

## **ANALISIS STABILITAS BENDUNG (Studi Kasus: Bendung Tamiang)**

**Afrian Firnanda<sup>1)</sup>, Manyuk Fauzi<sup>2)</sup>, Siswanto<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, <sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293  
E-mail: Afrianfirnandaata@gmail.com

### **ABSTRACT**

*The objective of This study is to analyze the stability of a weir. The weir that is used to analyze is Tamiang weir. This weir is located in Kotanopan Mandailing Natal District of North Sumatra Province. This weir is in Batang Gadis River flow and included in Batang Gadis river flow area. In this study case, the methodology that is used are, the first times is calculating the forces that work against the body of weir. The forces that form the weir body, hydrostatic pressure, mud pressure and seismic. After getting the data, then, these forces are accumulated in four components, they are the vertical forces, horizontal forces, torque resistant, and bolsters moments. From the vertical and horizontal forces will obtain the figure of safety factor for sliding, while the resistant moments and overturning moments will obtain the figure to safety factor for overturning. The input data on this study are the hydrology data, soil data, and weir drawing design. While the output of the safety factor against shear numbers and figures to bolster the safety factor. The results that obtain in this study are 2,35 for sliding safety factor and 3,33 for overturning. Those two results are higher than the stability that required with the minimum safety factor is equal to 1.5. In conclusion Tamiang weir is stable, secure against overturning and sliding.*

*Keywords: weir, sliding, overturning, safety factor, stability.*

### **PENDAHULUAN**

Air merupakan elemen yang sangat signifikan bagi kehidupan makhluk hidup, baik hewan, tumbuhan, maupun manusia. Salah satu manfaat air yaitu untuk mengairi lahan pertanian. Namun curah hujan yang berbeda-beda setiap bulannya mengakibatkan kebutuhan air bagi lahan pertanian tidak tercukupi. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan air bagi lahan pertanian diperlukanlah sebuah bangunan air yang mampu mengaliri lahan pertanian sepanjang tahunnya. Salah satu bangunan air yang bermanfaat bagi pertanian yaitu bendung.

Bendung adalah bangunan melintang sungai yang digunakan untuk meninggikan muka air sungai untuk keperluan irigasi, pemenuhan kebutuhan air baku dan lain-lain. Dalam pembangunannya, sering sekali ditemukan bendung-bendung yang rusak atau tidak stabil sehingga mempengaruhi hasil produksi para petani. Bendung yang dibangun harus memenuhi persyaratan stabilitas yang menjadi salah satu syarat penting guna menjamin umur bendung dan kemampuannya untuk menaikkan muka air yang mengalir menuju lahan pertanian. Sama halnya pada Bendung Tamiang yang terletak di Kecamatan

Kotanopan Kabupaten Mandailing Natal pada Sungai Batang Gadis juga harus dihitung stabilitasnya.

Bentuk geografis wilayah Kabupaten Mandailing Natal ini berbukit-bukit, dilalui pegunungan Bukit Barisan dari utara ke selatan. Selain itu terdapat pula Sungai Batang Gadis yang merupakan sungai terpanjang dari 6 sungai besar yang bermuara ke Samudera Hindia. Sungai Batang Gadis ini dimanfaatkan masyarakat sekitar untuk pengairan, pencarian batu kali, pasir, pendulangan emas, dan yang cukup unik, yaitu membuat "lubuk larangan". Lahan pertanian, terutama pertanian padi menjadi andalan daerah ini, selain itu juga ada perkebunan karet dan coklat yang cukup, khususnya di Kecamatan Kotanopan.

Melihat bendung ini terbuat dari batu bronjong dan dibangun secara swadaya oleh masyarakat serta bendung tersebut merupakan bendung yang sangat penting bagi wilayahnya, oleh karena itu sangat penting sekali untuk mengecek stabilitasnya.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimanakah Analisis stabilitas Bendung Tamiang yang terletak di Kecamatan Kotanopan Kabupaten Mandailing Natal pada Sungai Batang Gadis DAS Batang Gadis terhadap guling dan geser.

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan stabilitas Bendung Tamiang yang terletak di Kecamatan Kotanopan Kabupaten Mandailing Natal pada Sungai Batang Gadis DAS Batang Gadis terhadap guling dan geser.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai bahan referensi bagi pihak yang ingin melakukan penelitian

yang sama terkait stabilitas suatu bendung.

Dengan melihat permasalahan di atas dan agar pokok pembahasan tidak melebar dan menyimpang dari topik utamanya, maka dalam penyusunan tugas akhir ini, lingkup pembahasannya meliputi:

1. Stabilitas bendung yang dianalisa hanya terhadap guling dan geser saja
2. Gaya-gaya yang bekerja yang dianalisa pada bendung ini ialah gaya yang berasal dari dalam maupun dari luar, yaitu:
  - a. gaya tekan hidrostatik,
  - b. gaya akibat berat bendung,
  - c. gaya akibat tekan lumpur, dan
  - d. gaya gempa
3. Debit yang digunakan yaitu  $Q_{50}$
4. Stabilitas bendung ditinjau dalam keadaan kondisi air banjir, sedimen penuh, dan gempa
5. Stabilitas yang ditinjau yaitu pada bagian tubuh bendung saja.

