif mercu (m)

B = lebar mercu yang sebenarnya (m)

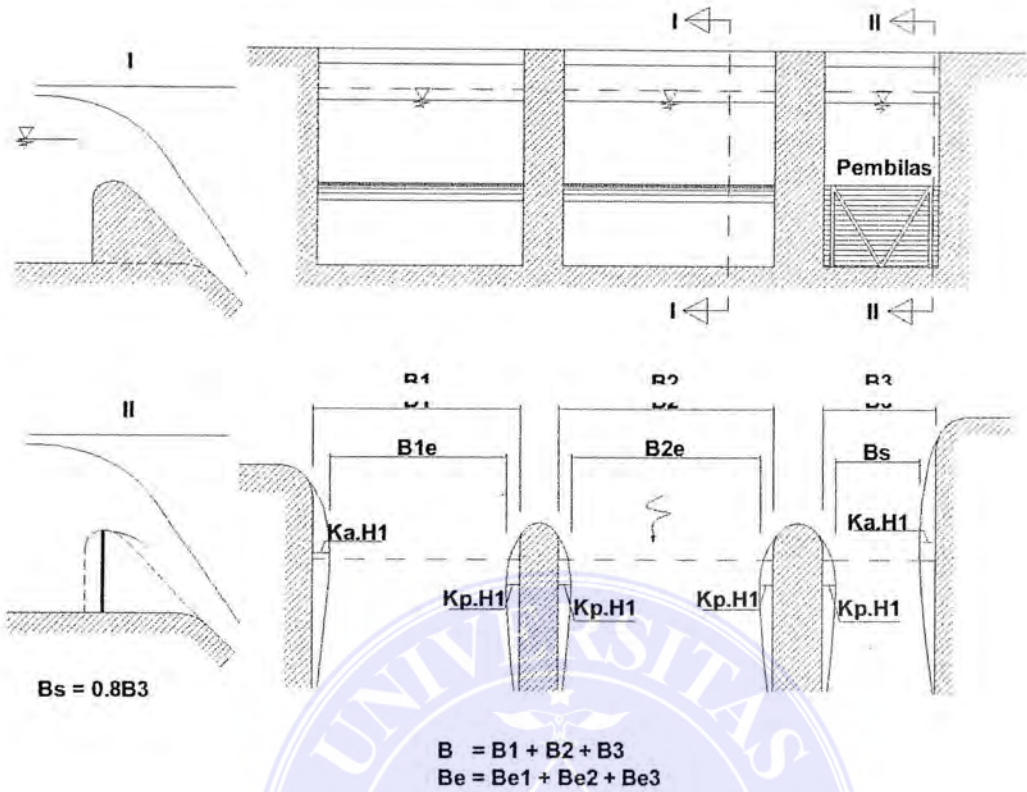
n = jumlah pilar

K_p = koefisien kontraksi pilar

K_a = Koefisien kontraksi pangkal bendung

H_1 = tinggi energi (m)

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)



Gambar 2.4 Lebar efektif mercu

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

Tabel 2.2 Harga-harga Koefisien kontraksi Pilar (Kp)

No.	Uraian	Harga Kp
1	Untuk pilar segi 4 dengan sudut - sudut yang dibulatkan pada jari-jari yang hampir sama dengan 0,1 tebal pilar	0,02
2	Untuk pilar berujung bulat	0,01
3	Untuk pilar berujung runcing	0,00

Tabel 2.3 Harga-harga koefisien kontraksi pangkal bendung (Ka)

No.	Uraian	Harga Kp
1	Untuk pangkal tembok segi 4 dengan tembok hulu pada 90° kearah aliran	0,2
2	Untuk pangkal tembok segi 4 dengan tembok hulu pada 90° kearah aliran dengan 0,5 H1 > r > 0,15 H1	0,1
3	Untuk pangkal tembok bulat dimana r > 0,5 H1 dan tembok hulu tidak lebih dari 45 ° kearah aliran	0,00

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

2.4.3 Tinggi Muka Air Banjir di Hilir Bendung

Perhitungan dilakukan dengan rumus, sebagai berikut :

$$V = c \cdot \sqrt{RI}$$

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

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

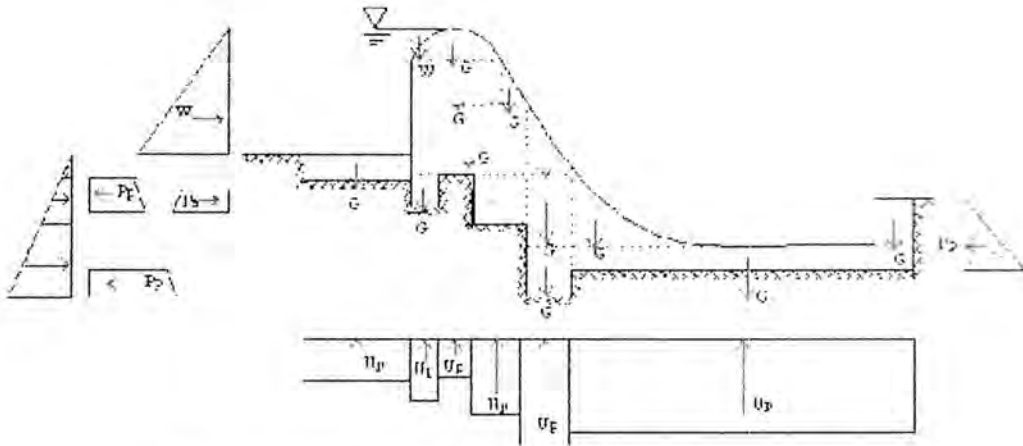
$$R = \frac{P}{A}$$

Perhitungan h dengan coba-coba.

Elevasi muka air di hilir bendung = elevasi dasar hilir + h

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

2.5 Analisa Stabilitas Bendung



Gambar 2.5 Gaya-gaya Yang Bekerja pada Tubuh Bendung

- Keterangan :
- W = Gaya Hidrostatik
 - P_a = Tekanan Tanah Aktif
 - G = Gaya Akibat Berat Sendiri
 - U_p = Gaya Angkat (*Uplift Pressure*)
 - P_p = Tekanan Tanah Pasif

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

Stabilitas bendung dianalisis pada dua macam kondisi yaitu pada saat sungai kosong dan pada saat sungai banjir.

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

- a. tekanan air, dalam dan luar
- b. tekanan lumpur (*sediment pressure*)
- c. gaya gempa
- d. berat bangunan
- e. reaksi pondasi.

