

## Review Desain Bendung Sungai Setail Banyuwangi Mengacu Pada Peta Zonasi Gempa Tahun 2017

### *Review Of The Design Of The Setail Banyuwangi River Bend Refers To The Earthquake Zoning Map In 2017*

Aprilia Intan Safitri<sup>1</sup>, Totok Dwi Kuryanto<sup>2\*</sup>, Nanang Saiful Rizal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : [apriaiintan499@gmail.com](mailto:apriaiintan499@gmail.com)

<sup>2</sup> Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember\* Koresponden Author

Email : [totok@unmuhjember.ac.id](mailto:totok@unmuhjember.ac.id)

<sup>3</sup> Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : [nanangsaifulrizal@gmail.com](mailto:nanangsaifulrizal@gmail.com)

#### Abstrak

Bendung adalah bangunan berada di dalam air yang berfungsi untuk meninggikan muka air sungai dengan tujuan tertentu. Bangunan bendung diharuskan mampu menahan gaya terhadap gaya guling, geser dan daya dukung tanah. Kondisi Bendung Setail yang berada di Desa Jambewangi, Kecamatan Sempu, Kabupaten Banyuwangi mengalami kerusakan dibagian mercu dan kolam olak. Dalam kondisi seperti ini maka harus diperhitungkan ulang terutama pada kondisi bendung saat terjadinya gempa. Penelitian yang saya lakukan membahas tentang desain baru untuk bendung dengan perhitungan gaya gempa mengacu pada peta zonasi gempa tahun 2017. Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hidrologi, data tanah dan data tinjauan zona gempa. Analisa debit banjir rencana menggunakan periode 50 tahun sebesar 426.11 m<sup>3</sup>/det. Analisa hidrolika menggunakan bendung tetap dengan mercu tipe ogee dengan kemiringan hulu 1 : 1. Analisa stabilitas bendung didapatkan nilai SF dengan menggunakan program plaxis 8.2 sebesar 3.2816 > 2 dapat disimpulkan bahwa untuk desain bendung yang terbaru ini dapat dilanjutkan ke tahap perencanaan.

**Kata Kunci** : bendung tetap, stabilitas bendung, plaxis 8.2, zonasi gempa.

#### Abstract

Weir is a building located in the water that serves to raise the water level of the river with a specific purpose. Weir buildings are required to be able to withstand the forces of overturning, shearing and soil bearing capacity. The condition of the Setail weir in Jambewangi Village, Sempu District, Banyuwangi Regency, was damaged in the crest and stilling pond. In conditions like this, it must be recalculated, especially in the condition of the weir during an earthquake. The research I did discusses the new design for the weir with the calculation of earthquake forces referring to the 2017 earthquake zoning map. The data used in this study are hydrological data, soil data and seismic zone review data. The design flood discharge analysis uses a 50 year period of 426.11 m<sup>3</sup>/s. Hydraulics analysis using a fixed weir with an ogee type crest with an upstream slope of 1: 1. Analysis of the stability of the weir obtained the SF value using the plaxis 8.2 program of 3.2816 > 2, it can be concluded that for this latest weir design, we can proceed to the planning stage.

**Keywords**: fixed weir, weir stability, plaxis 8.2, earthquake zoning.

## 1. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Bendung yang terletak di daerah setail ini mengalami kerusakan di bagian badan bendung dan juga kolam olak bendung tersebut. Kerusakan ini bisa berakibat fatal jika tidak segera di perbaiki. Dengan hal tersebut Dinas PU dan TR Kabupaten Banyuwangi ingin mempertahankan dan menaikkan swasembada pangan dan peningkatan ataupun pembangunan fisik sarana irigasi. Pada tahun 2020 memungkinkan Dinas PU dan Tata Ruang Kabupaten Banyuwangi akan melakukan rehabilitasi pada Bendung tersebut, maka perlu dipertimbangkan stabilitasnya terutama dampak gaya gempa saat kondisi banjir dan normal. Dikarenakan Bendung ini adalah bendung yang digunakan untuk pendistribusi air kesaluran irigasi yang mengairi sawah daerah Desa Jambewangi, Kecamatan Sempu, Kabupaten Banyuwangi. Oleh karena itu penulis ingin melakukan desain bendung terbaru dan juga perhitungan pengaruh beban gempa terhadap bendung tersebut.