Data yang diperoleh dari alat pencatat bisa jadi tidak panggah karena: alat pernah rusak, alat pernah pindah tempat, lokasi alat terganggu, atau terdapat data tidak sah. Uji konsistensi dapat dilakukan dengan lengkung massa ganda (double mass curve) untuk stasiun hujan  $\geq 3$  (tiga), dan untuk individual stasiun (stand alone station) dengan cara RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums), Sri Harto (2000). Bila yang didapat lebih kecil dari nilai kritik untuk tahun dan confidence level yang sesuai, maka data dinyatakan panggah.

Analisis frekuensi digunakan untuk menghitung curah hujan rencana. Hujan rencana merupakan hujan yang mempunyai karakteristik terpilih yang secara umum sama dengan karakteristik

hujan yang terjadi di masa lalu. Karakteristik hujan yang dimaksud meliputi : intensitas (i), durasi (t), tinggi (d), frekuensi dan luas daerah sebaran hujan.

Parameter statistik data curah hujan yang perlu diperkirakan untuk pemilihan distribusi yang sesuai dengan sebaran data adalah sebagai berikut (Suripin, 2003).

1. Rata-rata

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

2. Standar deviasi

$$Sd = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

3. Koefisien variansi

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{x}}$$

4. Koefisien skewness

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

5. Kurtosis

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

dengan :

$\bar{x}$  : rata-rata (mm)

$Sd$  : standar deviasi (mm)

$Cv$  : koefisien variansi

$Cs$  : asimetri (skewness)

$Ck$  : kurtosis

$n$  : jumlah data yang diAnalisis

$x_i$  : curah hujan (mm)

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi seperti terlihat pada Tabel 2.2

Tabel 1 Parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi

| Jenis Distribusi     | Persyaratan   |
|----------------------|---|
| Normal               | $Cs \approx 0,00$<br>$Ck \approx 3,00$                            |
| Log Normal           | $Cs = Cv^3 + 3Cv$<br>$Ck = Cv^8 + 6 Cv^6 + 15 Cv^4 + 16 Cv^2 + 3$ |
| Gumbel               | $Cs \approx 1,14$<br>$Ck \approx 5,40$                            |
| Log Pearson tipe III | Selain dari nilai diatas  |

Sumber : Triatmodjo, 2009

Bendung adalah bangunan melintang sungai yang berfungsi meninggikan muka air sungai agar bisa di sadap. Bendung merupakan salah satu dari bagian bangunan utama. Bangunan utama adalah bangunan air (*hydraulic structure*) yang terdiri dari bagian-bagian: Bendung (*weir structure*), bangunan pengelak (*diversion structure*), bangunan pengambilan (*intake structure*), bangunan pembilas (*flushing structure*), dan bangunan kantong lumpur (*sediment trapstructure*). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 03-2401-1991 tentang pedoman perencanaan hidrologi dan hidraulik untuk bangunan di sungai adalah bangunan ini dapat didesain dan dibangun sebagai bangunan tetap, bendung gerak, atau kombinasinya, dan harus dapat berfungsi untuk mengendalikan aliran dan angkutan muatan di sungai sedemikian sehingga dengan menaikkan muka airnya, air dapat dimanfaatkan secara efisien sesuai dengan kebutuhannya. Definisi bendung menurut analisis upah dan bahan BOW (*Burgerlijke Openbare Werken*), bendung adalah bangunan air (beserta kelengkapannya) yang dibangun melintang sungai untuk meninggikan taraf muka air sehingga dapat dialirkan

secara gravitasi ke tempat yang membutuhkannya.

Syarat bendung harus memenuhi beberapa faktor yaitu:

1. Bendung harus stabil dan mampu menahan tekanan air pada waktu banjir.
2. Pembuatan bendung harus memperhitungkan kekuatan daya dukung tanah di bawahnya.
3. Bendung harus dapat menahan bocoran (*seepage*) yang disebabkan oleh aliran air sungai dan aliran air yang meresap ke dalam tanah.
4. Tinggi ambang bendung harus dapat memenuhi tinggi muka air minimum yang diperlukan untuk seluruh daerah irigasi.

Bentuk peluap harus diperhitungkan, sehingga air yang membawa pasir, kerikil, dan batu-batu dari sebelah hulu tidak menimbulkan kerusakan pada tubuh bendung.

Stabilitas bendung merupakan perhitungan konstruksi untuk menentukan ukuran bendung agar mampu menahan muatan-muatan dan gaya-gaya yang bekerja padanya dalam segala keadaan, dalam hal ini termasuk terjadinya angin kencang dan gempa bumi hebat dan banjir besar. Syarat-syarat stabilitas konstruksi seperti lereng di sebelah hulu dan hilir bendung tidak mudah longsor, harus aman terhadap geseran, harus aman terhadap rembesan, dan harus aman terhadap penurunan bendung.