2.5.1 Akibat Berat Sendiri Bendung

Berat bangunan bergantung kepada bahan yang dipakai untuk membuat bangunan itu.

$$\text{Rumus : } G = V \cdot \gamma$$

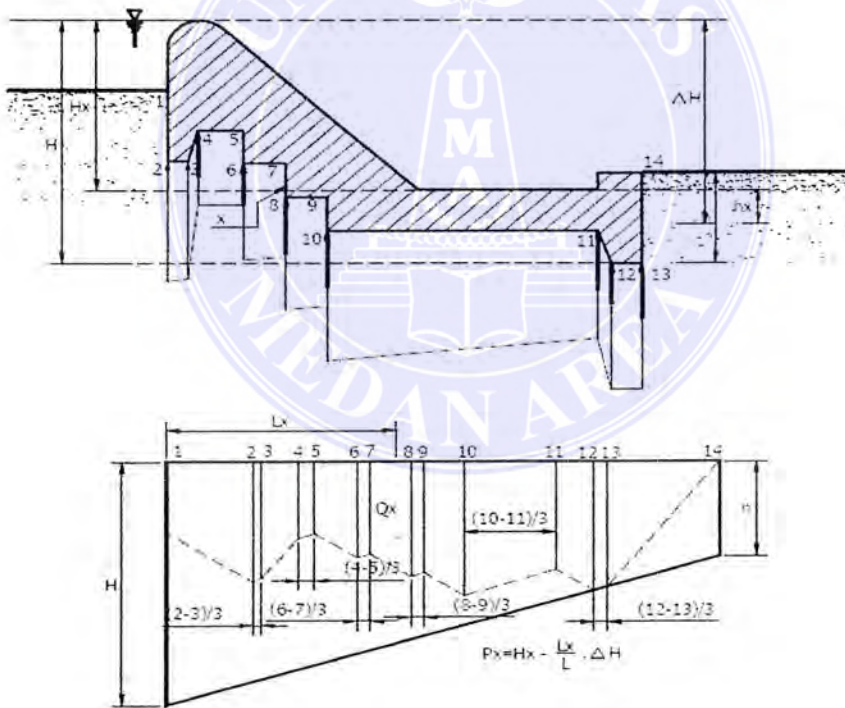
Dimana : $V = \text{volume (m}^3\text{)}$

$\gamma = \text{berat jenis bahan, beton} = 2,4 \text{ T/m}^3$

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

2.5.2 Gaya Angkat (Uplift Pressure)

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.



Gambar 2.6 Gaya angkat pada pondasi bendung

Rumus : $P_x = H_x - H$

$$P_x = H_x - \left(L_x \cdot \frac{\Delta H}{L} \right)$$

Dimana : $P_x = Uplift Pressure$ (tekanan air) pada titik X (T/m^2)

$L_x =$ jarak jalur rembesan pada titik x (m)

$L =$ panjang total jalur rembesan (m)

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

$H_x =$ tinggi energi di hulu bendung

L dan L_x adalah jarak relatif yang dihitung menurut cara Lane, bergantung kepada arah bidang tersebut. Bidang yang membentuk sudut 45° atau lebih terhadap bidang horisontal, dianggap vertikal.

(Irigasi dan Bangunan Air, Gunadarma Hal 131)

Gaya tekan ke atas pada tanah bawah dapat ditemukan dengan membuat jaringan aliran (*flownet*), atau dengan asumsi-asumsi yang digunakan oleh Lane untuk teori angka rembesan (*weighted creep theory*). Dalam teori angka rembesan Lane, diandaikan bahwa bidang horisontal 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 bangunan dengan cara membagi beda tinggi energi pada bangunan sesuai dengan panjang relatif di sepanjang pondasi (lihat Gambar 2.6).

2.5.3 Gaya 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. Koefisien gempa dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

Rumus : $ad = n(acxz)^m$

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

Dimana : $ad =$ percepatan gempa rencana (cm/dt^2)

$n, m =$ koefisien untuk masing-masing jenis tanah

- ac = percepatan kejut dasar (cm/dt²)
- z = faktor yang tergantung dari letak geografis (dapat dilihat pada “Peta Zona Seismik untuk Perencanaan Bangunan Air Tahan Gempa”)
- E = koefisien gempa
- G = percepatan gravitasi = 9,81 m/dt².

(Standar Perencanaan Irigasi KP-06)

Tabel 2.4 Koefisien Zona gempa pada Zona A,B,C,D,E,F

Zona	Koefisien Zona Z
A	0,10 – 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 4, Analis Stabilitas Bendungan Tipe Urugan Akibat Gempa

Dari koefisien gempa di atas, kemudian dicari besarnya gaya gempa dan momen akibat gaya gempa dengan rumus:

$$H_e = E \cdot G$$

- Dimana :
- E = koefisien gempa
 - H_e = gaya gempa
 - G = berat bangunan (Ton)

Momen : $M = K \times \text{jarak} (m)$

2.5.4 Gaya Hidrostatik

$$\text{Rumus : } Wu = c \cdot \gamma \cdot W \left[h_2 + \frac{1}{\zeta} (h_1 - h_2) \right] A$$

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

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

$$h_2 = \text{kedalaman air hilir (m)}$$

$$h_1 = \text{kedalaman air hulu (m)}$$

$$\zeta = \text{proporsi tekanan (m)}$$

$$A = \text{luas dasar (m}^2\text{)}$$

$$Wu = \text{gaya tekanan ke atas resultante (Ton)}$$

(Irigasi dan Bangunan Air, Gunadharma, hal 131)

Tabel 2.5 Harga-harga ζ

Tipe Pondasi Batuan	Proporsi Tekanan
Berlapis horizontal	1,00
Sedang, pejal (<i>massive</i>)	0,67
Baik, pejal	0,50

2.5.5 Gaya Akibat Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Tekanan tanah aktif dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \times Ka \times h^2$$

$$Ka = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w = \left[\gamma_w \frac{Gs + e}{1 + e} \right] - \gamma_w = \left[\gamma_w \frac{Gs + e}{1 + e} \right]$$

Tekanan tanah pasif dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Pp = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \times Kp \times h^2$$

$$Kp = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w = \left[\gamma_w \frac{Gs + e}{1 + e} \right] - \gamma_w = \left[\gamma_w \frac{Gs + e}{1 + e} \right]$$

- Dimana :
- Pa = tekanan tanah aktif (T/m²)
 - Pp = tekanan tanah pasif (T/m²)
 - Ø = sudut geser dalam (0)
 - G = gravitasi bumi = 9,81 m/detik²
 - h = kedalaman tanah aktif dan pasif (m)
 - γ_{sub} = berat jenis *submerged* / tanah dalam keadaan terendam (T/m³)
 - γ_{sat} = berat jenis *saturated* / tanah dalam keadaan jenuh (T/m³)
 - γ_w = berat jenis air = 1,0 T/m³
 - Gs = *Spesifik Gravity*
 - e = *Void Ratio*

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

2.5.6 Tekanan Lumpur

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

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

- Dimana :
- Ps = gaya yang terletak pada 2/3 kedalaman adri atas lumpur yang bekerja secara horisontal
 - τ_s = berat lumpur, kN
 - h = dalamnya lumpur, m
 - Φ = sudut gesekan dalam, derajat.

