

EVALUASI STABILITAS MERCU BENDUNG BATANG TORU, KABUPATEN TAPANULI UTARA

Oleh :
Adventus Gultom ¹⁾
Roy Adi Kurnia ²⁾

E-mail :
adventusgultom@gmail.com ¹⁾
roycyber4rt@gmail.com ²⁾

ABSTRACT

Weir is a barrier built across a river that is built to change the characteristics of the river flow. In many cases, a weir is a construction that is much smaller than a dam which causes water to pool to form a pool but is able to pass through the top of the weir. The material can be made of masonry, concrete or masonry and concrete. Generally it is built in the upstream and middle sections of the river. The Batang Toru Irrigation Area serves a functional area of ± 3200 Ha, located in Purbatua District and Pahae Jae District, North Tapanuli Regency, North Sumatra Province. The source of irrigation water comes from the Batang Toru River through a fixed weir (planned) located in Bonani Dolok Village, Purbatua District. In the construction of the weir it is still equipped with the following data: The area of the river basin is 1408.4 km^2 and the river is approximately 75.4 km long, has a height of about $+1470.0\text{m}$ in the upstream part and has an elevation of $+455.0\text{m}$. downstream around the weir plan location, with a discharge of $Q_{100} = 1548.26 \text{ m}^3 / \text{s}$. Weir stability control is by earthquake to bolster $s_{f\text{guling}} = 1.14 \geq 1.10$; without earthquake $s_{f\text{guling}} = 1.5 \geq 1.50$, against shear with earthquake $s_{f\text{geser}} = 2,217 \geq 1.10$; without earthquake $s_{f\text{geser}} = 3.27 \geq 1.50$. From the calculation control, it can be concluded that the Batang Toru Weir is safe from shear and overturning forces, which can be concluded that the soil where the weir is located can support the weir structure.

Keywords: Weir, Weir Sill, Stability

ABSTRAK

Bendung adalah pembatas yang dibangun melintasi sungai yang dibangun untuk mengubah karakteristik aliran sungai. Dalam banyak kasus, bendung merupakan sebuah konstruksi yang jauh lebih kecil dari bendungan yang menyebabkan air menggenang membentuk kolam tetapi mampu melewati bagian atas bendung. Bahannya dapat terbuat dari pasangan batu, beton atau pasangan batu dan beton. Dibangun umumnya di sungai ruas hulu dan ruas tengah. Daerah Irigasi Batang Toru melayani areal fungsional seluas ± 3200 Ha, terletak di Kecamatan Purbatua dan Kecamatan Pahae Jae, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara. Sumber air irigasi berasal dari Sungai Batang Toru melalui bendung tetap (rencana) yang terletak di Desa Bonani Dolok Kecamatan Purbatua. Dalam pembangunan bendung tetap dilengkapi dengan data-data sebagai berikut Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah seluas $1408,4 \text{ Km}^2$ dan panjang sungai kurang lebih $75,4 \text{ km}$, mempunyai ketinggian sekitar $+1470,0\text{m}$ pada bagian hulu dan mempunyai elevasi $+455,0\text{m}$ dibagian hilir disekitar lokasi rencana bendung, dengan debit $Q_{100} = 1548,26 \text{ m}^3/\text{det}$. Kontrol stabilitas bendung adalah dengan gempa terhadap guling $s_{f\text{guling}} = 1,14 \geq 1,10$; tanpa gempa $s_{f\text{guling}} = 1,5 \geq 1,50$, terhadap geser dengan gempa $s_{f\text{geser}} = 2,217 \geq 1,10$; tanpa gempa $s_{f\text{geser}} = 3,27 \geq 1,50$. Dari kontrol perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa Bendung Batang Toru aman dari gaya geser dan gaya guling, dimana dapat disimpulkan bahwa tanah tempat berdirinya bendung dapat menopang struktur bendung tersebut.

Kata kunci : Bendung, Mercu, Stabilitas

1. PENDAHULUAN

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

Bendungan dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu: bendungan beton dan bendungan urugan. Bendungan beton adalah bendungan yang bahan konstruksi tubuh bendungan utamanya adalah beton. Bendungan urugan adalah bendungan yang bahan konstruksi tubuh bendungan utamanya adalah timbunan batu dan tanah. Dalam pembangunannya, karena kondisi alam memungkinkan atau mengharuskan, maka dapat saja dalam satu bendungan terdapat lebih dari 1 jenis bendungan. Contoh jenis bendungan melengkung dapat menggabungkan kekuatan gaya berat dan busur dalam menjaga kestabilan (kamiana, 2010).