Syarat-syarat stabilitas bendung antara lain:

1. Pada konstruksi batu kali dengan selimut beton, tidak boleh terjadi tegangan tarik.
2. Momen tahan lebih besar dari pada momen guling.
3. Konstruksi tidak boleh menggeser.

4. Tegangan tanah yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan tanah yang diijinkan.

5. Setiap titik pada seluruh konstruksi harus tidak boleh terangkat oleh gaya ke atas (*balance* antara tekanan ke atas dan tekanan ke bawah).

Stabilitas bendung akan terancam dari bahaya-bahaya sebagai berikut:

1. Bahaya geser/gelincir (*sliding*)

Bendung dinyatakan stabil terhadap bahaya geser apabila hasil perbandingan antara jumlah gaya vertikal dikalikan sudut geser tanah dengan jumlah gaya-gaya horisontal harus lebih besar dari nilai keamanan yang ditentukan.

Bahaya geser/gelincir (*sliding*) ini ditinjau di:

- a. Sepanjang sendi horisontal atau hampir horisontal di atas pondasi.
- b. Sepanjang pondasi.
- c. Sepanjang kampuh horisontal atau hampir horisontal dalam pondasi.

2. Bahaya guling (*overturning*)

Bangunan akan aman terhadap guling, apabila semua gaya yang bekerja pada bagian bangunan di atas bidang horisontal, termasuk gaya angkat, harus memotong bidang guling dan tidak boleh ada tarikan pada bidang irisan manapun, tiap bagian bangunan diandaikan berdiri sendiri dan tidak mungkin ada distribusi gaya-gaya melalui momen lentur.

Bahaya guling (*overturning*) ini ditinjau di:

- a. Di dalam bendung.
- b. Pada dasar (*base*).
- c. Pada bidang di bawah dasar.

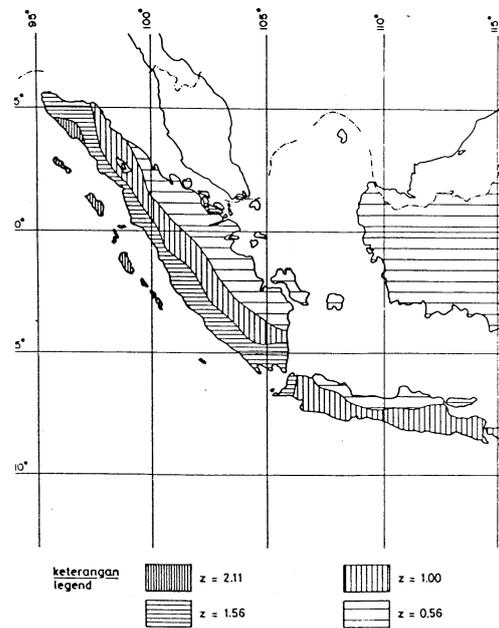
Menghitung stabilitas bendung harus ditinjau pada saat kondisi normal dan ekstrem seperti kondisi saat banjir. Bangunan akan stabil bila dilakukan,

kontrol terhadap gaya-gaya yang bekerja tidak menyebabkan bangunan bergeser, terangkat atau terguling. Ada beberapa gaya yang harus dihitung untuk mengetahui stabilitas bendung. Gaya-gaya yang bekerja pada bangunan yang penting pada perencanaan adalah:

1. Tekanan air atau gaya hidrostatis
2. Berat sendiri bangunan
3. Tekanan lumpur
4. Gaya tekanan *uplift*
5. Gaya gempa

Selanjutnya gaya-gaya yang bekerja pada bangunan itu dianalisis dan dikontrol stabilitasnya terhadap faktor-faktor keamanannya.

Indonesia termasuk dalam wilayah yang sangat rawan bencana gempa bumi seperti halnya Jepang dan California karena posisi geografisnya menempati zona tektonik yang sangat aktif. Hal ini dikarenakan tiga lempeng besar dunia dan sembilan lempeng kecil lainnya saling bertemu di wilayah Indonesia serta membentuk jalur-jalur pertemuan lempeng yang kompleks. Keberadaan interaksi antar lempeng-lempeng ini menempatkan wilayah Indonesia sebagai wilayah yang sangat rawan terhadap gempa bumi. Tingginya aktivitas kegempaan ini terlihat dari hasil rekaman dan catatan sejarah dalam rentang waktu 1900-2009 terdapat lebih dari 50.000 kejadian gempa dengan magnituda  $M \geq 5.0$  dan setelah dihilangkan gempa ikutannya terdapat lebih dari 14.000 gempa utama (*main shocks*)



Gambar 3.12 Daerah-daerah gempa di Indonesia (Barat)

Gambar 1 Peta Hazard Zonasi Gempa

## METODOLOGI PENELITIAN

Dalam suatu penelitian, langkah pengumpulan data adalah satu tahap yang sangat menentukan terhadap proses dan hasil penelitian yang akan dilaksanakan tersebut. Kesalahan dalam melaksanakan pengumpulan data dalam satu penelitian, akan berakibat langsung terhadap proses dan hasil suatu penelitian.

