

## Perencanaan Peredam Energi Tipe *Submerged Bucket* Beserta Analisa Stabilitas Bendung Sumberbulu Terhadap Beban Gempa Dengan Software Geostudio

Planning of Submerged Bucket Type Energy Absorbers Along with Stability Analysis of Sumberbulu Weir Against Earthquake Loads Using Geostudio Software

Wahyu Gusti Dwi Guniawan<sup>1</sup>, Totok Dwi K.<sup>2</sup>, Nanang Saiful Rizal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
email: [Wahyugustix@gmail.com](mailto:Wahyugustix@gmail.com)

<sup>2</sup>Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
email: [Totok@unmuhjember.ac.id](mailto:Totok@unmuhjember.ac.id)

<sup>3</sup>Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
email: [nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id](mailto:nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id)

### Abstrak

Bendung merupakan Bangunan air dengan kelengkapannya dibangun melintang di sungai dan sengaja dibuat untuk meninggikan Muka air dan menampung air dengan ambang tetap sehingga air sungai yang dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke jaringan irigasi. Penelitian ini akan membahas mengenai desain kriteria bendung yang sesuai berdasarkan aspek fungsi struktural bangunannya dengan mempertimbangkan Potensi bahaya gempa (*Seismic Hazard*), Stabilitas Bendung dan Debit Banjir rencana pada Bendung Sumberbulu yang terletak di Kecamatan songgon Kabupaten Banyuwangi. Penelitian ini menggunakan *Software* Geostudio untuk mengetahui faktor keamanan terhadap beban Gempa Serta analisis Stabilitas bendung yang ditinjau, dengan acuan SNI 8064:2016 dan Pd-T 14-2004-A sebagai acuan. Hasil dari analisis menunjukkan bahwa Bendung Sumberbulu dikategorikan dalam klasifikasi kelas resiko III (Tinggi) dengan nilai tingkat resiko sebesar 22 point. Hasil analisa Stabilitas bendung menggunakan metode statis dan dinamis menunjukkan bahwa Bendung Sumberbulu memenuhi kriteria keamanan. Didapatkan debit banjir rencana kala ulang 10 tahun Sebesar 61,13m/dt<sup>2</sup> mengingat Kondisi Eksisting Bendung tidak memiliki Peredam Energi Serta air yang melewati Bendung membawa material seperti batuan besar dengan dasar yang relatif tahan gerusan dengan itu desain/tipe peredam energi cocok yaitu menggunakan kolam olak tipe bak tenggelam (*Submerged Bucket*) yang bisa membawa bongkahan atau batuan besar

**Kata Kunci:** Analisa Stabilitas, Bendung Sumberbulu, Geostudio, Peredam Energi

### Abstract

*A weir is a water structure with its fittings built across the river and deliberately made to raise the water level and collect water with a fixed threshold so that river water can be tapped and flowed by gravity to irrigation networks. This study will discuss the appropriate design criteria for weirs based on aspects of the structural function of the building by considering the potential for earthquake hazard (Seismic Hazard), Weir Stability and Planned Flood Discharge at the Sumberbulu Weir which is located in Songgon District, Banyuwangi Regency. This study uses Geostudio Software to determine factors safety against earthquake loads as well as an analysis of the stability of the weir reviewed, with reference to SNI 8064: 2016 and Pd-T 14-2004-A as a reference. The results of the analysis show that the Sumberbulu weir is categorized in the classification of risk class III (High) with a risk level value of 22 points. The stability analysis. The 10-year return period planned flood discharge is 61.13m/s<sup>2</sup> considering that the existing condition of the weir does not have an energy damper and water that passes through the weir carries materials such as large rock with a relatively scour-resistant base with a suitable design/type of energy damper, namely using a submerged bucket which can carry large chunks or rock*

**Keywords:** Stability Analysis, Sumberbulu Dam, Geostudio. Energy Dampers

## 1. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Dalam bidang keairan ini, banyak berbagai macam bangunan air seperti bendung, bendungan, bangunan terjun, talang dan shypon. Bendung menurut Direktorat SDA Kementerian PUPR merupakan struktur berkepal rendah (*Lowhead dam*) berfungsi sebagai pengukur kecepatan aliran/sungai dalam irigasi.

Bangunan ini dapat didefinisikan sebagai bangunan yang direncanakan sebagai bangunan irigasi struktur sehingga bendung didesain bertahan dalam jangka waktu yang lama dalam kondisi apapun dengan dipengaruhi oleh debit aliran dan volume air sungai yang extreme maupun faktor-faktor external pada Bendung yang tidak diperkirakan dapat merusak struktur bangunannya.

Desa Sumberbulu Secara Geografis merupakan daerah pegunungan yang rentan akan bencana alam contohnya Gempa dan Banjir yang dilintasi oleh material-material batu-batuan besar yang nantinya sangat mempengaruhi kondisi pertanian dan ekonomi masyarakat. Perencanaan bendung Sumberbulu dinilai kurang megitu mempertimbangkan aspek intensitas debit aliran banjir extrim serta kondisi alam lainya yang mempengaruhi struktur bendung. Bermula dari halitu penelitian ini akan membahas mengenai Analisa desain kriteria pada bagian bendung dengan anilisa statis dan dinamis

### B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bagaimana mengetahui Debit banjir Rencana Pada Bendung Sumberbulu ?
2. Bagaimana Faktor Keamanan stabilitas bendung pada kondisi tanpa Beban gempa dan Stabilitas Dinamik pada kondisi beban Gempa OBE (Operational basis earthquake) baik pada bagian Hulu dan Hilir dengan beberapa Variasi muka air bendung ?
3. Bagaimana tipe Desain Peredam energi yang cocok sesuai dengan Kondisi Gempa pada Bendung Sumberbulu ?

### C. Batasan Masalah

Penelitian ini membatasi masalah yang akan dibahas dalam penelitian sebagai berikut :

1. Analisa Perhitungan manual stabilitas bendung
2. Tidak melibatkan RAB
3. Tidak merencanakan Detail Bendung

### D. Tujuan

Adapun tujuan dalam studi pengaruh lendutan dengan beton ringan yang tetap terjaga optimasi beratnya, adalah:

1. Mengetahui Debit banjir rencana pada Bendung Sumberbulu
2. Memperoleh angka Faktor Keamanan Stabilitas lereng bendung pada kondisi tanpa beban gempa dan stabilitas Dinamik pada kondisi OBE (*Operational basis Earthquake*) dan MDE (Maximum Desain Earthquake) baik pada bagian hulu dan hilir dengan beberapa variasi muka air bendung
3. Mengetahui Kriteria desain tipe kolam olak bendung yang diharapkan dengan kondisi existing yang semula tidak memiliki kolam olak dan dari hasil beberapa Analisa baik secara teoritis dan visual di dapatkan tipe peredam energi bak tenggelam (*Submerged Bucket*).

### E. Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diharapkan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Studi ini Merupakan kesempatan Bagi penulis untuk mengembangkan teoti tentang bangunan air, khususnya pada mendesain kolam olakan untuk mencegah kerusakan yang disebabkan oleh kondisi faktor bencana alam seperi banjir dan gempa.
2. Penelitian ini diharapkan menjadi refrensi Pemahaman Tentang Aplikasi HEC HMS ,Hydrognomon dan Gestudio Sebagai Penerapan Ilmu perkuliahan.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan terhadap instansi terkait refrensi perencanaan peredam energi pada bendung sumberbulu

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Analisa Hidrologi

Hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana maupun keadaan real ataupun nyata dilapangan pada suatu perencanaan bangunan air. Data untuk penentuan Debit banjir ini terdapat dua cara yaitu dengan cara analisis curah hujan rencana untuk mendapatkan debit air debit air dengan cara menggunakan Software *HEC-HMS*.

### B. Analisa Curah Hujan Rencana

Analisa curah hujan rencana didalamnya menghitung curah hujan yang terjadi dalam kala ulang suatu periode tertentu yang terjadi pada suatu daerah dan Analisa ini sangat diperlukan dalam menentukan besarnya debit banjir rencana guna merencanakan suatu bangunan air.