Fungsi bendungan ada beberapa macam seperti: sebagai pembangkit listrik, menstabilkan aliran air/irigasi, mencegah banjir dan untuk bangunan pengalih. Biasanya di negara kita bendungan dibangun untuk mengaliri daerah pertanian. Kerusakan pada bagian bendung biasanya disebabkan kelebihan debit air yang direncanakan, erosi dan faktor alam lainnya. Badan bendungan adalah tubuh bendungan yang berfungsi sebagai penghalang air.

Bendungan umumnya memiliki tujuan untuk menahan air, sedangkan struktur lain yang spesifik, kekuatan air memberikan listrik yang disimpan dalam pompa air dan ini dimanfaatkan untuk menyediakan listrik bagi jutaan konsumen. Bagian utama terdiri dari beberapa komponen yaitu : Pondasi adalah bagian dari bendungan yang

berfungsi untuk menjaga kokohnya bendungan. Dan bagian ini perlu perhitungan konstruksi yang teliti untuk menentukan ukuran (dimensi) bendung agar mampu menahan muatan-muatan yang bekerja padanya dalam keadaan apapun (Soedibyo, 2003).

Dalam rangka pengembangan dan pengelolaan sumber-sumber air Pemerintah Daerah Kabupaten Tapanuli Utara merencanakan pembangunan bendung yang diharapkan mampu memenuhi kebutuhan air dan menjaga ketersediaan air di Wilayah Kabupaten Tapanuli Utara dan sekitarnya. Salah satu bendung yang direncanakan pembangunannya adalah Bendung Batang Toru. Bendung Batang Toru merupakan bendung yang dibangun melintang Sungai Aek Batang Toru, diharapkan fungsi Bendung Batang Toru ini dapat di optimal yaitu dapat memberikan tinggi muka air minimum untuk bangunan pengambilan yang digunakan untuk keperluan irigasi. Biasanya bendung dilengkapi dengan pintu pengambilan air, sehingga pengoperasian bendung memegang peranan penting dalam pengembangan dan pengelolaan sumber daya air. Untuk mencapai suatu hasil yang tepat guna dalam pengoperasian sumber-sumber air tersebut, maka diperlukan pembangunan bendung yang sesuai dengan standar perencanaan irigasi yang telah diatur oleh Direktorat Jenderal Pengairan. Untuk keperluan-keperluan irigasi, bukanlah selalu merupakan keharusan untuk meninggikan muka air disungai, tetapi jika muka air sungai cukup tinggi maka dapat dipertimbangkan pembuatan bangunan pengambilan bebas dimana pengambilan air dapat dilakukan dalam jumlah yang cukup banyak selama waktu pemberian air irigasi tanpa membutuhkan tinggi muka air tetap di sungai. Bendung Batang Toru dengan

luas areal persawahan ±3200 ha di Kabupaten Tapanuli Utara. Bendung ini akan mengairi persawahan untuk 3 (tiga) kecamatan Kabupaten Tapanuli Utara yaitu Kecamatan Purbatua, Kecamatan Pahae Jae dan Kecamatan Singumban.

Sektor pertanian merupakan sektor penunjang ekonomi bagi masyarakat di 3 kecamatan tersebut, terutama Padi. Produksi padi di daerah tersebut adalah 2 (dua) kali setahun yaitu Padi-Padi, termasuk golongan tanam 1 dengan masa tanam pada bulan November 1-Maret 1 dan Maret 2-Juli 2, dengan intensitas tanam ±170%. Adapun hasil panen rata-rata padi 3,0-4,0 ton/ha, yang berarti hasil panen tersebut belum maksimal karena hasil panen jaringan irigasi teknik mencapai 5,5-6,0 ton/ha.

Sungai Batang Toru merupakan salah satu sungai yang sering mengalami banjir di wilayah tersebut. Sehingga desa-desa disekitar sungai terganggu aktifitas warganya, bahkan gangguan tersebut berakibat pula terhadap kehidupan sosial perekonomian masyarakat. Pada Tahun 2015 Dinas Pengairan Provinsi Sumatera melakukan Survey Investigasi dan Desain Penanggulangan Banjir Aek Batang Toru dan untuk menyesuaikan hasil desain bendung dan pengendalian banjir maka diperlukan Review Desain Daerah Irigasi Batang Toru.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perencanaan Hidrolis Bendung

Tinggi Mercu Bendung

Untuk merencanakan elevasi mercu bendung ditentukan dari elevasi sawah tertinggi ditambah dengan tinggi kehilangan energi sepanjang saluran tersier, sekunder, dan primer serta kehilangan energi pada bangunan pelengkap sepanjang saluran tersebut sampai ke intake.