Adapun data-data yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu:

1. Untuk Perhitungan Tekanan Air  
Data yang dibutuhkan berupa debit banjir, proporsi dimana tekanan hidrostatis bekerja, berat jenis air, kedalaman air hilir, proporsi tekanan, kedalaman air hulu, dan luas dasar.
2. Untuk Perhitungan Berat Sendiri Bangunan  
Data yang dibutuhkan berupa bahan yang akan digunakan untuk membuat tubuh bendung. Dari bahan inilah nantinya akan diketahui berat jenis struktur bendung tersebut.

3. Untuk Perhitungan Tekanan Lumpur  
Data yang dibutuhkan berupa berat jenis lumpur, dalamnya lumpur, berat volume butir, sudut gesekan, dan berat volume kering tanah.

4. Untuk Perhitungan Gaya Gempa  
Data yang dibutuhkan berupa peta gempa, koefisien gempa, berat bendung, percepatan gempa, koefisien untuk jenis tanah, percepatan kejut dasar, koefisien gravitasi, dan koefisien zona.

Adapun objek pada penelitian ini yaitu Bendung Tamiang. Bendung Tamiang ini terletak di Kecamatan Kotanopan Kabupaten Mandailing Natal Provinsi Sumatera Utara. Bendung ini berada pada aliran Sungai Batang Gadis dan DAS Batang Gadis.

Sungai Batang Gadis adalah Sungai terpanjang di Kabupaten Mandailing Natal, dari Hulu Pakantan Muara Sipongi melewati Kotanopan, Panyabungan, Siabu, dan bermuara di Muara Batang Gadis, Mandailing Natal yang juga merupakan bagian dari Taman Nasional Batang Gadis. Sungai Batang Gadis berkontribusi banyak bagi perekonomian masyarakat Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai Irigasi, pembangkit listrik, pemeliharaan ikan, kebutuhan sehari-hari, dan sebagainya. Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Gadis adalah 369.963,95 Ha dan memiliki panjang 137,5 km.



Gambar 2 Peta Kabupaten Mandailing Natal

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. *Laptop*
2. Buku-buku literature

Data hujan yang ada diuji konsistensi/kepenggahan terlebih dahulu sebelum digunakan. Sebab bisa jadi data yang didapatkan tidak valid. Jika setelah diuji ternyata data yang didapat ternyata pangkah, maka barulah data hujan tersebut boleh dianalisis frekuensi sesuai dengan jenis distribusi yang nantinya lebih cocok digunakan.

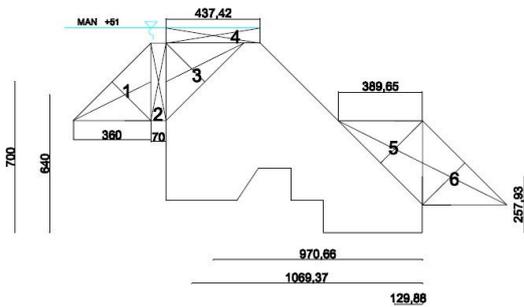
Adapun gaya-gaya yang bekerja pada tubuh bendung ini yaitu:

1. Tekanan air atau gaya hidrostatik

Gaya hidrostatik disebabkan oleh gaya tekan air yang menggenangi tubuh bendung sehingga menimbulkan gaya tekan air dari arah horizontal dan dari arah vertikal ke bawah.

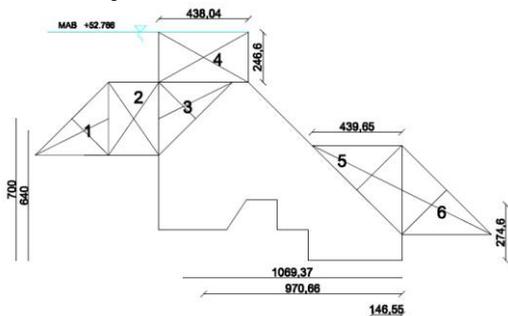
Gaya ini dibagi dalam 2 kondisi muka air, yaitu:

- a. Gaya hidrostatik pada kondisi air normal



Gambar 3 Gaya Hidrostatik pada Kondisi Air Normal

b. Gaya hidrostatik pada kondisi air banjir

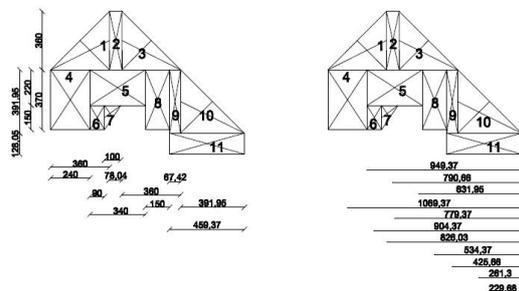


Gambar 4 Gaya Hidrostatik pada Kondisi Air Banjir

2. Berat sendiri bangunan

Gaya berat ini dihitung dengan arah vertikal kebawah yang garis kerjanya melewati titik berat konstruksi.