### B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana menganalisa debit banjir puncak yang terjadi di Bendung Setail ?
2. Bagaimana mendesain bendung yang terletak di Desa Jambewangi, Kecamatan Sempu, Kabupaten Banyuwangi ?
3. Bagaimana pengaruh beban Gempa yang terjadi pada bendung dalam kondisi air normal dan kondisi air banjir ?

### C. Batasan Masalah

1. Bangunan yang diteliti merupakan Bendung Setail yang terletak di Kecamatan Sempu, Kabupaten Banyuwangi.
2. Menghitung gaya Bendung saat terjadi gempa dengan data peta zonasi gempa tahun 2017.
3. Tidak membahas karakteristik aliran.
4. Tidak membahas Rencana Anggaran Biaya (RAB).

### D. Maksud dan tujuan

Adapun maksud dan tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Menganalisa debit banjir puncak yang terjadi di Bendung Setail
2. Untuk mengetahui desain bendung pada Bendung Setail
3. Mengetahui pengaruh beban gempa pada bendung pada saat kondisi air normal dan kondisi air banjir.

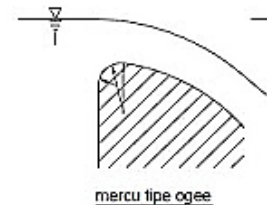
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Bendung

Bendung merupakan bangunan air dengan kelengkapan yang dibangun melintang sungai atau sudetan yang sengaja dibangun untuk meninggikan muka air, sehingga air dapat ditampung dan dialirkan secara grafitasi ke kawasan irigasi (Standar Tata Cara Perencanaan Umum Bendung).

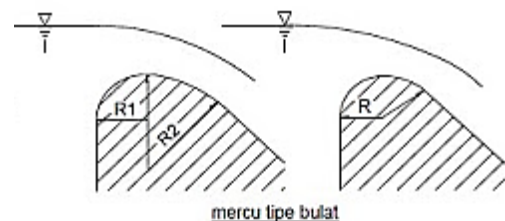
### B. Klasifikasi Bendung

1. Berdasarkan Tipe Strukturnya
  - Bendung tetap
    - a. Mercu ogee



Gambar 2. Mercu tipe *ogee*  
(sumber : Bambang Triadjmojo,1993)

### b. Mercu bulat



Gambar 2. Mercu tipe bulat  
(sumber : Bambang Triadjmojo,1993)

### C. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya curah hujan rencana dan debit banjir rencana dalam periode tertentu. Dalam penelitian ini menggunakan curah hujan rencana dengan periode ulang 50 tahun (R50) dan debit banjir rencana dengan periode 50 tahun (Q50). Tahap-tahap dalam analisa hidrologi sebagai berikut :

- Memperkirakan data yang hilang
- Uji konsistensi data
- Analisa curah hujan maksimum rata-rata
- Analisa frekuensi
- Uji kecocokan distribusi frekuensi
- Memperkirakan laju aliran puncak
- Menghitung debit banjir rencana sesuai dengan waktu yang ditentukan

### D. Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika digunakan untuk menetapkan dimensi dan bangunan bendung yang digunakan untuk mengalirkan debit tersebut. Perhitungan hidrolis mencakup tahapan-tahapan sebagai berikut :

- Kemiringan dasar sungai
- Tinggi air banjir di hilir bendung
- Lebar efektif bendung
- Elevasi mercu bendung
- Perencanaan mercu
- Tinggi air banjir diatas mercu
- Perencanaan kolam olakan