Lebar Efektif Bendung

Lebar total bendung adalah jarak antara tembok sebelah dalam kiri dan kanan bendung untuk menentukan lebar total dapat dihitung dengan memakai rumus :

$$B_{tot} = 1,2 * Br \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

Br = rata-rata dari beberapa segmen lebar sungai.

B.tot = lebar total bendung.

Untuk menghitung lebar efektif bendung dapat dihitung dengan rumus :

$$B_{eff} = B_{tot} - 2 (n k_p + k_a) H_1 \dots\dots (2)$$

Dimana :

B_{eff} = lebar efektif bendung

N = jumlah pilar

K_p = kontraksi pilar bulat

K_a = kontraksi tembok pengiring bulat

H₁ = tinggi energi diatas mercu

B_{tot} = lebar total bendung

Menentukan Tinggi Muka Air Banjir

didasar Mercu

Untuk menentukan muka air diatas Mercu dengan memakai rumus :

$$Q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} * g * beff * H_1^{3/2} \dots\dots (3)$$

Dimana:

Q = debit Rencana (m³/dtk)

C_d= koefisien debit → C_d = C₀*C₁*C₂

g = percepatan gravitasi (9.81 m/dtk²)

beff = lebar efektif bendung

H₁ = tinggi energi diatas mercu (m)

Analisa Stabilitas

Secara umum Gaya-gaya yang bekerja pada bangunan bendung dibagi menjadi dua bagian yaitu:

1. Gaya vertikal
2. Gaya horisontal

Gaya-gaya Vertikal

a. Berat sendiri bendung

Berat sendiri bendung yang dimaksud adalah Berat bendungan total termasuk

instalasi-instalasi yang ada didalamnya seperti pintu pengambilan dan lain-lain. Dalam perhitungannya berat tubuh bendung dibagi atas beberapa luasan lalu dikalikan dengan berat jenisnya. Gaya berat tubuh bendung tergantung pada bahan yang dipergunakan untuk bendung. Harga berat material bendung adalah sebagai berikut (Kp-02)
 Pasangan batu = 2200 ton/m³
 Beton tumbuk = 2200 ton/ m³
 Beton bertulang = 2200 ton/ m³
 Bahan material yang digunakan untuk tubuh bendung direncanakan dibuat dari pasangan batu kali (1:4) dan pada permukaan air dilapisi dengan beton bertulang. Dengan demikian berat volume yang diperhitungkan 2200 ton/ m³.

b. Gaya angkat keatas/uplift
 Gaya angkat keatas/uplift adalah gaya tekanan air bekerja pada dasar dan dalam tubuh bendung. Gaya bekerja tegak lurus terhadap bidang tekan, besar gaya angkat (uplift) pada setiap titik pada dasar bendung dapat dihitung dengan mempergunakan teori Lane sebagai berikut:

$$U_x = H_x - \frac{L_w}{L_x} * \Delta H * \gamma_{air} \quad (4)$$

Dimana:

- U_x = Tekanan pada titik x t/m)
- H_x = Tinggi energi titik x terhadap muka air hulu bendung (m)
- L_x = Jarak sepanjang bidang kontak dari hulu sampai titik x (m)
- ΔH = Beda tinggi enegi di hulu dan hilir bendung (m)
- L_w = Panjang total bidang kontak bendung dan tanah bawah (m)

Gaya-gaya Horizontal

a. Gaya Hidrostatik
 Gaya hidrostatik merupakan gaya air yang menekan bendungan denga atau tanpa angin. Tinggi air yang diperhitungkan adalah permukaan tertinggi air pada waktu banjir, tetapi

perlu ditinjau pada saat air normal dan pada saat air minimum.