Beberapa andaian/asumsi dapat dibuat seperti berikut:

$$\tau_s = \tau_{st} \frac{G - 1}{G}$$

Dimana : τ_{st} = berat volume kering tanah $\approx 16 \text{ kN/m}^3 (\approx 1.600 \text{ kgf/m}^3)$

λ = 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 300 untuk kebanyakan hal, menghasilkan: $P_s = 1,67 \text{ h}^2$

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

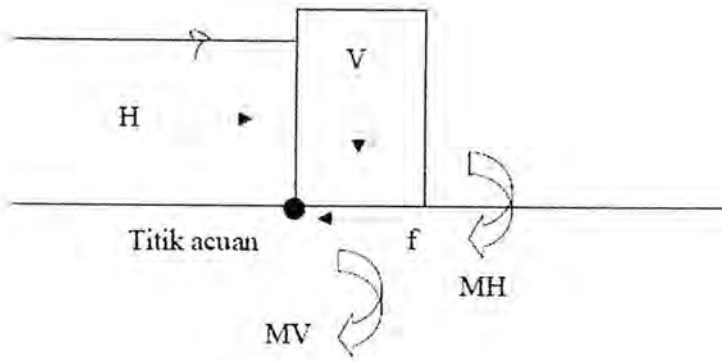
2.6 Analisis Stabilitas Bendung

Ada tiga penyebab runtuhnya bangunan gravitasi, yaitu:

1. gelincir (*sliding*)
 - a. sepanjang sendi horisontal atau hampir horisontal di atas pondasi
 - b. sepanjang pondasi, atau
 - c. sepanjang kampuh horisontal atau hampir horisontal dalam pondasi.
2. guling (*overturning*)
 - a. di dalam bendung
 - b. pada dasar (*base*), atau
 - c. pada bidang di bawah dasar
3. erosi bawah tanah (*piping*)

2.6.1 Stabilitas Terhadap Geser

Resultante semua gaya, termasuk gaya angkat, yang bekerja pada bendung di atas semua bidang horisontal, harus kurang dari koefisien gesekan yang diizinkan pada bidang tersebut.



Gambar 2.7 Tahanan Geser

$$\text{Rumus : } Sf = \frac{\Sigma V}{\Sigma H} \geq 1,5$$

Dimana : S_f = faktor keamanan

ΣV = besarnya gaya vertikal (KN)

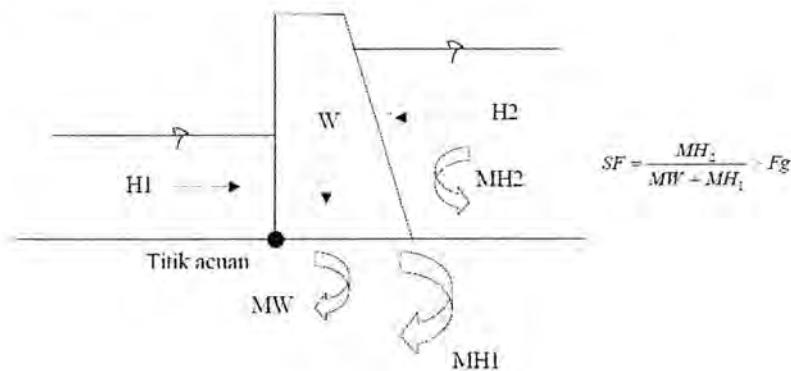
ΣH = besarnya gaya horisontal (KN)

(DPU Pengairan, Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

2.6.2 Stabilitas Terhadap Guling

Agar bangunan aman terhadap guling, maka resultante semua gaya yang bekerja pada bagian bangunan di atas bidang horisontal, 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 tetap dipertahankan pada harga-harga maksimal yang dianjurkan.



Gambar 2.8 Tahanan Guling

Rumus : $Sf = \frac{\Sigma MT}{\Sigma MG} \geq 1,5$

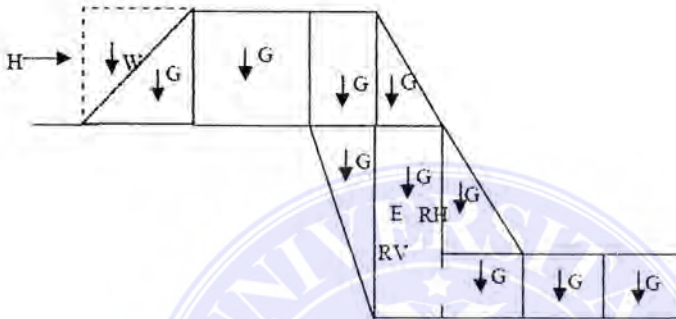
Dimana : S_f = faktor keamanan

ΣM_T = besarnya momen tahan (KNm)

ΣM_G = besarnya momen guling (KNm)

(DPU Pengairan, Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

2.6.3 Stabilitas Terhadap Eksentrisitas



Gambar 2.9 Gaya-gaya eksentrisitas pada bendung

Rumus : $a = \frac{\Sigma Mt - \Sigma Mg}{\Sigma V}$

$e = (B/2 - a) < 1/6 B$

Dengan : B = lebar dasar bendung yang ditinjau (m)

(DPU Pengairan, Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

2.6.4 Stabilitas Terhadap Erosi Bawah Tanah (Piping)

Bangunan-bangunan yang harus mengatasi beda tinggi muka air hendaknya dicek stabilitasnya terhadap erosi bawah tanah dan bahaya runtuh akibat naiknya dasar galian (*heave*) atau rekahnya pangkal hilir bangunan. Bahaya terjadinya erosi bawah tanah dapat dicek dengan jalan membuat jaringan aliran/flownet dan dengan beberapa metode empiris, seperti:

- Metode Bligh
- Metode Lane, atau
- Metode Koshla

Metode Lane, yang juga disebut metode angka rembesan Lane (*weighted creep ratio method*), adalah cara yang dianjurkan untuk mengecek bangunan guna 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 ini membandingkan panjang jalur rembesan di bawah bangunan di sepanjang bidang bangunan tanah bawah dengan beda tinggi muka air antara kedua sisi bangunan. Di sepanjang jalur perkolasi ini, kemiringan yang lebih curam dari 45° dianggap vertikal dan yang kurang dari 45° dianggap horisontal. Jalur vertikal dianggap memiliki daya tahan terhadap aliran 3 kali lebih kuat daripada jalur horisontal.