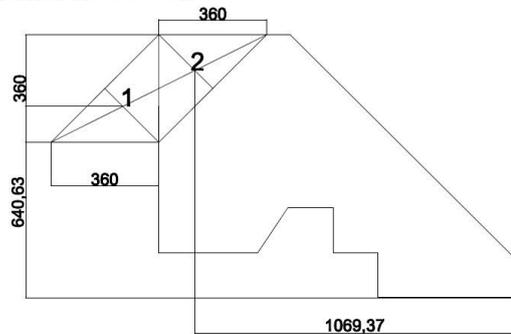
Agar memudahkan perhitungan maka tubuh bendung dibagi menjadi beberapa bagian.



Gambar 5 Gaya Berat Sendiri Tubuh Bendung

3. Tekanan lumpur

Endapan lumpur yang dibawa aliran air yang kemudian mengendap di muka bendung menimbulkan tekanan lumpur dari arah horizontal dan dari arah vertikal ke bawah.



Gambar 6 Tekanan Lumpur pada Tubuh Bendung

4. Gaya gempa

Gaya gempa ini dihitung dengan arah horizontal yang garis kerjanya melewati titik berat konstruksi. Agar memudahkan perhitungan maka tubuh bendung dibagi menjadi beberapa bagian. Gaya gempa pada Bendung Tamiang ini berada di wilayah gempa zona 2, maka diperoleh nilai  $z = 1,56$ . Jenis tanah yang ada pada daerah ini adalah alluvium, maka didapatkan koefisien jenis tanah  $n = 1,56$  dan  $m = 0,89$ . Dengan periode ulang 50 tahun maka didapatkan percepatan dasar gempa ( $a_c$ ) =  $113 \text{ cm/det}^2$ .

Kontrol stabilitas adalah syarat yang harus dipenuhi agar kondisi bendung stabil dan aman. Kontrol yang dilakukan adalah dengan cara membandingkan dengan faktor keamanan. Kontrol yang dilakukan adalah jontrol terhadap geser/gelincir (*Sliding*), dan kontrol terhadap guling (*Overtuning*).

1. Perhitungan Stabilitas Bendung terhadap Geser/Gelincir (*Sliding*)

Suatu konstruksi bendung tidak boleh bergeser akibat gaya-gaya yang bekerja, maka jumlah gaya vertikal harus lebih besar dibandingkan dengan jumlah gaya horizontal

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

- Keadaan normal :  $Sf = \Sigma V / \Sigma H \geq 1,5$
- Keadaan gempa :  $Sf = \Sigma V / \Sigma H \geq 1,3$

Di mana :

$Sf$  = faktor keamanan

$\Sigma Rv$  = besarnya total gaya vertikal (KN)

$\Sigma Rh$  = besarnya total gaya horisontal (KN)

## 2. Perhitungan Stabilitas Bendung terhadap Guling (*Overtuning*)

Suatu konstruksi tidak boleh terguling akibat dari gaya-gaya yang bekerja, maka momen tahanan ( $M_t$ ) harus lebih besar dari momen guling ( $M_g$ ).

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

- Keadaan normal :  $Sf = M_T / M_G \geq 1,5$
- Keadaan gempa :  $Sf = M_T / M_G \geq 1,3$

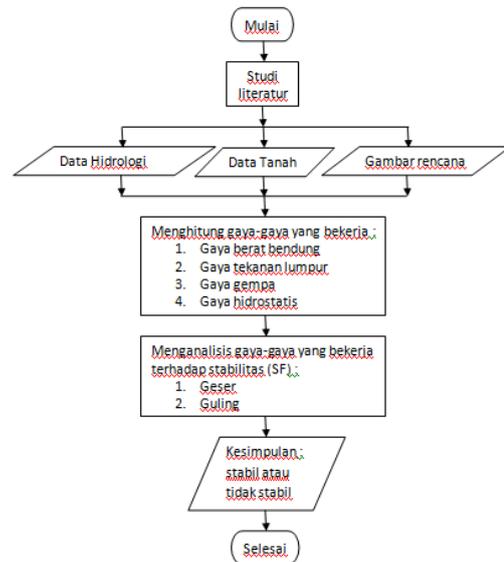
Dimana:

$Sf$  = faktor keamanan

$\Sigma M_t$  = besarnya momen vertikal / momen tahanan (kN.m)

$\Sigma M_g$  = besarnya momen horisontal / momen guling (kN.m)

Adapun diagram alir dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:



Gambar 7 Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Kririk Q dan R stasiun Jae:

|               |            |                              |
|---------------|------------|------------------------------|
| maks = 3.0883 | Q = 3.0883 | Q/(n <sup>0.5</sup> ) = 0.98 |
| min = 0.0000  | R = 3.0883 | R/(n <sup>0.5</sup> ) = 0.98 |