### C. Uji Konsistensi Data

Sebelum menentukan analisis hujan yang telah ditetapkan lokasinya Adapun Langkah yang harus diambil yaitu dilakukanya uji konsistensi data. Data hujan yang tidak konsisten akan diakibatkan oleh berubahnya atau terganggunya lingkungan disekitar.

### D. Analisis Hujan

Data hujan yang diperoleh dari alat penangkaran merupakan yang terjadi hanya pada suatu titik atau satu tempat saja/*Point rainfall*. Ada 3 macam cara untuk menghitung hujan rata-rata Kawasan yaitu:

- Metode rata-rata aljabar

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

- Metode Polygon Thiessen

$$P = \frac{P_1.A_1 + P_2.A_2 + P_3.A_3 + \dots + P_n.A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

- Metode isohyet

$$P = \frac{A_1 \left( \frac{P_1 + P_2}{2} \right) + A_2 \left( \frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left( \frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}}$$

### E. Curah Hujan Maximum

Dari hasil rata-rata yang diperoleh (sesuai dengan jumlah pos hujan) dipilih yang tertinggi setiap tahun, merupakan hujan maksimum harian DAS untuk tahun yang bersangkutan. (Suripin, 2004 : 59).

### F. Analisa Frekuensi

Dalam analisis frekuensi, hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan Panjang data. Makin pendek data yang tersedia maka makin besar penyimpangan yang terjadi. Dalam ilmu Statistik dikenal beberapa macam Distribusi frekuensi dan ada empat jenis distribusi yang umum digunakan dalam bidang hidrologi (Suripin, 2004 : 59).

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log Normal
3. Distribusi Log person III
4. Distribusi Gumbel

### G. Uji Kecocokan Distribusi

Pemeriksaan uji kesesuaian ini dimaksudkan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa distribusi frekuensi dengan pemeriksaan uji ini akan diketahui kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi secara teoritis diterima atau ditolak. Ada dua uji yang bisa dilakukan yaitu uji Smirnov Kolmogorof dan uji Chi square.

### H. Memperkirakan laju aliran Puncak

Ada beberapa metode yang sering digunakan untuk memperkirakan laju aliran puncak (Debit banjir). Metode yang dipakai pada suatu lokasi bisa berbeda tergantung dari ketersediaan data berdasarkan kondisi teknis (*Engineering judgement*). Secara umum metode umum yang dipakai adalah metode Rasional dan metode hidrograf bajir. Dari penelitian ini untuk pengaplikasian hidrograf Banjir menggunakan bantuan Software *HEC-HMS*.

### I. Analisa Hidrolika

Analisis Hidrolika bisa disebut juga analisa hidrolis dan dalam perencanaan suatu bendung diharuskan adanya analisa hidrolis Perencanaan hidrolis meliputi bagian pokok bangunan utama akan dijelaskan dalam pasal-pasal berikut ini.

### J. Kemiringan Dasar Sungai

Untuk menentukan kemiringan Dasar sungai rata-rata disekitar lokasi bendung diperlukan gambar situasi dengan skala tertentu. Kemiringan sungai berpedoman pada elevasi dan jarak yang terdapat pada potongan memanjang sungai dengan rumus perhitungan (Soenarno, 1972).

$$i = \frac{\Delta H/L}{n-1}$$

### K. Ruang olakan

Ruang olakan adalah kolam air yang terletak disebelah hilir bendung yang berfungsi sebagai peredam energi atau mengurangi kecepatan aliran diharapkan air yang mengalir meninggalkan ruang olakan dengan kondisi tenang Kembali Ketika masuk ke sungai bagian hilir mercu Tipe peredam yang mengangkut bongkahan atau batu - batuan besar dengan dasar yang relatif tahan gerusan ,biasanya cocok dengan kolam olak tipe bak tenggelam/*Submerged Bucket*.

### L. Analisa Stabilitas lereng

Jebolnya suatu bendung biasanya dimulai dengan terjadinya longsor baik pada lereng hulu maupun hilir dikarenakan kurang memadainya Stabilitas kedua lereng bendung tersebut. Stabilitas lereng merupakan kunci dari stabilitas bendung (*Sosrodarsono.,2007*).

### M. Analisa Terhadap Beban Gempa

Perhitungan nilai beban gempa mengacu pada pedoman Analisa stabilitas kontruksi bangunan akitbat gempa pada bendung berdasarkan Peraturan Kementrian pekerjaan umum dan Perumahan rakyat (*Pd T-14-2014-A*).Jenis Gempa terbagi menjadi 2 yaitu : 1. Gempa dasar operasi (*Operation basis earthquake*) OBE adalah gempa dengan Batasan guncangan di permukaan tanah pada lokasi studi dengan 50% adanya kemungkinan tidak terlampaui dalam 100 tahun dan sebaiknya di tentukan secara probabilistic, 2(*Maximum desain Earthquake*)MDE adalah gempa yang menghasilkan guncangan terbesar dilokasi studi yang digunakan sebagai desain analisis.

### N. Faktor Resiko

Data teknis bendung dan kriteria beban gempa ditentukan berdasarkan nilai dari faktor resiko total dan kelas resiko mengacu pada tabel berikut :

**Tabel.1** Kelas Resiko bangunan air

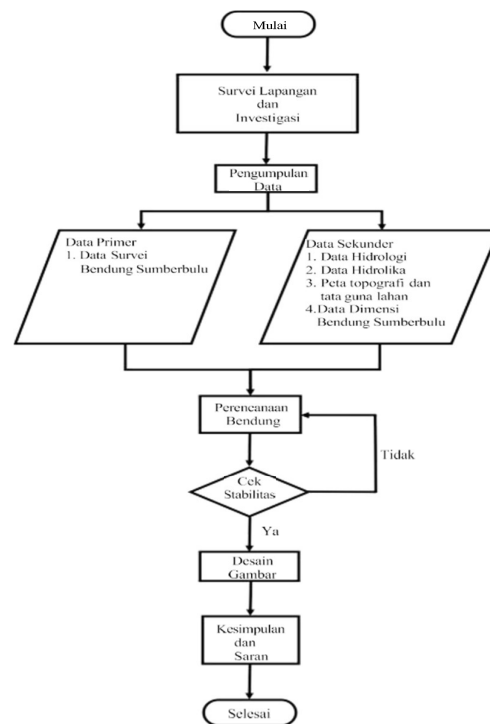
Faktor Resiko Total	Kelas Resiko
(0-6)	I (Rendah)
(7-18)	II (Moderat)
(19-30)	III (Tinggi)
(31-36)	IV (Ekstrem)

(Sumber: Pedoman konstruksu bangunan A Pd T-14-2014-A)

## 3. METEDOLOGI PENELITIAN

Metedeologi Penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut :

### A. Diagram Alir Penelitian



**Gambar 1.** Kerangka alur penelitian  
 Sumber: (Penulis, 2023)

### B. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini terletak di Desa Sumberbulu Kecamatan Songgon Kabupaten Banyuwangi,Provinsi Banyuwangi dengan Koordinat 8°13'37.3”S , 114°10'47.4”E

### C. Pengolahan Data

Pengolahan Data dilakukan dengan beberapa tahapan :

- Analisa Hidrologi
- Analisa Hidrolika
- Analisa Stabilitas

### D. Hipotesis

Bedasarkan tujuan penelitian,Rumusan masalah serta Tabel alur penelitian yang dijelaskan,Maka hipotesis yang didapatkan adalah :

- Dari nilai debit nantinya diperuntukan buat Analisa stabilitas sebagai acuan untuk merencanakan peredam energi bendung
- Didapatkan tipe peredam energi tipe bak tenggelam (*Submerged Bucket*).