Oleh karena itu, rumusnya adalah :

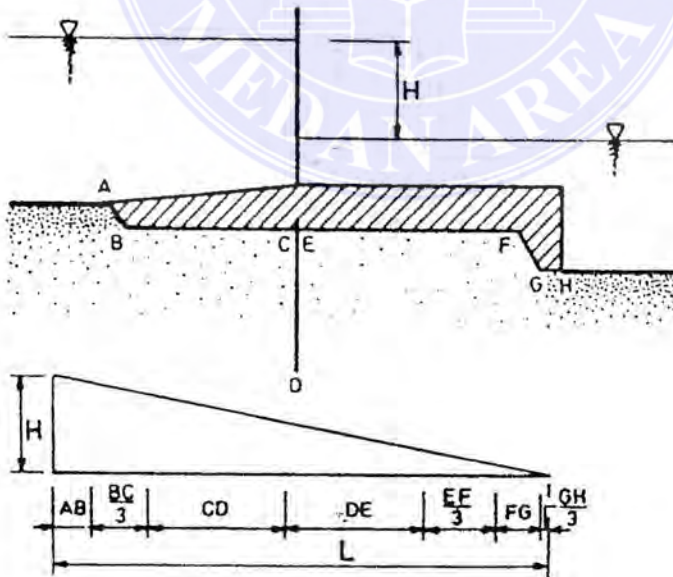
$$CL = \frac{\Sigma Lv + \frac{1}{3} Lh}{H}$$

Dimana : CL = Angka rembesan Lane

ΣLv = jumlah panjang vertikal (m)

ΣLh = jumlah panjang horisontal (m)

H = tinggi muka air (m)



Gambar 2.10 Metode angka rembesan Lane

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

Uraian	C_L
Pasir sangat halus atau lanau	8,50
Pasir halus	7,00
Pasir sedang	6,00
Pasir kasar	5,00
Kerikil halus	4,00
Kerikil sedang	3,50
Kerikil kasar termasuk berangkal	3,00
Bongkah dengan sedikit berangkal dan kerikil	2,50
Lempung lunak	3,00
Lempung sedang	2,00
Lempung kasar	1,80
Lempung sangat kasar	1,60

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

2.6.5 Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah

Daya dukung dapat dicari dari rumus berikut (dari Terzaghi):

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot z \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

Dimana : q_u = daya dukung batas (kN/m^2)

c = kohesi, tegangan kohesif (kN/m^2)

γ = berat volume tanah (kN/m^3)

B = lebar telapak pondasi (m)

z = kedalaman pondasi di bawah permukaan (m)

N_c, N_q, N_γ = faktor-faktor daya dukung tak berdimensi diberikan pada Gambar 2.11

α, β = faktor tak berdimensi, diberikan pada Tabel 2.7

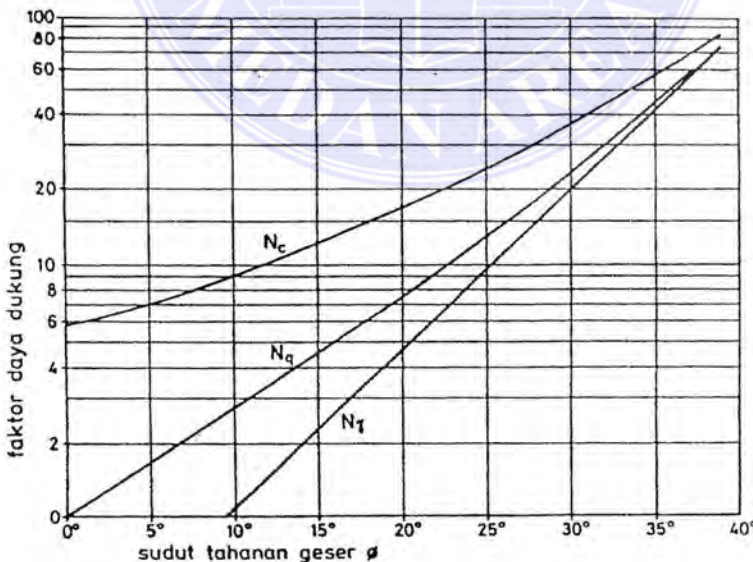
Besarnya daya dukung izin bisa dicari dari :

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

- Dimana :
- q_u = daya dukung batas (kN/m^2)
 - q_a = daya dukung izin (kN/m^2)
 - F = faktor keamanan (2 sampai 3)
 - γ = berat volume tanah (kN/m^3)
 - z = kedalaman pondasi di bawah permukaan (m)

Tabel 2.7 harga-harga perkiraan daya dukung izin (disadur dari *British Standard Code of Practice CP 2004*)

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	2 - 6
4. pasir berkerapatan sedang	100 - 300	1 - 3
5. lempung kenyal	150 - 300	1,5 - 3
6. lempung teguh	75 - 150	0,75 - 1,5
7. lempung lunak dan lanau	< 75	< 0,75



Gambar 2.11 Faktor-faktor daya dukung: beban garis dekat permukaan (Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

2.7 Tekanan Air

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

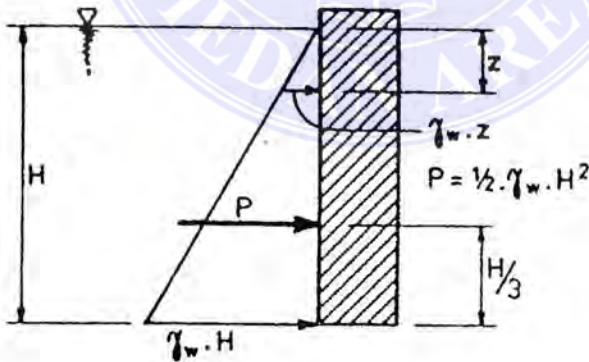
Tekanan air dinamik jarang diperhitungkan untuk stabilitas bangunan bendung dengan tinggi energi rendah. (*Standar Perencanaan Irigasi KP-02*)