### E. Analisa Stabilitas Bendung

Setelah dilakukannya analisa hidrologi dan analisa hidrolika tahap selanjutnya adalah analisa stabilitas terhadap bendung. Gaya-gaya yang berkerja terhadap bendung yaitu

- Gaya berat bendung (G)
- Gaya gempa terhadap bendung (K)
- Gaya tekanan air (W)
- Gaya tekanan tanah (P)
- Gaya tekanan lumpur (S)
- Gaya tekanan uplift pressure (U)

### F. Analisa Respon Spektrum Gempa

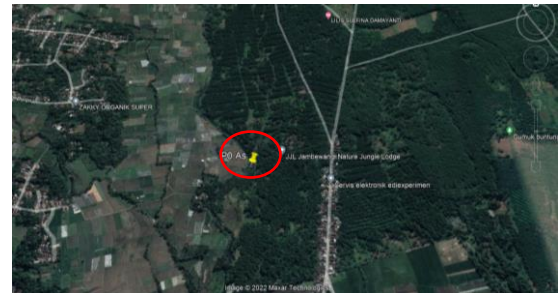
Dalam penelitian ini menggunakan tata cara yang sudah tercantum dalam SNI 1726-2019 dengan peta zonasi gempa tahun 2017 untuk mencari nilai koefisien gempa yang

nantiya akan berpengaruh pada gaya terhadap bendung atau terhadap stabilitas bendung.

## 3. METODOLOGI

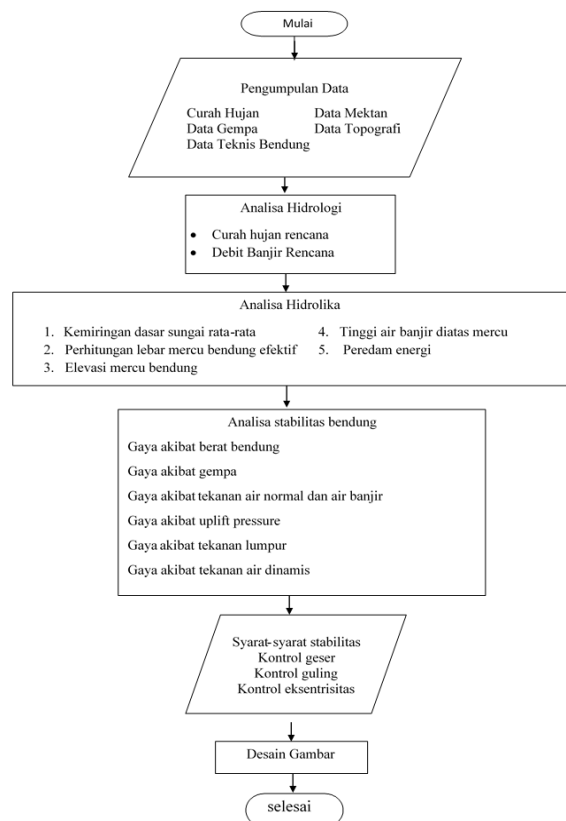
### a. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada Bendung Setail yang berlokasi di Desa Jambewangi, Kecamatan Sempu, Kabupaten Banyuwangi yang terletak di koordinat 8°16'40"S 118°08'05"E.