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Analisa Hidrologi

Dalam Analisa penelitian ini digunakan untuk menentukan curah hujan rencana dengan kala ulang 10 tahun agar dapat mendapatkan debit banjir di daerah yang akan diteliti

##### A. Analisa curah hujan Rencana

Curah Hujan rata-rata dihitung menggunakan 4 stasiun hujan yang berdekatan dengan area penelitian berikut ini adalah data stasiun hujan yang diteliti :

- Sta. Dam BayuLor
- Sta. Dam Songgon
- Sta. Dam Temuguruh
- Sta. Dam Turus

##### B. Analisa Frekuensi

Dalam Analisa Frekuensi Hasil yang diperoleh Tergantung kwalitas dan Panjang data. Makin pendek data yang tersedia makin besar penyimpangan yang terjadi berikut hasil dari Analisa frekuensi :

**Tabel 2.** Hasil Analisa Frekuensi

No	Tahun	Ri	P	Ri-R	(Ri-R) <sup>2</sup>	(Ri-R) <sup>3</sup>
1	2011	115,3	8,3	11,0	120,0	1314,6
2	2012	127,0	16,7	22,7	515,5	11704,1
3	2013	118,8	25,0	14,5	208,9	3020,0
4	2014	102,8	33,3	-1,5	2,4	-3,7
5	2015	89,3	41,7	-15,0	226,4	-3405,8
6	2016	91,8	50,0	-12,5	157,4	-1974,5
7	2017	91,8	58,3	-12,5	157,4	-1974,5
8	2018	110,3	66,7	6,0	35,5	211,1
9	2019	110,8	75,0	6,5	41,7	268,9
10	2020	92,3	83,3	-12,0	145,1	-1747,7
11	2021	97,5	91,7	-6,8	46,2	-313,8
Jumlah					1656,4	7098,8
Rerata		104,3			150,6	645,3

(Sumber : Hasil Perhitungan)

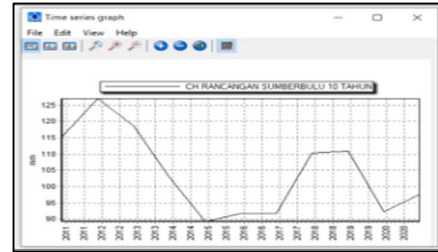
Syarat Pemilihan Distribusi harus memenuhi kriteria Sebagai berikut :

- Distribusi Normal (Nilai Cs = 0)
- Distribusi Log Normal (Niali Cs = 2,5Cv)
- Gumbel (Cs = 1,139,Ck = 5,4002)
- Distribusi LogPerson III (Yang tidak termasuk diatas)

Dari hasil Diatas didapatkan nilai Cs=0,41 maka distribusi yang digunakan adalah Log person III

Pada Penelitian ini untuk menentukan curah hujan Rencana juga menggunakan

aplikasi Hydrognomon,Hydrognomon adalah aplikasi perangkat Lunak bebas untuk analisis dan pengolahan data hidrologi terutama dalam bentuk time series.



**Gambar 2.** Time series graph CH rancangan 10 tahun  
 (Sumber:Hydrognomon)

**Tabel 3.** Hasil Hujan Rancangan dari Software Hydrognomon

Kala ulang (tahun)	Peluang terlampau (%)	k	Log Xt	Hujan rancangan (mm)
100	1	2,3001	2,150	141,098
50	2	2,0324	2,135	136,479
20	4	1,7386	2,119	131,584
10	10	1,2778	2,094	124,257
5	20	0,8419	2,071	117,701

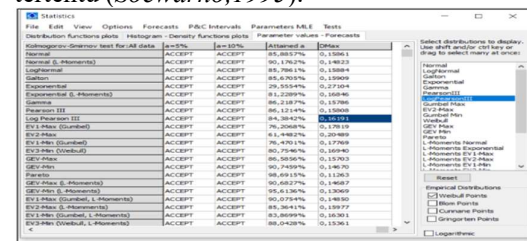
(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari hasil Tabel diatas di dapatkan nilai curah hujan rangan kala ulang 100 tahun = 140,997 mm,Kala ulang 50 Tahun = 135,465 mm,Kala ulang 20 = 127,785 mm,Kala ulang 10 tahun 121,528 mm dan kala ulang tahun = 114,595.

##### C. Uji Kecocokan Distribusi

##### a.) Smirnov kolmogorof

Uji kesesuaian Smirnov Kolmogorof sering juga disebut uji Non parametrik,Karena pengujianya tidak menggunakan distribusi tertentu (Soewarno, 1995).



**Gambar 3.** Histpgram Hasil uji Smirnov Kolmogorof dari Hydrognomon  
 (Sumber:Hydrognomon)

Dari perhitungan dengan Software Hydrognomon didapatkan Nilai  $D_{max} = 0,1691 < D_0 = 0,391$ ,Maka Distribusi Log Person Dapat Diterima

b.) Uji simpangan Chisquare

Pada penggunaan uji Smirnov Kolmogorov menggunakan perhitungan matematis namun kesimpulan hanya berdasarkan bagian tertentu (Sebuah Variat) yang mempunyai simpangan terbesar, sedangkan uji chi square menguji penyimpangan distribusi data pengamatan dengan mengukur secara matematis kedekatan antara data pengamatan dan seluruh bagian garis persamaan distribusi teoritisnya

**Tabel 4.** Uji simpangan Chisquare

P	T	Interval		Ei	
20%	5,00		>	114,762	2,2
40%	2,50	106,794	-	114,762	2,2
60%	1,67	100,477	-	106,794	2,2
80%	1,25	93,501	-	100,477	2,2
			<	93,501	2,2

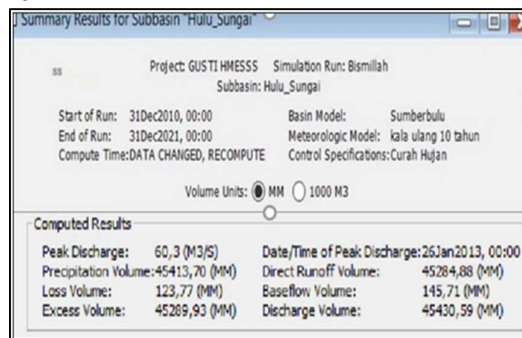
(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari perhitungan Diatas didapatkan nilai Chi square,  $X_{hitung}$  sebesar  $0,3 < 2,408$ , Maka distribusi log person dapat diterima.

**D. Memperkirakan laju aliran Puncak**

Ada beberapa metode untuk memperkirakan laju aliran puncak (Debit banjir) secara umum metode yang sering Di pakai adalah Metode Rasional dan Metode Hidrograf Banjir Hydrograf banjir dapat dianalisis dengan *software HEC-HMS* hal penting dalam perhitungan debit banjir rencana adalah penentuan waktu konsentrasi.

454



**Gambar 4.** Hasil debit puncak Dengan *Software HEC-HMS* (Sumber: HEC-HMS,2023)

Dari hasil simulasi waktu Puncak dan debit punyak dengan *software HEC-HMS* didapatkan debit puncak sebesar  $60,3 \text{ m}^3/\text{s}$  dan total volume sebesar  $= 45430,0$  (*Metode Hidrograf*) dengan kala ulang 10 tahun

**Tabel 5.** Hasil perhitungan debit banjir dengan metode Rasional

Parameter	Kala ulang				
	5	10	25	50	100
c	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Tc (Jam)	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
I (mm/jam)	24,58	26,65	41,62	43,17	44,63
Q (m <sup>3</sup> /detik)	56,37	61,13	95,46	99,01	102,36

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari hasil Analisa metode Rasional di dapatkan debit puncak banjir sebagai berikut :

- Kala ulang 2 tahun sebesar  $56,37 \text{ m}^3/\text{dt}$
- Kala ulang 10 tahun sebesar  $61,13 \text{ m}^3/\text{dt}$
- Kala ulang 20 tahun sebesar  $95,46 \text{ m}^3/\text{dt}$
- Kala ulang 50 tahun sebesar  $99,01 \text{ m}^3/\text{dt}$
- Kala ulang 100 tahun sebesar  $102,36 \text{ m}^3/\text{dt}$

**Analisa Hidrolika**

Untuk Analisa Hidrolika dapat dilihat dari penjabaran dibawah ini :