Nilai Kririk Q dan R stasiun Arse

|               |            |                              |
|---------------|------------|------------------------------|
| maks = 1.2603 | Q = 1.2603 | Q/(n <sup>0.5</sup> ) = 0.40 |
| min = 0.0000  | R = 1.2603 | R/(n <sup>0.5</sup> ) = 0.40 |

Nilai Kririk Q dan R stasiun Hutaraja

|               |            |                              |
|---------------|------------|------------------------------|
| maks = 2.0172 | Q = 2.0172 | Q/(n <sup>0.5</sup> ) = 0.64 |
| min = 0.0000  | R = 2.0172 | R/(n <sup>0.5</sup> ) = 0.64 |

- Pada stasiun Jae nilai Q = 0,98 lebih kecil dari 1,29 dan nilai R = 0,98 lebih kecil dari 1,38
- Pada stasiun Arse nilai Q = 0,4 lebih kecil dari 1,29 dan nilai R = 0,4 lebih kecil dari 1,38
- Pada stasiun Hutaraja nilai Q = 0,64 lebih kecil dari 1,29 dan nilai R = 0,64 lebih kecil dari 1,38

Berdasarkan perhitungan nilai Q dan R dari ketiga stasiun hujan di atas maka data hujan di atas sudah pangkah dan bisa untuk digunakan.

Dari perhitungan distribusi log person tipe III di atas maka didapatkanlah

$$\bar{y} = 3,9764$$

$$S_y = 0,1038$$

$$C_{sy} = 0.0261,$$

dengan melakukan interpolasi didapatkan nilai k50 sebesar 2,0678

$$y_{50} = \bar{y} + k_{50} \times S_y$$

$$= 3,9764 + 2,0678 \times 0,0108$$

$$= 4,1910$$

$$Q_{50} = \text{arc ln } y_{50}$$

$$= \text{arc ln } 4,1910$$

$$= 66,0920 \text{ mm}$$

Berdasarkan data-data di atas maka perhitungan debit banjir rencana yaitu sebagai berikut

- Kondisi daerah pengaliran dan sungai merupakan “persawahan yang dialiri”, maka berdasarkan Tabel 4.4 di atas nilai  $\alpha$  yaitu 0,70 – 0,80 dan diambil 0,75.

$$V = 72 \times \left(\frac{H}{L}\right)^{0,6}$$

$$V = 72 \times (0,0733)^{0,6}$$

$$V = 15,0047 \frac{\text{km}}{\text{jam}}$$

$$t = 0,9 \times \frac{L}{V}$$

$$t = 0,9 \times \frac{1,6928}{15,0047}$$

$$t = 0,1015 \text{ jam}$$

$$r = \frac{Rt}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3}$$

$$r = \frac{Rt}{24} \times \left(\frac{24}{0,1015}\right)^{2/3}$$

$$r = 1,5929 Rt$$

$$Q = \frac{\alpha \times r \times f}{3,6}$$

$$Q = \frac{0,75 \times 1,5929 Rt \times 0,6602}{3,6}$$

$$Q = 0,2191 RT$$

- $RT = 66,0920 \text{ mm}$
- $Q = 0,2191 \times 66,0920$
- $Q = 14,4796 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dari hasil analisa debit banjir rencana untuk perencanaan ulang Bendung Tamiang ini diambil nilai Q dengan periode ulang 50 tahun dengan metode

Rational (dr. Mononobe) yaitu 14,4796 m<sup>3</sup>/dt.

Dari data diperoleh lebar bendung yang akan direncanakan adalah sebesar lebar rata-rata alur Sungai Batang Gadis yaitu 33,9353 m dan tinggi muka air normal di atas mercu bendung yaitu 0,1 m. dan setelah dicoba-coba untuk nilai tinggi muka air banjir di atas mercu yaitu  $h = 0,354$  dengan menghasilkan debit yang paling mendekati Q50, yaitu 14,449 m<sup>3</sup>/dt mendekati 14,4796 m<sup>3</sup>/dt.

Tabel 2 Perhitungan Gaya Berat Bendung

| Tabel Hasil Perhitungan Gaya Berat Bendung |                         |              |               |               |                          |                |            |               |
|--|-------------------------|--------------|---------------|---------------|--------------------------|----------------|------------|---------------|
| Element                                    | Y (Ton/m <sup>3</sup> ) | Lebar, B (m) | Tinggi, H (m) | Faktor Bentuk | Volume (m <sup>3</sup> ) | Berat, G (Ton) | Lengan (m) | Momen (Ton.m) |
| G1   | 2.4                     | 0.75         | 1.2           | 1             | 0.9000                   | 2.1600         | 3.63       | 7.8408        |
| G2   | 2.4                     | 0.3          | 0.26          | 0.5           | 0.0390                   | 0.0936         | 3.05       | 0.2855        |
| G3   | 2.4                     | 0.3          | 2.54          | 1             | 0.7620                   | 1.8288         | 3.1        | 5.6693        |
| G4   | 2.4                     | 0.1          | 0.3           | 1             | 0.0300                   | 0.0720         | 3.2        | 0.2304        |
| G5   | 2.4                     | 0.33         | 2.8           | 1             | 0.9240                   | 2.2176         | 2.79       | 6.1871        |
| G6   | 2.4                     | 2.27         | 1.9           | 0.5           | 2.1565                   | 5.1756         | 1.86       | 9.6266        |
| G7   | 2.4                     | 2.62         | 0.9           | 1             | 2.3580                   | 5.6592         | 1.31       | 7.4136        |
| G8   | 2.4                     | 0.8          | 0.3           | 1             | 0.2400                   | 0.5760         | 0.4        | 0.2304        |
| Jumlah                                     |                         |              |               |               |                          | 17.7828        |            | 37.4836       |