2.7.1 Tekanan Hidrostatis

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

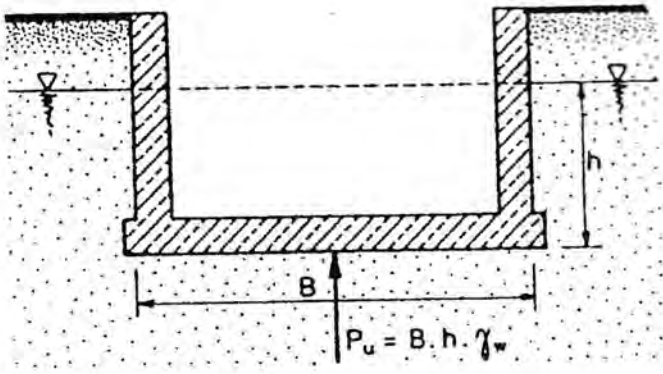
$$P_H = \gamma_w \cdot Z$$

Dimana : P_H = tekanan hidrostatis (kN/m^2)
 γ_w = berat volume air ($\approx 10\text{kN/m}^3$)
 z = jarak dari permukaan air bebas (m)



Gambar 2.12 Tekanan air pada dinding tegak

(*Standar Perencanaan Irigasi KP-02*)

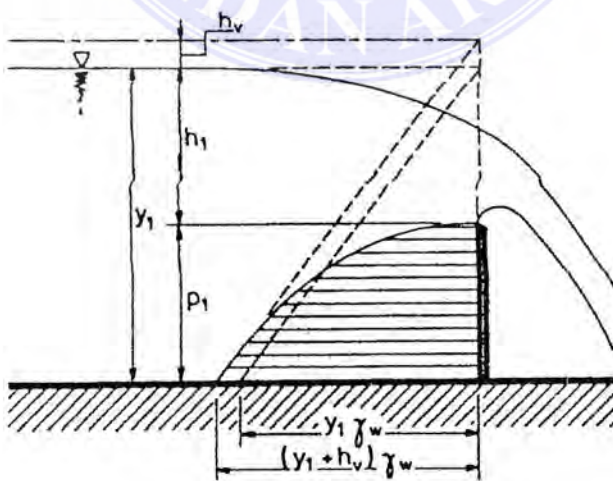


Gambar 2.13 Gaya Tekan ke atas

Gaya tekan ke atas (uplift) yang bekerja pada lantai bangunan adalah sama dengan berat volume air yang dipindahkan oleh bangunan. (*Standar Perencanaan Irigasi KP-02*)

2.7.2 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.



Gambar 2.14 Tekanan Hidrodinamik

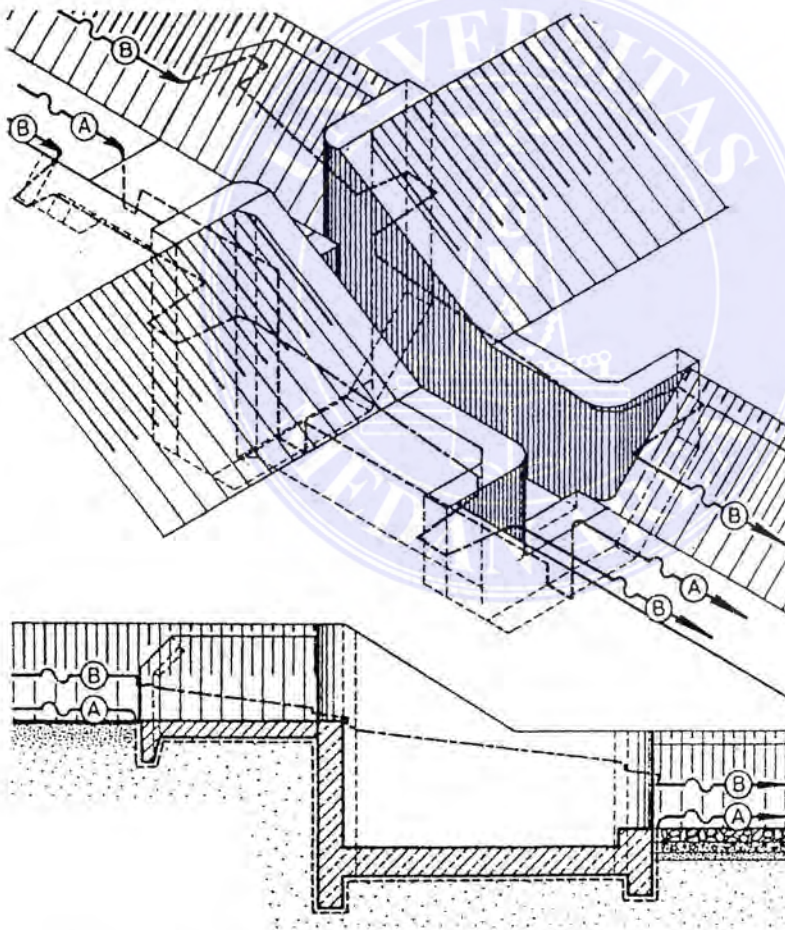
2.7.3 Rembesan

Rembesan atau perkolasi air melalui tanah di sekitar bangunan diakibatkan oleh beda tinggi energi pada bangunan itu. Pada Gambar 2.15 ditunjukkan dua macam jalur rembesan yang mungkin terjadi: (A) jalur rembesan di bawah bangunan dan (B) jalur rembesan di sepanjang sisi bangunan.

Perkolasi dapat mengakibatkan hal-hal berikut :

- a. Tekanan ke atas (statik);
- b. Erosi bawah tanah/piping (konsentrasi aliran yang mengakibatkan kehilangan bahan);
- c. Tekanan aliran (dinamik).

Rembesan dapat membahayakan stabilitas bangunan.



Gambar 2.15 Jalur rembesan antara bangunan dan tanah di sekitarnya

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

2.8 Spesifikasi Mutu Material

Bangunan bendung dapat dibuat dari pasangan batu atau beton, atau campuran kedua bahan ini yang masing-masing bahan bangunannya mempengaruhi bentuk dan perencanaan bangunan tersebut.

2.8.1 Pasangan Batu

Sampai saat ini pasangan batu dilaksanakan dengan cara tidak standart dan belum ditemukan cara mengontrol kekuatan pasangan batu. Kualitas pasangan batu kali sangat ditentukan oleh komposisi campuran dan kerapatan adukan dalam spesi antar batu. Hal ini sangat dipengaruhi oleh tingkat kedisiplinan tukang dalam merocok adukan dan tingkat kejujuran pengawas lapangan. Perilaku tukang dan pengawas yang kurang memadai dapat mengakibatkan rendahnya mutu pasangan batu kali.