**E. Menentukan Kemiringan Dasar sungai**

Untuk Menentukan Kemiringan Dasar Sungai Rata-rata sekitar lokasi, bendung berprdoman pada data potongan memanjang sungai sepanjang 1000 m perhitungan kemiringan sungai disajikan pada perhitungan dibawah ini :

$$\begin{aligned} \text{Elv. P0} &= 108,50 \text{ m} & \Delta H/L &= 0,50/100 \\ \text{Elv. P1} &= 108,00 \text{ m} & &= 0,008 \\ L &= 100 \text{ m} & I &= \frac{\Delta H/L}{n-1} \\ \Delta H &= \text{elv.P0} - \text{elv P1} & &= 0,0032 \\ &= 108,50 - 108,00 & & \\ &= 0,50 \text{ m} & & \end{aligned}$$

hasil perhitungan diatas didapat kemiringan sungai sebesar  $(i) = 0,0032$

**F. Tinggi air Banjir dihilir bendung**

Perhitungan Tinggi air banjir dihilir bendung dilakukan dengan coba-coba sampai diperoleh debit banjir hitung yang mendekati debit banjir rencana sebesar 102,360 dan contoh perhitungan dengan ketinggian air dihilir sebesar 0,50 m :

- h (Ketinggian air coba) = **0,50 m**
- b (Lebar sungai) = **28 m**
- m (Kemiringan Talud) = **0,79 m**
- A (Luas permukaan) =  $(b+m.h).h$   
= **14,196 m<sup>2</sup>**
- P (Keliling basah) =  $b+2h+(m^2+1)^{0,50}$

- R (Jari jari hidrolis) = 29,271 m  
 $= A/P$   
 $= 0,485 \text{ m}$
- N (Koefisien Manning) = 0,025
- I ( Kemiringan Saluran) = 0,00836 m
- V (Kecepatan Aliran) =  $\frac{1}{n} \cdot r^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$   
 $= 0,0131 \text{ m/dt}^2$
- Q (Debit Banjir) =  $A \times V$   
 $= 0,186 \text{ m/dt}^2$

Dari hasil Perhitungan diatas didapatkan tinggi air di hilir bendung (h)=4,50 m sehingga elevasi muka air bendung (diambil dari dasar elevasi saluran bendung) = 100 + 4,50 = 104,50 m

### G. Lebar efektif bendung

Perhitungan Lebar efektif bendung disesuaikan dengan data eksisting sebagai berikut :

- Lebar bendung (B) = 23 m
- 2 pintu Pembilas lebar (Bp) = 1,5 m
- 2 pilar pintu pembilas (Tebal) = 0,65 m
- Kp = 0,1
- Ka = 0,1
- H1 = 2,764 m
- N = 0

Karena elevasi pembilas sama dengan mercu maka lebar pintu pembilas dianggap lebar mercu. Untuk mencari lebar mercu (Bm) digunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Lebar Mercu (Bm)} &= B(\text{Bp total} + \text{Tp Total}) \\ &= 23 - (2 \times 1,5 \times 0,65) + (0) \\ &= 20,45 \text{ m} \\ \text{Lebar Efektif (Be)} &= Bm - (2(n \cdot Kp \cdot Ka)H1) \\ &= 20,45 - (2(0,1 \cdot 0,1 \cdot 0,1) \cdot 2,764) \\ &= 20,45 - 0,2 H1 \end{aligned}$$

### H. Tinggi air banjir diatas mercu

Didalam perencanaan ini menggunakan mercu tipe ogee dengan kemiringan hulu 1:1 dan tinggi air diatas mercu dapat dihitung :

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}g} \cdot Be \cdot H_1^{\frac{3}{2}}$$

Dengan :

- Q (Debit banjir rencana) = 102,36 m/dt<sup>2</sup>
- Cd ( Koefisien Debit) = 1,278 m/dt<sup>2</sup>
- G (Gaya Gravitasi) = 9,81 m/dt<sup>2</sup>
- Be (Lebar Efektif) = 20,45 - 0,2 H<sub>1</sub>
- H<sub>1</sub> (Tinggi Energi) = 2,764 m

Perhitungan tinggi air diatas mercu dilakukan dengan coba-coba sama dengan Cd Hitung serta debit rencana sama dengan debit Hitung

Dicoba :

$$Q = 1,278 \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot 9,81} \cdot (20,45 - 0,2 \cdot 2,764) \cdot 2,764^{\frac{3}{2}}$$

$$102,36 = 102,36 \text{ m/dt}^2$$

Faktor lain yang mempengaruhi air banjir diatas mercu sebagai berikut :

- Debit Persatuan Lebar (q)  
 $q = Q/Be$   
 $= 102,36/20,45 - 0,2 \times 2,764$   
 $= 4,453 \text{ m/dt}^2$
- Kecepatan Air dihulu (V)  
 $V = q/(p - H1)$   
 $= 4,453 / (1,5 - 2,764)$   
 $= 0,976 \text{ m/dt}^2$
- Tinggi Kecepatan Energy (Ha<sub>1</sub>)  
 $Ha_1 = V^2 / 2g$   
 $= 0,976^2 / (2 \times 9,81)$   
 $= 0,049 \text{ m/dt}^2$
- Tinggi muka air dihulu (Hd)  
 $Hd = H_1 - Ha_1$   
 $= 2,764 - 0,049$   
 $= 2,715 \text{ m}$

Cek”

$$\begin{aligned} H_1/Hd &= 2,764/2,715 \\ &= 1,018 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P/Hd &= 1,5 / 2,715 \\ &= 0,553 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P/H_1 &= 1,5 / 2,764 \\ &= 0,543 \end{aligned}$$

$$C_0 = 1,3 \text{ (Konstanta)}$$

$$C_1 = 0,9625 \text{ ( Grafik } C_1)$$

$$C_2 = 1,027 \text{ (Grafik } C_2)$$

Dari nilai diatas didapat :

$$Cd \text{ (Coba-Coba)} = Cd \text{ Hitung}$$

$$1,278 = C_0 \times C_1 \times C_2$$

$$1,278 = 1,3 \times 0,9625 \times 1,027$$

$$1,278 = 1,278$$

Karena nilai Coba dan Cd Hitung sama maka nilai Cd Coba dapat diterima

### I. Perhitungan Jari-jari mercu

Perencanaan dimensi bendung bagian hilir dengan kemiringan hilir bendung 1: 1 oleh karena itu yang mendekati kondisi eksisting adalah tipe mercu nomer 2 dengan nilai K=1,837 dan n = 1,776 perhitungan dimensi

Bendung dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$R_1 = 0,45 \times H_d = 0,45 \times 2,715 = 1,220$$

$$\text{Jarak } R_1 = 0,119 \times H_d = 0,119 \times 2,715 = 0,3231 \text{ m}$$

$$X^{1,776} = 1,837 \times H_d^{0,776} \times Y$$

$$X^{1,776} = 1,837 \times 2,715^{0,776} \times Y$$

$$X^{1,776} = 4,006 \times Y$$

$$Y = 1,776 / 4,006 \times X^{0,776}$$

Kemiringan Hilir bendung direncanakan 1; 0,7

$$Y = \tan \theta, \text{ Maka } Y = 1/0,7 = 1,428$$

$$1,428 = 1,776 / 4,006 \times X^{0,776}$$

$$X = \sqrt[1/0,776]{(1,428 \times 4,006 / 1,776)} = 4,605 \text{ m}$$

$$Y = 1/4,006 \times 4,605^{1,776} = 3,704 \text{ m}$$

#### J. Perencanaan Kolam Loncat air

Elevasi Kolam loncat air direncanakan +89,55, Perhitungan kolam loncat air dapat dihitung menggunakan data-data sebagai berikut:

$$(H_1) = 2,764 \text{ m}$$

$$\text{Elv. mercu} = +97,8 \text{ m}$$

$$\text{Kolam loncat} = +89,5 \text{ m}$$

$$\text{Grafitasi (G)} = 9,81 \text{ m/dt}$$

$$\text{Beda Tinggi mercu dan kolam olak (Z)} = \text{elv. mercu} - \text{elv. Kolam loncat} = 97,8 - 89,5 = 8,25$$