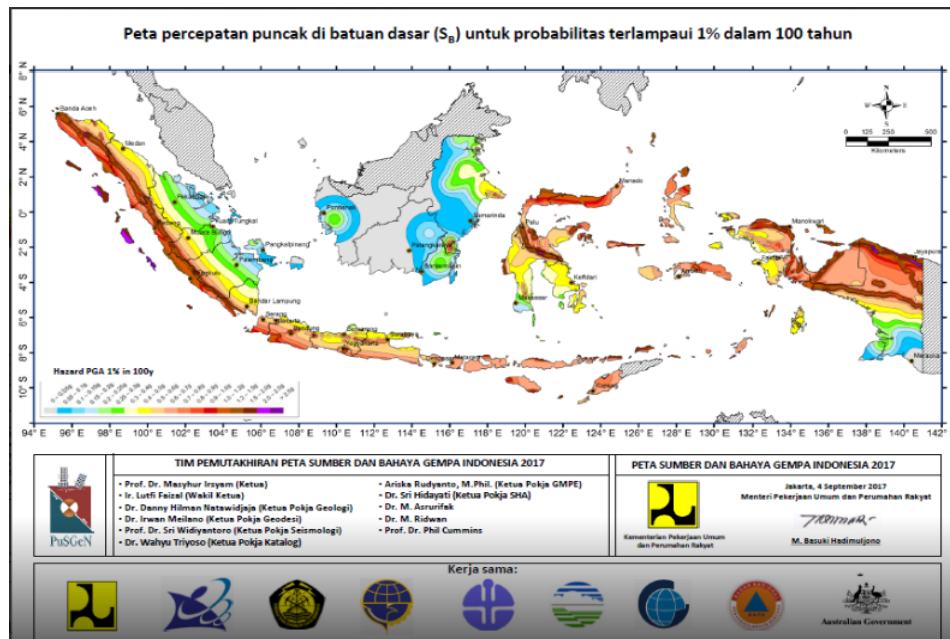


Gambar 3. Peta lokasi penelitian (sumber : Google Maps,2021)

### b. Diagram Alur



Sumber :Hasil Perencanaan



Gambar 4. Peta Zonasi Gempa 2017  
 Sumber : Pusat Studi Gempa Nasional

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Analisa Hidrologi

##### 1. Analisa Curah Hujan Rata-Rata

Analisa ini berfungsi untuk mengetahui curah hujan maksimum di setiap titik hujan yang diteliti, yaitu stasiun penakar hujan Jambewangi, Genteng I, dan Genteng II. Analisa ini menggunakan perhitungan metode aljabar dengan persamaan sebagai berikut :

Curah hujan rata-rata harian (Ri) 2011:

$$\begin{aligned}
 &= (R1+R2+R3)/n \\
 &= (128+43+65)/3 \\
 &= 78.7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 1 Hasil perhitungan Metode Aljabar

Tahun	Tanggal	STASIUN CURAH HUJAN			Curah Hujan Rata-Rata Harian	Curah Hujan Rata-Rata
		(mm)				
2011	29/1/2011	128.0	43.0	65.0	78.7	72.9
	9/5/2011	-	122.0	110.0	116.0	
	9/5/2011	-	122.0	110.0	116.0	
2012	7/3/2012	147.0	60.0	58.0	88.3	69.5
	8/1/2012	84.0	135.0	25.0	81.3	
	7/1/2012	-	33.0	95.0	64.0	
2013	24/11/2013	121.0	47.0	24.0	64.0	68.4
	4/4/2013	67.0	110.0	-	88.5	
	16/12/2013	92.0	30.0	113.0	78.3	
2014	17/12/2014	86.0	-	-	86.0	67.2
	6/2/2014	20.0	78.0	15.0	37.7	
	11/1/2014	-	-	55.0	55.0	
2015	26/11/2015	88.0	5.0	15.0	36.0	43.0
	14/7/2015	5.0	65.0	70.0	46.7	
	15/2/2015	4.0	60.0	75.0	46.3	
2016	8/6/2016	89.0	30.0	35.0	51.3	73.6
	13/2/2016	-	65.0	85.0	75.0	
	13/2/2016	-	65.0	85.0	75.0	
2017	27/6/2017	79.0	-	-	79.0	75.2
	3/7/2017	-	77.0	55.0	66.0	
	1/7/2017	-	75.0	80.0	77.5	
2018	26/11/2018	149.0	73.0	98.0	106.7	75.6
	29/11/2018	31.0	111.0	126.0	89.3	
	29/11/2018	31.0	111.0	126.0	89.3	
2019	223/12/2019	172.0	14.0	10.0	65.3	65.8
	16/4/2019	-	86.0	13.0	49.5	
	31/12/2019	30.0	80.0	120.0	76.7	
2020	24/3/2020	137.0	36.0	37.0	70.0	67.8
	28/11/2020	39.0	105.0	25.0	56.3	
	1/11/2020	7.0	77.0	147.0	77.0	