b. Tekanan lumpur
 Tekanan lumpur diperhitungkan akan bekerja dimuka hulu bendung atau muka penguras. Pada dasarnya apabila konstruksi bendung telah beroperasi maka sedimen transport (lumpur) akan mengendap di lapen bendung. Dan endapan tersebut akan diperhitungkan 90% dari tinggi mercu bendung, yaitu:

$$\gamma_{lumpur} = 1,6 \text{ t/m}^3$$

$$K_o = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \dots \dots \dots (5)$$

$$S = \frac{\gamma_s}{2} \cdot h^2 \cdot K_o \dots \dots \dots (6)$$

- Dimana:
- K_o = Koefisien tekanan lumpur
- S = Tekanan lumpur
- γ_s = Berat jenis lumpur
- h = Tebal endapan lumpur

c. Gaya gempa
 Faktor beban akibat gempa yang akan digunakan dalam perencanaan bangunan pengairan diberikan dalam bentuk peta yang diterbitkan oleh DPMA pada tahun 1981 dengan judul "Peta Zona Seismatik untuk perencanaan bangunan air tahan gempa". Pada peta itu pulau-pulau di Indonesia dibagi menjadi 5 daerah dengan parameter gempa yang berbeda-beda sebagai berikut:

Gaya gempa yang bekerja pada arah vertikal dan horisontal, namun gaya gempa yang diperhitungkan biasanya pada arah horisontal. Sedangkan dalam arah veertikal biasanya dapat diabaikan. Gaya gempa diperhitungkan pada arah yang berbahaya.



$$F_{gempa} = K.W \quad (Ton) \quad (7)$$

Dimana : K = Koefisien gempa
W = Berat bangunan

$$K = \frac{ad}{g} \dots \dots \dots (8)$$

$$Ad = n (ac.z)m \dots \dots \dots (9)$$

Dimana :

a = percepatan gempa rencana (cm/dtk²)

N,m = koefisien yang harganya tergantung pada jenis tanah.

Ac = percepatan dasar kejut (cm/dtk²)

K = koefisien gempa

G = percepatan grafitasi (cm/dtk²)

Z faktor letak geografis

Berdasarkan peta zona gempa dan zona geologi, Kabupaten Tapanuli Utara terletak pada zona E. Maka diambil nilai Z = 1,2 dan jenis tanah adalah Aluvium dengan nilai n = 1,56 dan m = 0,89. Serta diperhitungkan dengan periode ulang kegempaan yaitu periode 100 tahun dengan nilai ac = 160 cm/det².

Stabilitas Bendung dikontrol Terhadap Geser dan Guling

a. Syarat tidak guling

$$\frac{\sum mv}{\sum mh} \geq fk \dots \dots \dots (10)$$

Dimana:

fk = faktor keamanan, 1.5

$\sum mv$ = jumlah momen vertikal

$\sum mh$ = jumlah momen horisontal

b. Syarat tidak geser

$$\frac{\sum v.f}{\sum h} \geq fk \dots \dots \dots (11)$$

Dimana:

fk = faktor keamanan, 1.5

$\sum v$ = jumlah momen vertikal

$\sum h$ = jumlah momen horisontal

F = koefisien geser, 0,75

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Setelah dilakukan survei pendahuluan, penentuan lokasi penelitian dapat ditetapkan jika lokasi tersebut telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Lokasi penelitian ini berada di D.I Batang Toru, Kabupaten Tapanuli Utara.



Sungai Aek Batang Toru dari Drone

Analisa Data

1. Melakukan kajian ke perpustakaan sesuai dengan judul Tugas Akhir dengan mengambil teori-teori dan ketentuan lainnya yang dapat dijadikan referensi dalam tugas akhir.
2. Mengevaluasi kestabilan mercu bendung tersebut dengan menggunakan data ada dan sesuai dengan data dilapangan dan ketentuan yang berhubungan dengan perencanaan bendung.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Stabilitas

Untuk konstruksi Bendung Sitakkurak harus dikontrol stabilitas tubuh bendungnya dengan analisa perhitungan yang dibuat pada table sebagai berikut :

Tabel 1. Gaya dan momen yang bekerja pada BendungKeadaan Normal

Gaya dan Momen Kondisi Normal				
Akibat	Gaya	Gaya	Mom	Mom

Gaya	Horizont al		Vertikal		en Tahan	en Guling
	(+)	(-)	(+)	(-)		
Berat sendiri	-	-	-	182,379	1478,68	-
Gempa	49,53338	-	-	-	-	295,7877
Lumpur	1,263	-	-	1,263	-	12,48
Hidrostatik	6,8235	-	-	-	-	70,041
Uplift	51,216	-	-	57,783	-	479,945
Dengan gempa	102,012	-	-	241,425	1478,68	858,253
Tanpa gempa	52,479	-	-	241,425	1478,68	562,466