$$\text{Kecepatan awal loncatan (V1)} = \sqrt{2g(1/2 H_1 + Z)}^{1/2} = \sqrt{2 \cdot 9,81(0,5 \cdot 2,764 + 8,25)}^{0,5} = 14,371 \text{ m/dt}^2$$

$$\text{Tinggi air pada titik V1 (Y_u)} = Q = A \times V1 = b \times h \times V1$$

$$H(Y_u) = Q / (b \times V1) = 102,36 / (23 \times 14,371) = 0,3097 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman Konjungsi Dalam loncat air (Y_2)} = Y_2/Y_u = \frac{1}{2} \sqrt{(1 + 8 \times Fr_2)^{1/2} - 1} = V1 / (g/Y_u)^{1/2} = 14,371 / (9,81 \times 0,3097)^{0,5} = 8,2455$$

$$Y_2/Y_u = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8 \times 8,2455^2} - 1) = 1,417$$

$$Y_2 = 1,417 \times 0,3096$$

$$= 1,4384 \text{ m}$$

#### K. Perencanaan Ruang Olakan

Bedasarkan hasil perhitungan Froude sebesar 8,2455 sehingga menghasilkan kondisi super kritis sesuai dengan KP-02-2010 jika kondisi aliran hilir bendung menghasilkan kondisi super kritis maka diperlukan perencanaan kolam olakan. Dari kondisi Tinggi bendung yang Rendah dan sedimen yang diangkut adalah sedimen batu batuan besar dengan dasar yang relative tahan gerusan, maka dalam perencanaan kolam olakan tipe yang dipilih adalah Kolam olak tipe bak tenggelam (*Submerged Bucket*)

- Perhitungan Panjang Lantai Olakan (L<sub>j</sub>)
 
$$L_j = 5 \cdot Y_2 = 5 \cdot 1,4384 = 7,1915$$
- Perhitungan Panjang Terjunan (L<sub>d</sub>)
 
$$L_d = 4,30 \cdot H_c^{0,27}$$

$$H_c = \sqrt[3]{q^2 / g} = \sqrt[3]{4,453^2 / 9,81} = 2,874 \text{ m}$$

$$L_d = 4,30 \cdot H_c^{0,27} = 4,30 \cdot 2,874^{0,27} = 4,718$$
- Perbedaan Tekanan (ΔH)
 

Keadaan air Banjir

$$\Delta H = \text{elv. MAB hulu} - \text{elv. MAB hilir} = 100,50 - 93,00 = 7,50$$

Keadaan Air Normal

$$\Delta H = \text{elv. Mercu} - \text{elv. dasar Saluran} = 97,8 - 93,30 = 4,50$$

Dari Keadaan diatas diambil yang paling besar ΔH = 7,50 m
- Jari jari kolam olak (R)
 
$$R = \Delta H / H_c = 7,50 / 2,84 = 3,87 \text{ m}$$
- Batas Minimum tinggi air dihilir (T<sub>min</sub>)
 
$$T_{min} / H_c = \Delta H / H_c$$

$$T_{min} = 1,7 (7,5 / 2,87)^{0,33} = 2,33$$

Adapun syarat dalam kolam olak tipe bak tenggelam adalah ΔH/H<sub>c</sub> harus diatas garis atau lebih 2,4 mengacu pada grafik jari jari minimum bak tenggelam. Garis tersebut merupakan "envelope" bagi batas minimum tinggi air hilir (bak bercelah) "sweep out limit" batas minimum



tinggi air hilir yang dipengaruhi oleh jari jari bak dan batas tinggi air hilir untuk bak tetap  $\Delta H/H_c > 2,4$

$$7,5/2,87 > 2,4$$

$$= 2,6 > 2,4 \text{ (Dapat diterima)}$$

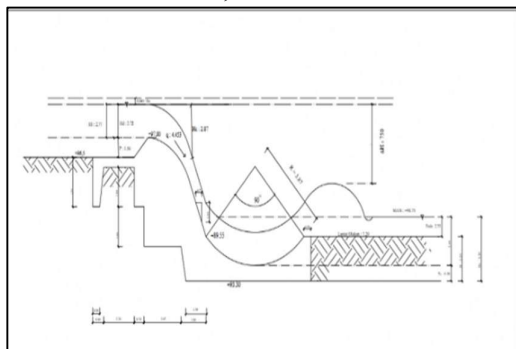
Dari Penyelidikan model terhadap bak tetap IHE menyimpulkan bahwa pengaruh kedalaman tinggi air hilir terhadap bekerjanya bak sebagai peredam energi, ditentukan oleh perbandingan  $h_2/h_1$ . jika  $h_2/h_1$  lebih tinggi dari  $2/3$  maka aliran menyelam ke bak tidak ada efek peredam yang bisa di harapkan.

$$H_2/h_1 > 2,3$$

$$8,76/2,764 > 2,3$$

$$3,17 > 2,3 \text{ (Dapat diterima)}$$

- Pelindung lantai (a)
  - a =  $0,1 \cdot r$
  - =  $0,1 \cdot 17$
  - =  $0,0059$

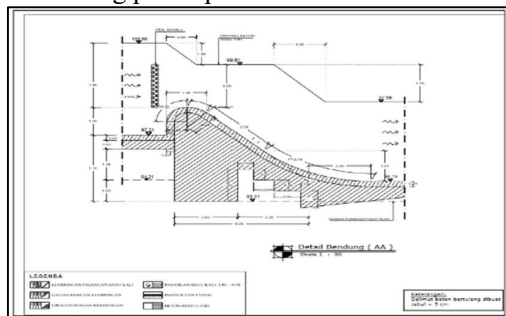


**Gambar 5.** Desain Peredam Energi  
 (Sumber: Autocad)

**Analisa Stabilitas**

Analisa Stabilitas bendung dibagi menjadi 2 yaitu Analisa statis dan dinamis .Data yang diperlukan untuk perhitungan stabilitas adalah :

1. Gambar Desain Bendung Sumberbulu sebagai acuan dalam membuat model bendung pada aplikasi *Geostudio*



**Gambar 6.** Desain Bendung Sumberbulu  
 (Sumber: PT.Cipta Makmur Blambangan)

2. Data material Bendung digunakan sebagai input dalam perhitungan stabilitas lereng bendung. Data material termasuk parameter setiap material penyusun tubuh bendung
3. Data yang diperlukan selanjutnya adalah ketinggian muka air untuk membantu dan mempermudah analisis pada penerapan model Geostudio

**L. Kelas Resiko**

Kelas resiko bendung Sumberbulu dapat diketahui dengan merujuk pada nota Perhitungan Konsultan PT.Cipta Makmur Blambangan dan besarnya faktor resiko dihitung berdasarkan persamaan yang bisa dilahit dan dipelajari di persamaan 2.51 untuk bendung Sumberbulu, Perhitungan Faktor Resiko Disajikan pada tabel berikut ini :

**Tabel 6.** Perhitungan Kelas Resiko Bendung

No	Faktor Keamanan	Kategori	Nilai	
1	Faktor Resiko Kapasitas Tampung (frk)	806.654	Rendah	0
2	Faktor resiko tinggi bendung (ft)	6	Rendah	0
3	Faktor resiko kebutuhan evakuasi (Fre)	> 1000	Ekstrem	12
4	Faktor Resiko tingkat kerusakan (Frh)	Tinggi	Tinggi	10
Jumlah				22

(Sumber: PT.Cipta Makmur Blambangan)

Bedasarkan Perhitungan kelas resiko diatas bendung Sumberbulu Termasuk Kedalam Klasifikasi kelas Resiko III (Tinggi). Untuk kategori ini bedasarkan tabel metode analisis yang digunakan adalah :

1. Persyaratan tanpa Kerusakan gempa atau *Operational Basis Earthquake* (OBE) digunakan analisis predostatik dengan periode ulang gempa  $T = 100$  tahun dan persyaratan faktor keamanan  $FK_{min} > 1,20$
2. Persyaratan diperkenankan ada kerusakan tanpa keruntuhan atau *maximum Design Earthquake* (MDE) digunakan analisis pseudastik dengan periode ulang gempa  $T = 5000$  tahun dan persyaratan Faktor keamanan  $FK_{min} > 1$
3. Analisis Dinmaik dilakukan apabila persyaratan Faktor keamanan untuk gempa MDE tidak terpenuhi.