Pasangan batu kali dapat dipakai pada bangunan melintang sungai dengan syarat-syarat batasan sebagai berikut :

- a. Tinggi bendung maksimum 3 m
- b. Lebar sungai maksimum 30 m
- c. Debit sungai per satuan lebar dengan periode ulang 100 tahun maksimum 8 m³/dt/m
- d. Tinggi tembok penahan tanah maksimum 6 m

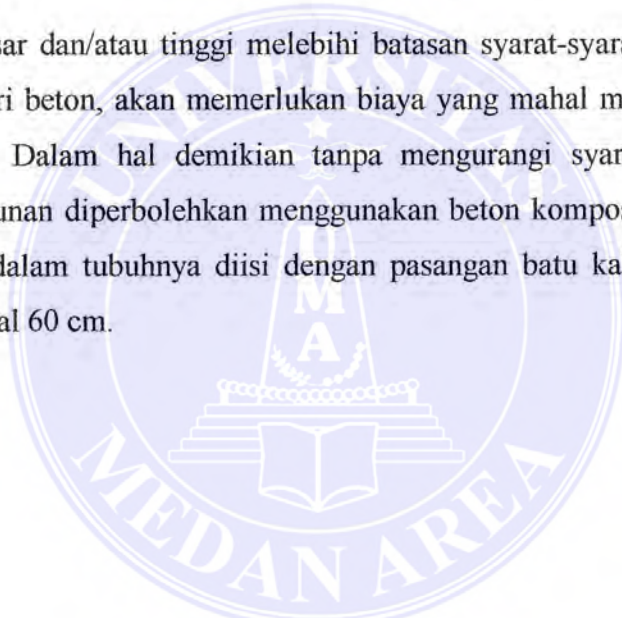
Bangunan atau bagian bangunan diluar syarat-syarat batasan di atas akan memakai material lain misalnya beton, yang tentunya memerlukan biaya lebih mahal, namun lebih memberikan jaminan kualitas dan keamanan bangunan. Pasangan batu akan dipakai apabila bahan bangunan ini (batu-batu berukuran besar) dapat ditemukan di atau dekat daerah itu. Permukaan bendung yang terkena abrasi langsung dengan air dan pasir, biasanya dilindungi dengan lapisan batu keras yang dipasang rapat-rapat. Batu ini disebut batu candi, yaitu batu-batu yang dikerjakan dengan tangan dan dibentuk seperti kubus agar dapat dipasang serapat mungkin.

2.8.2 Beton

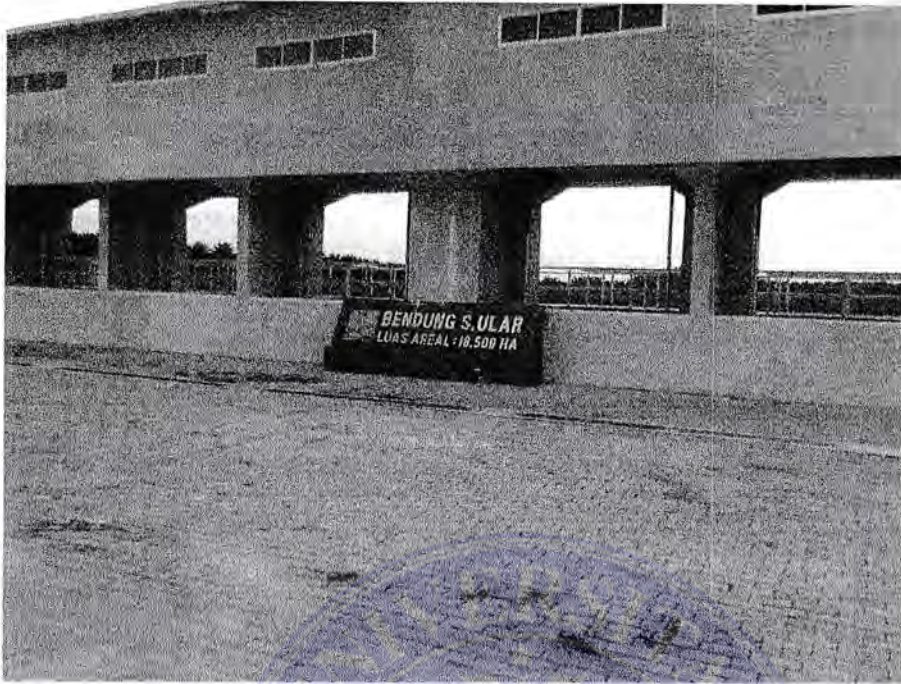
Di Indonesia beton digunakan untuk bendung pelimpah skala besar dan tinggi melebihi syarat-syarat batasan seperti tersebut dalam butir (i). Meskipun biayanya tinggi, tetapi lebih memberikan jaminan kualitas dan keamanan bangunan. Hal ini bisa tercapai karena prosedur pelaksanaan dan kontrol kekuatan bahan mengacu pada standart yang sudah baku. Di samping itu di daerah-daerah di mana tidak terdapat batu yang cocok untuk konstruksi pasangan batu, beton merupakan alternatif.

2.8.3 Beton Komposit

Bendung skala besar dan/atau tinggi melebihi batasan syarat-syarat dalam butir (i) yang terbuat dari beton, akan memerlukan biaya yang mahal mengingat volumenya yang besar. Dalam hal demikian tanpa mengurangi syarat-syarat keamanan struktur bangunan diperbolehkan menggunakan beton komposit, yaitu struktur beton yang di dalam tubuhnya diisi dengan pasangan batu kali. Tebal lapisan luar beton minimal 60 cm.



3.2 Data Umum Bendung



Gambar 3.2 Bendung Sungai Ular

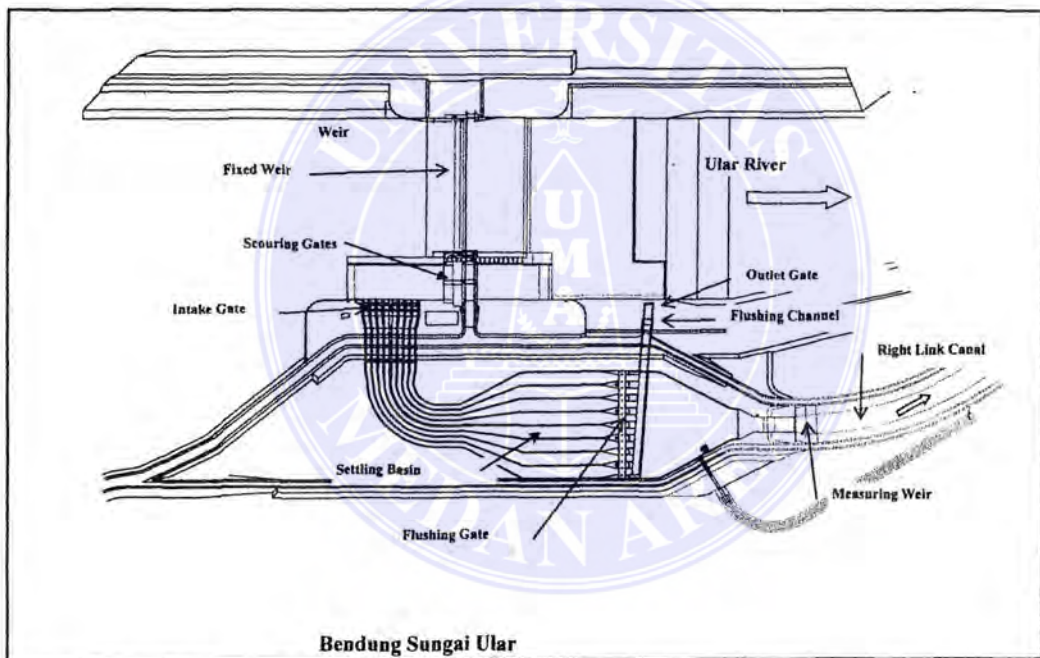
Bangunan Bendung Sungai Ular terdiri dari Bendung Tetap, Bendung Gerak dengan menggunakan scouring besi, dan bangunan sadap (intake). Bangunan intake berada di bagian kanan dari bantaran sungai. Lebar bendung adalah 130 m. Pintu scouring terdiri dari tiga pintu besi beroda masing-masing dengan dua bilah daun pintu.