Tabel 3 Perhitungan Gaya Berat pada Tekanan Lumpur

| Element | ys (Ton/m <sup>3</sup> ) | lebar, B (m) | Tinggi, H (m) | Faktor Bentuk | Berat (Ton) |
|---------|--------------------------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| WSh1    | 0.62                     | 1.9          | 1.9           | 0.5           | 0.5091      |
| WSv1    |                          | 0.3          | 0.26          |               | 0.0242      |
| WSv2    |                          | 0.75         | 0.75          |               | 0.1744      |

Tabel 4 Perhitungan Momen pada Tekanan Lumpur

| Bagian | Gaya   |        | Lengan Momen | Momen (T.m) |        |
|--------|--------|--------|--------------|-------------|--------|
|        | H      | V      |              | Tahan       | Guling |
| WSh1   | 0.5091 |        | 1.83         |             | 0.9317 |
| WSv1   |        | 0.0242 | 3.15         | 0.0762      |        |
| WSv2   |        | 0.1744 | 3.5          | 0.6103      |        |

$$Ad = n \times (Z \times ac)^m$$

$$= 1,56 \times (1,56 \times 1,13)^{0,89}$$

$$= 2,5837$$

$$F = ad / g$$

$$= 2,5837 / 9,81$$

$$= 0,2634$$

Tabel 5 Perhitungan Gaya Gempa

| Tabel Hasil Perhitungan Gaya Gempa Bendung |                            |                 |                  |                  |                              |                   |               |                     |               |                  |
|--|----------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------------------|-------------------|---------------|---------------------|---------------|------------------|
| Element                                    | Y<br>(Ton/m <sup>3</sup> ) | Lebar, B<br>(m) | Tinggi, H<br>(m) | Faktor<br>Bentuk | Volumen<br>(m <sup>3</sup> ) | Berat, G<br>(Ton) | Koef<br>Gempa | Gaya Gempa<br>(Ton) | Lengan<br>(m) | Momen<br>(Ton.m) |
| G1   | 2.4                        | 0.75            | 1.2              | 1                | 0.9000                       | 2.1600            | 0.2634        | 0.5689              | 0.6           | 0.3413           |
| G2   | 2.4                        | 0.3             | 0.26             | 0.5              | 0.0390                       | 0.0936            | 0.2634        | 0.0247              | 2.93          | 0.0722           |
| G3   | 2.4                        | 0.3             | 2.54             | 1                | 0.7620                       | 1.8288            | 0.2634        | 0.4817              | 1.57          | 0.7562           |
| G4   | 2.4                        | 0.1             | 0.3              | 1                | 0.0300                       | 0.0720            | 0.2634        | 0.0190              | 0.15          | 0.0028           |
| G5   | 2.4                        | 0.33            | 2.8              | 1                | 0.9240                       | 2.2176            | 0.2634        | 0.5841              | 1.7           | 0.9929           |
| G6   | 2.4                        | 2.27            | 1.9              | 0.5              | 2.1565                       | 5.1756            | 0.2634        | 1.3631              | 1.83          | 2.4945           |
| G7   | 2.4                        | 2.62            | 0.9              | 1                | 2.3580                       | 5.6592            | 0.2634        | 1.4905              | 0.75          | 1.1179           |
| G8   | 2.4                        | 0.8             | 0.3              | 1                | 0.2400                       | 0.5760            | 0.2634        | 0.1517              | 0.15          | 0.0228           |
| Jumlah                                     |                            |                 |                  |                  |                              | 17.7828           |               |                     |               | 5.8007           |

Tabel 6 Perhitungan Gaya Hidrostatik

| Gaya | B    | H    | Faktor<br>Bentuk | Y<br>Air | W      | Lengan<br>Momen | Momen<br>Guling | Momen<br>Tahan | Arah |
|------|------|------|------------------|----------|--------|-----------------|-----------------|----------------|------|
| W1   | 1.9  | 1.9  | 0.5              | 1        | 1.8050 | 1.83            | 3.3032          |                | →    |
| W2   | 0.75 | 1.9  | 0.5              | 1        | 0.7125 | 2.15            | 1.5319          |                | →    |
| W3   | 0.3  | 0.26 | 0.5              | 1        |        | 0.0390          | 3.15            |                | ↓    |
| W4   | 0.63 | 0.35 | 1                | 1        |        | 0.2205          | 2.94            | 0.6483         | ↓    |