### M. Koefisien Gempa

Adapun Hasil Analisa mencari koefisien gempa dapat dilihat pada hasil perhitungan dibawah ini :

**Tabel 7.** Koefisien Gempa

No	periode ulang (Tahun)	Percepatan puncak di batuan dasar/PGA (g)	Respon Spektum 0,2 detik (g)	Respon Spektum 1 detik (g)
1	50	0,70	0,70	0,25
2	100	0,107	0,192	0,45
3	200	0,122	0,298	0,85
4	500	0,199	0,404	0,135
5	1000	0,301	0,595	0,185
6	2500	0,409	0,844	0,255
7	5000	0,509	1,039	0,312

(Sumber : Hasil Perhitungan)

didapatkan untuk nilai Gempa OBE dengan kala ulang 100 tahun mendapatkan koefisien Gempa/nilai PGA = 0,107 dan untuk Gempa MDE dengan periode ulang 5000 tahun Gempa/Nilai PGA = 0,509 Dalam Analisa Stabilitas bendung Koefisien gempa ini harus dimodifikasi sesuai dengan fungsi Kedalaman dari puncak bendung agar dapat menggambarkan “Efek cambuk”.

- Gempa dasar operasi (OBE) T=100

$$K_o = \sigma_1 \times K_h$$

$$= 0,7 \times 0,107$$

$$= 0,075$$

- Gempa Desain Maximum (MDE) T= 5000

$$K_o = \sigma_1 \times K_h$$

$$= 0,7 \times 0,509$$

$$= 0,356$$

Kemudian menentukan Koefisien gempa termodifikasi sesuai fungsi kedalamannya adalah dengan persamaan berikut :

Untuk  $0 < y/h < 0,4$

$$K = K_o \times (2,5 - 1,85 \times y/h)$$

$0,4 < y/h < 1,0$  digunakan persamaan

$$K = K_o \times (2,0 - 0,6 \times y/h)$$

**Tabel 8.** Koefisien Gempa termodifikasi Horizontal

Periode Ulang gempa (T)	Kv pada v/H			
	0,25	0,50	0,75	1,00
100 (OBE)	0,076	0,064	0,058	0,053
5000 (MDE)	0,363	0,303	0,276	0,249

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Diatas merupakan hasil perhitungan Koefisien Gempa Horizontal sedangkan dalam Analisa

stabilitas juga perlu dihitung koefisien gempa gempa Horizontal dapat dihitung dengan persamaan,  $K_v = K \times 0,5$  disajikan pada tabel berikut ini :

**Tabel 9.** Koefisien Gempa termodifikasi Vertikal

Periode ulang Gempa	Koefisien Gempa/Nilai PGA
100	0,107
5000	0,509

(Sumber : Hasil Perhitungan)

### N. Analisa Stabilitas Bendung

Menurut Pd T -14-2004-A Tentang Analisis Stabilitas Bendung dilakukan untuk kondisi berikut :

1. Selesai Kontruksi
  2. Kondisi Muka Air banjir dan normal
- Analisa Stabilitas bendung menggunakan program Geostudio 2018 R2.

**Tabel.10** Klasifikasi Hasil Analisa Stabilitas Geostudio

no	kondisi	Analisis	Keterangan	Hasil
1	Kondisi Setelah Kontruksi	Slope-W	Tipe Morgenstern price tanpa PWP dan menggunakan <i>entry &amp; exit</i> untuk <i>slip surface</i>	Faktor Keamanan
2	Kondisi Aliran	Seep-W	Tipe <i>steady state</i> dan <i>boundary condition</i> sesuai muka air banjir	Pore Water pressure/garis Freatik
		Slopee-W	Tipe Morgenstern price dengan PWP dari <i>Seep-W</i>	Faktor Keamanan

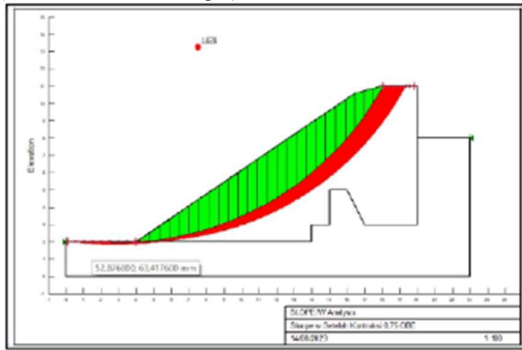
(Sumber:Perhitungan)

Digunakan program Sloope-w tipe *morgenstren-Price*

**Tabel.11** Hasil Simulasi Analisa stabilitas Tanpa beban Gempa

No	Kondisi	Fk Min	y/h	Faktor Keamanan		Keterangan	
				Hulu	Hilir	Hulu	Hilir
1	Selesai Kontruksi, Air kosong dan tanpa Gempa	1,3	-	1,639	1,679	Aman	Aman
2	Kondisi Muka Air Banjir/Flood Water Level (FWL) tanpa Gempa	1,3	-	2,28	2,422	Aman	Aman
3	Kondisi Muka Air normal/Normal Water level (LWL) tanpa Gempa	1,5	-	1,873	1,969	Aman	Aman

(Sumber : Hasil Perhitungan)



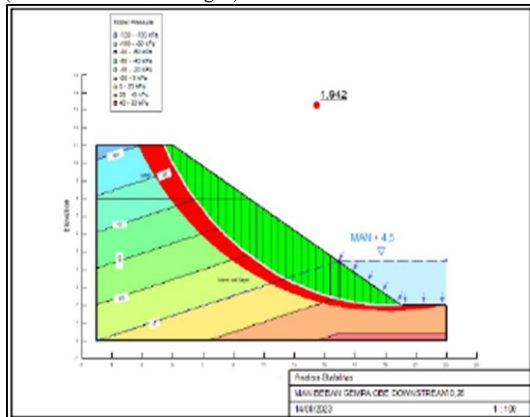
**Gambar 7.** Slope-W (selesai Konstruksi)  
 (Sumber : Geostudio)

Hasil simulasi stabilitas bendung Sumberbulu untuk kondisi gempa dasar operasi (*Operation basis Earthquake*) ditunjukkan pada tabel 12

**Tabel 12.** Hasil Simulasi Analisa Stabilitas Bendung dengan Beban Gempa OBE

N O	Kondisi	Fk Min	y/h	aman		Keterangan	
				Hulu	Hilir	Hulu	Hilir
1	Selesai Kontruksi i. Air kosong dengan Beban gempa OBE	1,0	0,25	1,891	1,997	Aman	Aman
			0,50	1,744	1,984	Aman	Aman
			0,75	1,665	2,005	Aman	Aman
			1,00	1,678	2,201	Aman	Aman
2	Kondisi Muka Air Banjir/ (FWL) Dengan Beban Gempa OBE	1,0	0,25	1,967	1,973	Aman	Aman
			0,50	1,977	2,007	Aman	Aman
			0,75	1,793	1,946	Aman	Aman
			1,00	1,874	1,955	Aman	Aman
3	Kondisi Muka Air normal (LWL) dengan beban gempa OBE	1,0	0,25	1,899	1,873	Aman	Aman
			0,50	1,785	1,915	Aman	Aman
			0,75	1,799	1,932	Aman	Aman
			1,00	1,814	1,942	Aman	Aman

(Sumber : Hasil Perhitungan)