Tiga set pintu ganda tetap beroda dari pintu scouring dipasang di bagian kanan dari bendung tetap. Ketiga pintu ini dipakai untuk mengatur ketinggian muka air dan sebagai pengendali banjir dari bendung intake. Juga berfungsi sebagai pembilas endapan yang terkumpul di sekitar bangunan intake, guna menjamin air pada intake. Ambang ketinggian muka air pada pintu intake diatur setinggi 40,5 m; hamper sama dengan ketinggian dasar sungai saat ini.

Bangunan intake terdiri dari pintu intake, saluran pengarah dan kantong lumpur. Inlet terdiri dari delapan lajur arus. Di setiap lajur disediakan saringan sampah pada pintu intake. Lajur arus berlanjut sampai ujung dari kantong lumpur yang dibuat dengan dinding beton yang memisahkan setiap lajur, sehingga pekerjaan pembilasan pasir/lumpur dapat dilakukan satu per satu.

Semua pintu dilengkapi dengan pintu outlet pembilasan di ujung kantong lumpur untuk membuang sedimen ke sungai ular dengan pintu bertenanga listrik.

Bendung Sungai Ular dilengkapi dengan rumah pengendali pintu-pintu yang memiliki kelengkapan display panel dan meja control. Display panel memiliki (i) indicator pembukaan pintu intake dari pengukuran ketinggian muka air yang dikirim dari alat ukur yang terletak di bagian hilir kantong lumpur sebelum air masuk ke saluran primer, dan (ii) indicator tentang kondisi pintu scouring dan tinggi muka air sungai yang dikirim dari bagian hulu dan hilir bendung. Selain itu ada meja pengendali yang dilengkapi dengan tombol-tombol dan switches untuk mengoperasikan pintu intake dan pintu scouring. Gambar 3.2 memperlihatkan gambar umum bendung secara keseluruhan.



Gambar 3.3 Gambaran Umum Bendung Sungai Ular

Dari Bendung dibangun Saluran Primer Kanan sebagai saluran penghubung di bantaran sebelah kanan Sungai Ular, guna menghubungkan petak irigasi yang telah ada di bantaran sebelah kanan Sungai Ular yaitu (1) Petak Irigasi Pulau Gambar, (2) Petak Irigasi Buluh, (3) Petak Irigasi Perbaungan, (4) Petak Irigasi Bendang, dan (5) Petak Irigasi Singosari.

Pada titik yang berjarak 4,7 km di hilir bendung, ada saluran penghubung lain yaitu Saluran Primer Kiri yang berada di sebelah kiri Sungai Ular. Saluran primer kiri ini merupakan cabang dari Saluran Primer Kanan. Saluran primer kiri mendapat air dari saluran primer kanan melalui siphon berkapasitas 12 m³/det sepanjang 275 m yang memotong Sungai Ular, yang akan mengalirkan air disepanjang bantaran kiri Sungai Ular. Saluran primer kiri menghubungkan (1) Petak Irigasi Timbang Deli, (2) Petak Irigasi Sumberrejo Baru, (3) Petak Irigasi Sumberrejo Lama, dan (4) Petak Irigasi Ramonia.

3.3 Kondisi Hidrolis Bendung

Data hidrolis Bendung Sungai Ular adalah sebagai berikut :

1) Arus air dan ketinggian muka air

Aliran rata-rata tahunan adalah 49 m³/det. November adalah musim aliran tinggi dan Juli dan Agustus adalah musim aliran rendah, tetapi tidak begitu banyak perbedaan. Juga perbedaan antara aliran rata-rata dan 80% debit andalan kecil. Oleh karena itu karakteristik aliran air di Sungai Ular stabil sepanjang tahun.

Desain banjir adalah parameter kunci untuk menentukan ukuran struktur, terutama untuk bendung, untuk memenuhi kebutuhan desain untuk melepaskan debit dengan aman ke arah hilir. Kerusakan struktur mempengaruhi tidak hanya irigasi tetapi juga kegiatan di hilir sungai.

Analisa debit banjir yang ditunjukkan dalam tabel di bawah ini dihitung dengan metode Gumbel dari catatan debit di Stasiun pencatatan debit air Jembatan Serbajadi.

Tabel 3.1 Debit banjir

Return Period (year)	2	5	10	20	30	50	100	200
Flood Q (m ³ /s)	328	513	636	753	813	905	1019	1132

Sumber : Volume VII Hidrology

Mengacu pada Design Standard for Concrete Dam in Japan dan Design Standard di Indonesia, dengan debit banjir 100 tahun $1,020 \text{ m}^3/\text{det}$ akan digunakan untuk struktur bendung.