Tabel 7 Total Gaya-Gaya yang Bekerja

| Gaya          | kondisi MAB |            |                |                 | Kondisi MAN |            |                |                 |
|---------------|-------------|------------|----------------|-----------------|-------------|------------|----------------|-----------------|
|               | Vertikal    | Horizontal | Momen<br>Tahan | Momen<br>Guling | Vertikal    | Horizontal | Momen<br>Tahan | Momen<br>Guling |
| Berat Sendiri | 17.7828     |            | 37.4836        | 5.8007          | 17.7828     |            | 37.4836        | 5.8007          |
| Gempa         |             | 4.6836     |                | 5.8007          |             | 4.6836     |                | 5.8007          |
| Tek Lumpur    | 0.1986      | 0.5091     | 0.6865         | 0.9317          | 0.1986      | 0.5091     | 0.6865         | 0.9317          |
| Hidrostatik   | 0.2595      | 2.5175     | 0.7711         | 4.8350          | 0.1020      | 2.5175     | 0.3081         | 4.8350          |
| Jumlah        | 18.2409     | 7.7102     | 38.9412        | 11.5674         | 18.0834     | 7.7102     | 38.4782        | 11.5674         |

Suatu konstruksi bendung tidak boleh bergeser akibat gaya-gaya yang bekerja, maka jumlah gaya vertikal harus lebih besar dibandingkan dengan jumlah gaya horizontal.

1. Pada kondisi Muka Air Normal

$$\Sigma V = 18,2409 \text{ Ton}$$

$$\Sigma H = 7,7102 \text{ Ton}$$

$$FK = \Sigma V / \Sigma H \geq 1,5$$

$$FK = 18,2409 / 7,7102 \geq 1,5$$

$$FK = 2,37 \geq 1,5 \rightarrow \text{OK}$$

2. Pada kondisi Muka Air Banjir

$$\Sigma V = 18,0834 \text{ Ton}$$

$$\Sigma H = 7,7102 \text{ Ton}$$

$$FK = \Sigma V / \Sigma H \geq 1,5$$

$$FK = 18,0834 / 7,7102 \geq 1,5$$

$$FK = 2,35 \geq 1,5 \rightarrow \text{OK}$$

Suatu konstruksi tidak boleh terguling akibat dari gaya – gaya yang bekerja, maka momen tahanan (Mt) harus lebih besar dari momen guling (Mg).

1. Pada kondisi Muka Air Normal

$$\Sigma Mt = 38,9412 \text{ Ton.m}$$

$$\Sigma Mg = 11,5674 \text{ Ton.m}$$

$$FK = \Sigma Mt / \Sigma Mg \geq 1,5$$

$$FK = 38,9412 / 11,5674 \geq 1,5$$

$$FK = 3,37 \geq 1,5 \rightarrow \text{OK}$$

2. Pada kondisi Muka Air Banjir

$$\Sigma Mt = 38,4782 \text{ Ton.m}$$

$$\Sigma Mg = 11,5674 \text{ Ton.m}$$

$$FK = \Sigma Mt / \Sigma Mg \geq 1,5$$

$$FK = 38,4782 / 11,5674 \geq 1,5$$

$$FK = 3,33 \geq 1,5 \rightarrow \text{OK}$$

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan hasil penelitian yang berjudul Analisis Stabilitas Bendung (Studi Kasus Bendung Tamiang), maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor Safety terhadap geser pada Bendung Tamiang ini ialah sebesar FS = 2,35. Dimana nilai ini lebih besar dari FS minimum yang disyaratkan yaitu sebesar 1,5
2. Faktor Safety terhadap guling pada Bendung Tamiang ini ialah sebesar FS = 3,33. Dimana nilai ini lebih besar dari FS minimum yang disyaratkan yaitu sebesar 1,5
3. Dilihat dari nilai Faktor Safety terhadap geser dan guling, maka Bendung Tamiang ini dapat dikatakan stabil

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pada pengerjaan penelitian ini adalah diperlukan penelitian yang berkelanjutan dalam hal kestabilan bendung yang ditinjau dari segi eksentrisitas, daya dukung tanah, rembesan, dan lain-lain yang dianggap perlu.

## DAFTAR PUSTAKA

**Anonim.** *Laporan Tugas besar Bangunan Irigasi*, Universitas Brawijaya, Malang.

**Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum.** 1986, *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria*

*Perencanaan (KP-02), Galang Persada, Bandung.*

**Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum.** 1986, *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan (KP-04), Galang Persada, Bandung.*

**Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum.** 1986, *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan (KP-06), Galang Persada, Bandung.*

**Harto, Sri Br.** 2000. *Hidrologi.*

**Triadmojo, Bambang.** 2008. *Hidrologi Terapan, Beta Offset, Jakarta.*

**Virgianto, Afif Pudji, dkk.** 2014. *Perencanaan Bendung Tetap.*