**Gambar 8.** Hasil Analisa Sloope-w dengan beban gempa OBE (Muka air normal)  
 (Sumber : Geostudio).

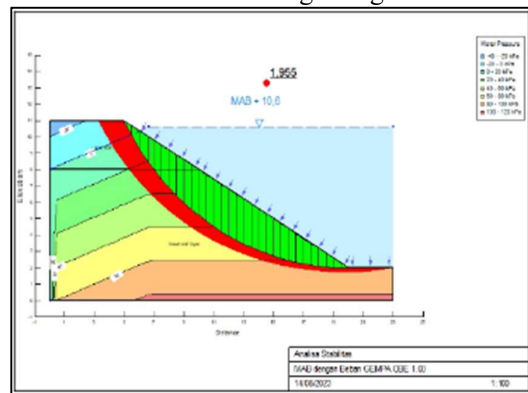
**Tabel 13.** Hasil Simulasi Gempa MDE

Kondisi	Fk Min	y/h	Faktor Kemanan		Keterangan	
			Hulu	Hilir	Hulu	Hilir
Selesai Kontruksi, Air kosong dengan Beban gempa OBE	1,0	0,25	0,805	0,473	Tidak Aman	Tidak Aman
		0,50	0,745	0,888	Tidak Aman	Tidak Aman
		0,75	0,845	0,864	Tidak Aman	Tidak Aman
		1,00	0,885	0,913	Tidak Aman	Tidak Aman
Kondisi Muka Air Banjir/Flood Water Level (FWL) Dengan Beban Gempa MDE	1,0	0,25	0,764	0,813	Tidak Aman	Tidak Aman
		0,50	0,778	0,888	Tidak Aman	Tidak Aman
		0,75	0,706	0,864	Tidak Aman	Tidak Aman
		1,00	0,747	0,945	Tidak Aman	Tidak Aman
Kondisi Muka Air normal/Nor mal Water level (LWL) dengan beban	1,0	0,25	0,597	0,707	Tidak Aman	Tidak Aman
		0,50	0,66	0,777	Tidak Aman	Tidak Aman
		0,75	0,695	0,817	Tidak Aman	Tidak Aman
		1,00	0,783	0,871	Tidak Aman	Tidak Aman

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Hasil Perhitungan perhitungan untuk Analisa stabilitas lereng Bendung Sumberbulu memenuhi kriteria angka keamanan, baik dari sisi hilir maupun hulu dalam keadaan tanpa beban gempa maupun dengan beban gempa OBE atau gempa periode ulang 100 tahun.

Sedangkan untuk Gempa MDE Tidak memenuhi persyaratan angka keamanan. Sesuai dengan *Pd T-14-2004-A* pada kondisi tidak memenuhi angka keamanan perlu dilakukan analisis dinamik untuk menghitung deformasi *W*



**Gambar 9.** Analisa SLOOPE-W Beban Gempa OBE (Muka Air banjir y/h = 1,0)  
 (Sumber : Geostudio)

**O. Analisis Dinamik Lereng Bendung**

Data *Ground Motion* ini diperoleh menggunakan Fungsi *Spectrum Response* dan *Time History* pada *Software SAP2000* Adalah Sebagai berikut :

**Tabel 14.** Nilai parameter PSHA yang digunakan

Parameter	Gempa OBE	Gempa MDE
0,2 sec Spectral Acceleration,ss	0,4748	1,5994
1 sec Spectral Acceleration,S1	0,1285	0,4756

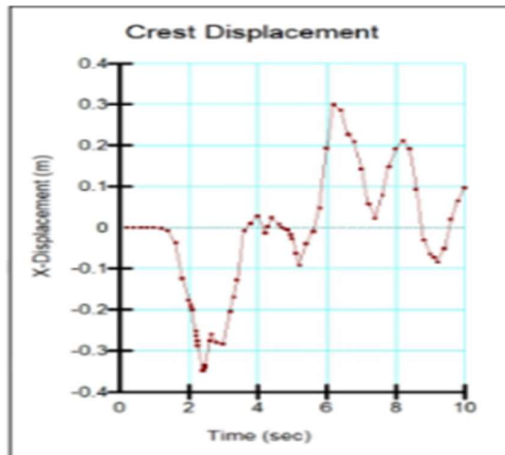
(Sumber : Hasil perhitungan)



**Gambar 10.** Pendefinisian Fungsi Time History  
 (Sumber :SAP2000)

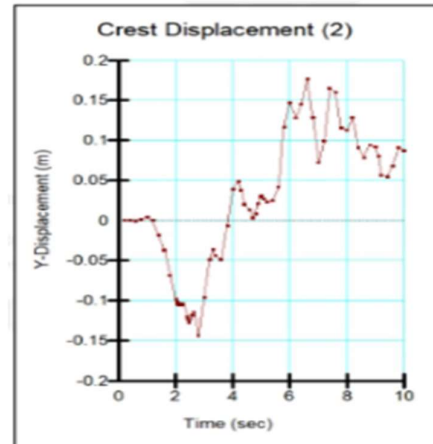
**P. Perhitungan Displacement *QUAKE-W***

*QUAKE-W* adalah bagian dari aplikasi geostudio yang digunakan untuk menghitung analisis kestabilan lereng akibat pengaruh gempa. Dalam penelitian ini *QUAKE-W* digunakan untuk menghitung Displacement yang terjadi pada puncak bendung pada saat menerima beban gempa baik gempa OBE maupun Gempa MDE. Analisa yang digunakan tipe *initial static* dan kemudian dilanjutkan dengan analisis tipe *linear Equivalent*.



**Gambar 11.** Crest Displacement (x)  
 (Sumber:Geostudio)

Untuk membuat grafik x-Displacement digunakan tipe *mesh* dan *set location* pada puncak bendung dengan kondisi muka air normal



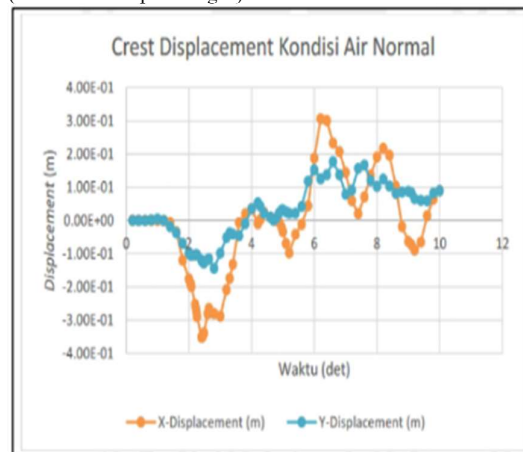
**Gambar 12.** Crest Displacement (y)  
 (Sumber:Geostudio)

Gambar diatas dengan kondisi stedy-state atau muka air normal. Hasil analisis dinamik lereng bendung ditampilkan dalam nilai displacement pada puncak dan dapat dilihat pada tabel 15.

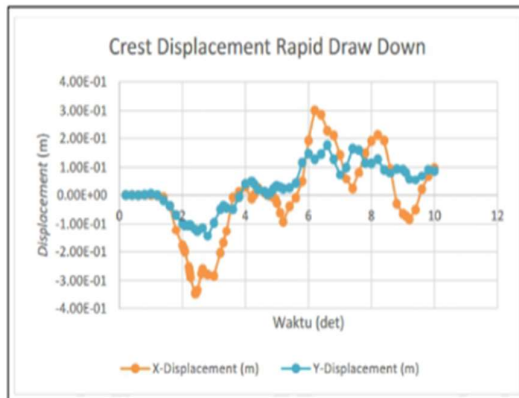
**Tabel 15.** Hasil Analisis Dinamik lereng bendung Sumberbulu

Kondisi Analisis	X-displacement (m)	Y-Displacement (m)	Keterangan
Masa setelah selesai Kontriksi/Tanpa ada air	0,3008	0,1766	Aman
Kondisi Muka Air banjir	0,3061	0,177	Aman
Kondisi Muka air Normal	0,3008	0,1766	Aman

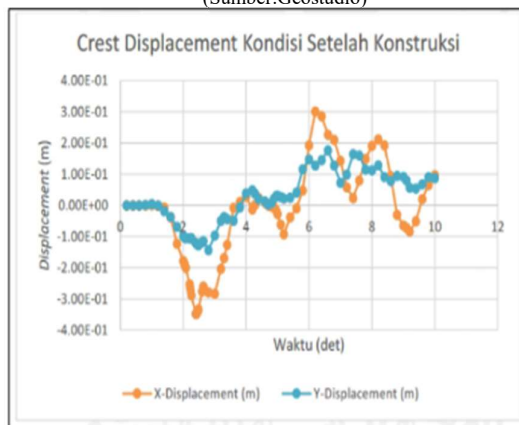
(Sumber : Hasil perhitungan)