Sumber : Data dan Hasil Perhitungan

## 2. Analisa Frekuensi dan Distribusi Data Hujan Rancangan

Dimaksudkan untuk menemukan jenis distribusi yang sesuai dalam menentukan curah hujan rencana. Dibawah ini adalah hasil dari perhitungan analisa frekuensi :

**Tabel 2.** hasil perhitungan analisa frekuensi

Tahun	R <sub>i</sub>	P	(R <sub>i</sub> - R)	(R <sub>i</sub> - R) <sup>2</sup>	(R <sub>i</sub> - R) <sup>3</sup>	(R <sub>i</sub> - R) <sup>4</sup>
2011	116.00	9.09	43.11	1858.09	80093.96	3452494.43
2012	88.33	18.18	18.85	355.16	6693.22	126138.35
2013	88.50	27.27	20.06	402.50	8075.23	162009.39
2014	86.00	36.36	18.78	352.60	6621.14	124330.24
2015	46.67	45.45	3.67	13.44	49.30	180.75
2016	75.00	54.55	1.40	1.96	2.74	3.84
2017	79.00	63.64	3.78	14.27	53.91	203.68
2018	106.67	72.73	31.09	966.75	30058.74	934604.24
2019	76.67	81.82	10.86	117.96	1281.22	13915.44
2020	77.00	90.91	9.22	85.05	784.34	7233.40
Rerata	83.98			416.78	13371.38	482111.38

Sumber : Data dan Hasil Perhitungan

Dari tabel perhitungan diatas didapatkan nilai Cs sebesar -0.185, berdasarkan syarat dari beberapa distribusi, dapat disimpulkan bahwa distribusi yang dipakai adalah distribusi Log Pearson III.

### • Distribusi Log Pearson III

Berikut ini adalah tabel perhitungan dari Distribusi Log Pearson III.

**Tabel 3.** Distribusi Log Pearson III

Tahun	R	LogR	Log R - Log Rr	(Log R - LogRr) <sup>2</sup>	(LogR - LogRr) <sup>3</sup>	(LogR - LogRr) <sup>3</sup>
2011	116.00	2.06	0.151	0.023	0.003	0.001
2012	88.33	1.95	0.033	0.001	0.000	0.000
2013	88.50	1.95	0.034	0.001	0.000	0.000
2014	86.00	1.93	0.021	0.000	0.000	0.000
2015	46.67	1.67	-0.244	0.060	-0.015	0.004
2016	75.00	1.88	-0.038	0.001	0.000	0.000
2017	79.00	1.90	-0.016	0.000	0.000	0.000
2018	106.67	2.03	0.115	0.013	0.002	0.000
2019	76.67	1.88	-0.029	0.001	0.000	0.000
2020	77.00	1.89	-0.027	0.001	0.000	0.000
Jumlah	839.83	19.13	0.000	0.102	-0.010	0.004
Rerata		1.91	n =		10	

Sumber : Hasil Perhitungan

### • Uji Kecocokan Distribusi

Uji ini dilakukan dengan tujuan mengetahui kebenaran hipotesa distribusi frekuensi. Dalam penelitian ini menggunakan 2 cara uji kecocokan yaitu uji kecocokan menggunakan metode *Smirnov Kolmogorof* dan metode Uji *Chi Square*. Setelah melakukan kedua uji tersebut didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

#### Uji Smirnov Kolmogorof

D <sub>maks</sub>	nilai	D <sub>0</sub>	Hasil
0.337	<	0.486	OK

#### Uji Chi-Square

X <sup>2</sup>	nilai	Dk	Hasil
2.00	<	3.84	OK

Sumber : Hasil Perhitungan

## 3. Analisa Debit Rencana

Analisa ini menggunakan metode Hidograf Satuan Sintetik Nakayasu. Untuk penelitian ini hidograf banjir yang digunakan adalah data debit banjir rencana dengan kala ulang 50 tahun yaitu sebesar 426.11 m<sup>3</sup>/det.