Tabel 2. Gaya dan momen yang bekerja pada Bendung pada Keadaan Maksimum

Gaya dan Momen Kondiri Maksimum						
Akibat gaya	Gaya Horizontal		Gaya Vertikal		Momen Tahan	Momen Guling
	(+)	(-)	(+)	(-)		
Berat sendiri	-	-	-	182,379	1478,68	-
Gempa	49,53338	-	-	-	-	295,7877
Lumpur	1,263	-	-	1,263	-	12,48
Hidrostatik	16,014	-	-	-	-	167,503
Uplift	86,970	-	-	88,679	-	811,298
Dengan gempa	153,780	-	-	454,7	1478,68	1287,068
Tanpa gempa	104,247	-	-	454,7	1478,68	991,281

Hasil perhitungan daya dukung tanah pondasi dapat dilihat pada tabel 6 berikut:

Tabel 6. Perhitungan daya dukung tanah pondasi bendung

Tinjauan	Kombinasi Kasus			
	1-1	1-2	2-1	2-2
$\sum V$	454,7	454,7	241,425	241,425
B	22,02	22,02	22,02	22,02
e	10,58859688	9,938086651	8,440146008	7,21497463
(1+6e/B)	3,885176261	3,707925518	3,299767305	2,965933142
$P = \sum V/L$ (1+6e/L)	80,22659608	76,56647289	36,17830706	32,51818387
1/3 Qulti	124,5	124,5	124,5	124,5
1/3 Qulti > P	OK	OK	OK	OK

5. SIMPULAN DAN SARAN

Dari uraian Tugas Akhir diatas, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Kontrol stabilitas bendung terhadap guling :
 - Saat Kondisi Air Normal
 - Dengan Gempa : $sf_{guling} = 1,72 \geq 1,10$
 - Tanpa Gempa : $sf_{guling} = 2,62 \geq 1,50$
 - Saat Kondisi Air Maksimum
 - Dengan Gempa : $sf_{guling} = 1,14 \geq 1,10$
 - Tanpa Gempa : $sf_{guling} = 1,5 \geq 1,50$
- Kontrol stabilitas bendung terhadap geser :
 - Saat Kondisi Air Normal
 - Dengan Gempa : $sf_{geser} = 1,77 \geq 1,10$
 - Tanpa Gempa : $sf_{geser} = 3,45 \geq 1,50$
 - Saat Kondisi Air Maksimum
 - Dengan Gempa : $sf_{geser} = 2,217 \geq 1,10$

- Tanpa Gempa : $sf_{geser} = 3,27 \geq 1,50$
3. Kontrol Terhadap Daya Dukung Tanah Pondasi
- a. Saat Kondisi Air Normal
 - Dengan Gempa : $1/3 Qulti > P = 124,5 > 36,17830706$
 - Tanpa Gempa : $1/3 Qulti > P = 124,5 > 32,51818387$
 - b. Saat Kondisi Air Maksimum
 - Dengan Gempa : $1/3 Qulti > P = 124,5 > 80,22659608$
 - Tanpa Gempa : $1/3 Qulti > P = 124,5 > 76,56647289$

4. Dari kontrol perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa Bendung Batang Toru aman dari gaya geser dan gaya guling, dimana dapat disimpulkan bahwa tanah tempat berdirinya bendung dapat menopang struktur bendung tersebut.

Saran

- a) Penulis berharap dengan adanya tugas akhir ini semoga bisa menambah wawasan dan ilmu pengetahuan secara umum dan dapat membantu dalam pelaksanaan dan perencanaan pembangunan bendung tetap.
- b) Untuk masyarakat pemakai Bendung Batang Toru agar turut serta untuk menjaga dan memelihara agar Bendung tetap berfungsi dengan baik. Tujuan utamanya seperti rencana di awal yaitu meningkatkan kesejahteraan masyarakat dibidang pertanian.
- c) Kepada masyarakat juga dihimbau agar tidak menebang kayu secara liar di daerah tangkapan hujan (catchment area) Bendung Batang Toru, karena dapat menyebabkan bencana yang tidak diinginkan seperti terjadinya banjir.

6. DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum, Standar Perencanaan Irigasi (KP.01,02,04,06), Penerbit Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta, 1986

Departemen Pekerjaan Umum, Tata Cara Perencanaan Umum Bendung, SK.SNI.T-02-1990F, Penerbit Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta, 1990

Das, Braja M, Mekanika Tanah, Penerbit Erlangga Jakarta, 1991

Hardiyanto Chistady, Mekanika Tanah II, Penerbit Framedia Jakarta Pustaka Utama Jakarta, 1994

Kamiana, I Made, Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air, Penerbit Graha Imu, Edisi Pertama, 2011