**Gambar 13.** Crest Displacement muka Air Normal  
 (Sumber:Geostudio)



**Gambar 14.** Crest Displacement muka Banjir  
 (Sumber:Geostudio)



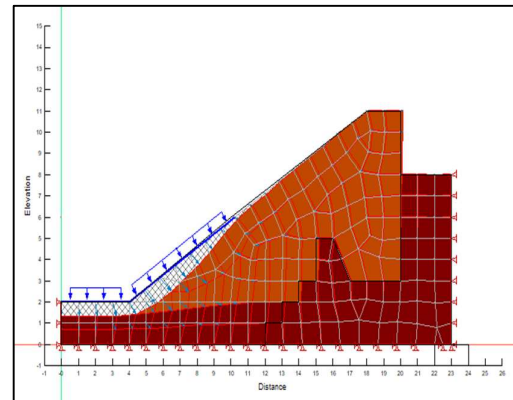
**Gambar 15.** Crest Displacement Setelah Konstruksi  
 (Sumber:Geostudio)

Untuk Memperoleh nilai faktor keamanan lereng bendung dengan analisis dinamik hasil dari *QUAKE-W* pada analisis sebelumnya dijadikan sebagai input dalam analisis *SLOOPE-W* dengan *QUAKE-W* Stress .Hasil perhitungan Faktor Keamanan untuk gempa Dinamik ditampilkan pada tabel 16.

**Tabel 16.** Faktor Keamanan beban Gempa Dinamik

No	Kondisi	Fk Minimum	FK hulu	Fk Hilir	Keterangan
1	Setelah Masa Konstruksi	1,0	5,377	1,16	Aman
2	Kondisi Muka Air Banjir/Flood Water Level (FWL)	1,0	1,326	1,057	Aman
3	Kondisi Muka Air normal/Normal Water level (NWL)	1,0	1,491	1,065	Aman

(Sumber : Hasil Perhitungan)



**Gambar 16.** Analisa QUAKE-W dengan beban Gempa Dinamik  
 (Sumber : Geostudio)

## 5. PENUTUP

### A. KESIMPULAN

Dari Hasil Perhitungan dan Analisa didapatkan Kesimpulan sebagai berikut :

1. Didapatkan Debit Banjir Rencana dengan kala ulang 5 Tahun = $56,37\text{m}^3/\text{dt}^2$  Kala ulang 10 tahun = $61,13\text{m}^3/\text{dt}^2$  ,Kala ulang 25 tahun = $95,46\text{ m}^3/\text{dt}^2$  ,Kala ulang 50 tahun = $99,01\text{m}^3/\text{dt}^2$  ,Kala ulang 100 Tahun = $102,36\text{ m}^3/\text{dt}^2$ .
2. Dari hasil analisis yang dilakukan, lokasi dibangunnya Bendung Sumberbulu memiliki Potensi bahaya gempa yang dikategorikan dalam klasifikasi kelas risiko III (Tinggi) dengan nilai tingkat risiko sebesar 22. Berdasarkan hasil simulasi analisis kestabilan lereng bendung dengan kondisi tanpa gempa dan gempa OBE, Bendung Sumberbulu memenuhi kriteria angka keamanan dengan angka faktor keamanan baik pada sisi hilir maupun hulu (bisa dilihat pada tabel 11 dan 12) Namun pada kondisi gempa MDE analisis kestabilan lereng bendung statik dengan kondisi gempa MDE, Bendung Sumberbulu tidak memenuhi kriteria angka keamanan, baik pada sisi hilir maupun hulu (bisa dilihat pada tabel 16). Sesuai dengan *Pd T-14-2014 -A*, pada kondisi yang tidak memenuhi angka keamanan perlu dilakukan analisis dinamik untuk menghitung deformasi yang terjadi pada saat keadaan gempa
3. Kondisi Eksisting Bendung tidak memiliki kolam Olak dikarenakan air yang melewati Bendung membawa material seperti batuan

besar dengan dasar yang relatif tahan gerusan dengan itu desain/tipe peredam energi cocok yaitu menggunakan kolam olak tipe bak tenggelam (*Submerged Bucket*) yang bisa membawa bongkahan atau batuan besar

## B. Saran

Bedasarkan Analisa yang telah dilakukan serta Desain yang telah dibuat berdasarkan bendung Sumberbulu Kecamatan Songgon , Banyuwangi, Maka dapat Penulis Sarankan sebagai Pertimbangan selanjutnya dan Adapun saran Sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan analisis stabilitas dengan menggunakan data pembacaan Piezometer di lapangan Jika Bendung sudah Selesai dibangun.
2. Pada penelitian ini perhitungan dilakukan dengan menggunakan software simulasi, alangkah baiknya apabila pada penelitian selanjutnya dilakukan perbandingan hasil antara perhitungan secara manual dan perhitungan menggunakan software simulasi.
3. Perlu Diadakanya Penelitian lebih lanjut Mengenai Bendung tersebut Terhadap Mercu ,Kolam Loncat air dan lainnya.
4. Dengan adanya Penelitian ini diharapkan dapat disosialisasikan kepada pihak-pihak yang berkaitan dengan Bidang yang Diteliti ini Sebagai sarana untuk pertimbangan dalam pengembangan perencanaan ulang Bendung maupun bangunan air yang lainnya

## C. Daftar Pustaka

- Anonim. 1986. *Standart Perencanaan Irigasi KP – 01*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim. 1986. *Standart Perencanaan Irigasi KP – 02*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim. 1986. *Standart Perencanaan Irigasi KP – 03*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim. 1986. *Standart Perencanaan Irigasi KP – 04*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional, 2016. SNI 8064:2016. Metode Analisis Stabilitas Lereng Statik Bendungan Tipe Urugan. BSN. Jakarta
- Direktorat Jenderal Pengairan Direktorat Sungai, 1992, *Cara Menghitung Design Flood*, Yayasan Badan Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Ibrahim M.A. 2017. Analisis Stabilitas Bendungan Urugan Tipe Urugan Zonal Inti Tegak dengan Perkuatan Timbunan terhadap Beban Gempa. Universitas
- Nanang Saiful Rizal, 2014. Aplikasi Perencanaan Irigasi dan Bangunan Air.LPPM Unmuh Jember Jl. Karimata Jember.
- Nanang Saiful Rizal, 2022. Kajian Model Fisik Perbandingan Perilaku Aliran Pada Bendung Dengan Kolam Olak Tipe USBR II, III, IV.
- Nanang Saiful Rizal, 2022. Physical Model And Validation Of Local Scour Pattern Downstream Of Trapezoidal Threshold.
- Nanang Saiful Rizal, 2023. Pemodelan Hidrolik Aliran Pada Bendung Dengan Mercu Tipe Ogee.
- Soenarno. 1972. *Perhitungan Bendung Tetap*. Dinas Pengairan Provinsi Jawa Timur, Surabaya.
- Sosrodarsono, S., & Takeda , K. (1981). Bendungan Type Urugan. Jakarta:Pradnya Paramita.
- Standar Nasional Indonesia. (2016). SNI 8064:2016 ( Metode Analisis Stabilitas Lereng Statik Bendungan Urugan). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Apriliani, N. R., Priyono, P., & Alihudien, A. (2020). Tinjauan Kapasitas Abutmen Jembatan Sengkaling Malang Dengan Beban Gempa. Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon, 5(1), 14-28.
- Ahmad, H. H., Yanuar, S. F., & Hamduwibawa, R. B. (2022). Studi Pengaruh Jenis Semen Pada Campuran Beton 1: 2: 3. Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon, 7(2), 74-77.
- Yanuar, S. F., Rizal, N. S., & Abadi, T. (2022). Analisis Perbandingan Harga Satuan Galian Tanah Mekanis Menggunakan Permen-PUPR Tahun 2022 Dan 2016. Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon, 7(1), 25-32.