- Desain debit banjir : $1,020 \text{ m}^3/\text{det}$
- Desain ketinggian muka air banjir : 46.27 m
- Desain debit intake : $29.5 \text{ m}^3/\text{det}$ yang terdiri dari $24.5 \text{ m}^3/\text{det}$ untuk areal proyek irigasi Sungai Ular dan $5.0 \text{ m}^3/\text{det}$ untuk mensuplesi areal lain (di lembah muara Sungai Serdang)
- Minimum desain ketinggian muka air intake : 43.30 m
- Debit untuk pembilasan Sungai Ular ke bagian hilir : $10 \text{ m}^3/\text{det}$

2) Bendung

- Bendung tetap dengan tiga set pintu berdaun ganda dan beroda dari pintu scouring. Tubuh bendung dibangun dengan menggabungkan pasangan batu dan beton.
- Pintu scouring :
 - Type pintu : dibuat dari besi, berdaun pintu ganda, dengan roda tetap.
 - Lebar pintu bersih : 6,500 m
 - Tinggi pintu : 3,600 m
 - Desain elevasi air : FWL. 46,273 m (Q100)
 - Elevasi air normal : NWL. 43,300 m
 - Elevasi ambang : EL. 40,500 m
 - Elevasi puncak : EL. 43.4 m
 - Desain mercu bendung : 5,773 m
 - Kedalaman endapan : 1,0 m
 - Methoda Sealing : 3 bibir seal karet

3) Bangunan Intake

- Pintu Intake
 - Jumlah pintu intake : 8 pintu
 - Ambang elevasi : 41.80 m
 - Ukuran pintu : lebar bersih 3.1 m dan tinggi daun pintu bersih 1.8 m
- Kantong lumpur dan saluran pembilas
 - Didesain untuk menangkap partikel minimal berukuran : 0,2 mm
 - Didesain untuk kecepatan : 0.2 m/det
 - Lebar : sekitar 75 m
 - Jumlah jalur : 8
 - Lebar tiap jalur : 8,8 m
 - Panjang jalur kantong lumpur : 46,6 m
 - Kecuraman kantong lumpur : 1/175
 - Pintu pembilas : 8 pintu dengan lebar bersih 5,8 m dan tinggi daun pintu 1,23 m
 - Dinding kantong lumpur hamper tegak lurus, dilengkapi pintu outlet pada saluran pembilas
- Alat pengukur debit
 - Type : lebar mercu bendung, kedalaman luapan diukur oleh sensor dan dikirim ke rumah pengendali.

3.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey dimana peneliti melakukan observasi dan survey di lokasi penelitian yaitu di Bendung Sungai Ular. Langkah – langkah dalam proses penelitian adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan dan landasan teori serta metode – metode yang akan digunakan dalam penulisan skripsi.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data – data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data primer yang diambil dari tempat penelitian dan pengumpulan data sekunder yang diambil dari instansi terkait. Adapun data – data yang diperlukan adalah :

- Data primer yang didapat langsung dari lapangan yaitu lebar sungai, kedalaman sungai, dan elevasi dasar sungai.
- Data sekunder yang didapat dari instansi terkait yaitu data hidrolis Bendung Sungai Ular.

3. Analisa Data

Dari data yang telah terkumpul maka dilakukan perhitungan gaya – gaya yang bekerja pada tubuh bendung selanjutnya dilakukan analisa (perhitungan) stabilitas bendung yang meliputi Stabilitas Guling, Stabilitas Geser, dan Daya Dukung Tanah, sehingga didapatkan kesimpulan apakah bendung masih memenuhi syarat stabilitas.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan laporan penelitian skripsi ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Stabilitas Guling (*Overtuning*) Bendung Sungai Ular pada saat kondisi air normal adalah 4,10 ($> 1,50$) dan pada saat kondisi banjir 1,73 ($> 1,50$) sehingga dapat dikatakan bendung masih aman dari bahaya guling.
2. Stabilitas Geser (*Sliding*) Bendung Sungai Ular pada saat kondisi air normal adalah 2,35 ($> 1,20$) dan pada saat kondisi banjir 0,907 ($< 1,20$) sehingga dapat dikatakan bendung masih aman dari bahaya geser pada saat kondisi air normal tetapi tidak aman lagi pada kondisi air banjir.
3. Daya Dukung Tanah (*Bearing Capacity*) Bendung Sungai Ular pada saat kondisi air normal adalah $\sigma_{\max} = 1,56 \text{ ton/m}^2$ dan $\sigma_{\min} = 0,93 \text{ ton/m}^2$ ($< 7,35 \text{ ton/m}^2$) dan pada saat kondisi banjir $\sigma_{\max} = 0,88 \text{ ton/m}^2$ dan $\sigma_{\min} = 0,86 \text{ ton/m}^2$ ($< 7,35 \text{ ton/m}^2$) sehingga dapat dikatakan bahwa tegangan tanah yang terjadi tidak melebihi tegangan tanah yang diijinkan.
4. Bendung Sungai Ular masih dalam kondisi baik dan berfungsi secara normal serta kebutuhan air masih mencukupi untuk mengalir di daerah irigasi disekitarnya (Daerah Irigasi Sungai Ular).
5. Bendung perlu direncanakan ulang untuk menghindari bahaya geser pada saat kondisi banjir.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan antara lain :

1. Dalam analisis hidrologi diperlukan disiplin ilmu hidrologi dan statistik yang kuat.
2. Jumlah literature dan sumber yang dapat dipercaya sangat membantu dalam memecahkan masalah yang berhubungan dengan perencanaan bendung.

3. Dalam membuat hitungan hidrolis, struktur, dan stabilitas disarankan menggunakan software (misalnya : Microsoft Excel) antara hitungan yang satu dengan yang lainnya karena perhitungan tersebut saling berpengaruh.
4. Perencanaan bendung harus memperhitungkan lokasi dan kesulitan yang mungkin timbul untuk mendapatkan hasil yang optimal dan biaya pembangunan yang ekonomis.



DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Standar Perencanaan Irigasi - Kriteria Perencanaan 01 (Jaringan Irigasi)*. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Standar Perencanaan Irigasi - Kriteria Perencanaan 02 (Bangunan Utama)*. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Standar Perencanaan Irigasi - Kriteria Perencanaan 03 (Saluran)*. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Standar Perencanaan Irigasi - Kriteria Perencanaan 04 (Bangunan)*. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Standar Perencanaan Irigasi - Kriteria Perencanaan 05 (Petak Tersier)*. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Standar Perencanaan Irigasi - Kriteria Perencanaan 06 (Parameter Bangunan)*. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Standar Perencanaan Irigasi - Kriteria Perencanaan 07 (Standar Penggambaran)*.

Direktorat Jendral Kementerian Pekerjaan Umum. Juli 2011. *Operasi dan Pemeliharaan Daerah Irigasi Sungai Ular*.

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 2006. *Design Report for The Ular Headworks*.

Direktorat Jendral Departemen Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah. 2004. *Analisis Stabilitas Bendungan Tipe Urugan Akibat Beban Gempa*.

Mawardi E, dan Moh. Memed. 2002. *Desain Hidraulik Bendung Tetap*. Penerbit Alfabeta. Bandung

Team Dosen. 1997. *Irigasi dan Bangunan Air*. Penerbit Gunadarma. Jakarta.

Sosrodarsoono, Suyono. 1985-1994. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 25/8/23

56

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)25/8/23