### B. Analisa Hidrolika

#### • Kemiringan Dasar Sungai

Untuk menentukan kemiringan dasar sungai dengan melakukan perbandingan antara beda tinggi dengan jarak pengukuran dua titik, dengan rumus sebagai berikut :

$$i = \frac{\Delta H/L}{n-1} = \frac{2/20}{21-1} = 0.0075$$

#### • Tinggi Air Banjir Di Hilir Bendung

Hasil perhitungan ini didapatkan debit banjir hitung yang hampir mendekati dengan debit banjir rencana yaitu sebesar 426.11 m<sup>3</sup>/det. Hasil perhitungan ini dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Perhitungan Tinggi Air Banjir di Hilir Bendung

H	b	A	P	R	n	I	V	Q
(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)			(m/dt)	(m <sup>3</sup> /dt)
0.25	50	12.56	50.71	0.25	0.03	0.01	1.37	17.17
0.50	50	25.25	51.41	0.49	0.03	0.01	2.16	54.45
0.75	50	38.06	52.12	0.73	0.03	0.01	2.81	106.92
1.00	50	51.00	52.83	0.97	0.03	0.01	3.38	172.57
1.25	50	64.06	53.54	1.20	0.03	0.01	3.90	250.13
1.50	50	77.25	54.24	1.42	0.03	0.01	4.38	338.74
1.75	50	90.56	54.95	1.65	0.03	0.01	4.83	437.72
2.00	50	104.00	55.66	1.87	0.03	0.01	5.26	546.55
2.25	50	117.56	56.36	2.09	0.03	0.01	5.66	664.82
2.50	50	131.25	57.07	2.30	0.03	0.01	6.04	792.16
2.75	50	145.06	57.78	2.51	0.03	0.01	6.40	928.27

Sumber : Hasil Perhitungan

• **Lebar Efektif Bendung**

Perhitungan ini disesuaikan dengan data existing yang ada yaitu :

- Lebar bendung (B) = 60 m
- Lebar pintu pembilas = 2 m
- Lebar pilar pembilas = 1.5 m
- Lebar pilar mercu = 0.5 m
- Kp = 0.01
- Ka = 0.01
- Bp total = 4 m
- Tp total = 4 m
- Lebar mercu (Bm) = 52 m
- Lebar efektif (Be) = 52 m.0.1 H<sub>1</sub>

• **Elevasi Mercu Bendung**

**Tabel 5.** Perhitungan elevasi mercu

Elevasi sawah tertinggi	=	316	m
Tinggi air di sawah	=	0.1	m
Kehilangan tekanan dari tersier ke sawah	=	0.1	m
Kehilangan tekanan dari sekunder ke tersier	=	0.1	m
Kehilangan tekanan dari primer ke sekunder	=	0.1	m
Kehilangan tekanan dari sungai ke primer	=	0.2	m
Kehilangan tekanan karena kemiringan sungai	=	0.15	m
Kehilangan tekanan pada alat-alat ukur	=	0.4	m
Persediaan tekanan karena eksploitasi	=	0.1	m
Persediaan untuk lain-lain bangunan	=	0.25	m
Elevasi Mercu Bendung	=	317.5	m

Sumber : Hasil Perhitungan

• **Tinggi Air Banjir Diatas Mercu**

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

$$Q = 1.209 \times 2/3 \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times 9.81 \times 59.664 \times 2.4^{3/2}$$

$$439.237 \approx 457.249 \text{ m}^3/\text{det.}$$

Karena nilai Cd coba-coba sama nilai Cd hitung, maka nilai Cd coba-coba dapat diterima.

• **Perhitungan Jari-Jari Mercu**

permukaan mercu ogee dengan kemiringan hulu 1 : 1.

$$R = 0.45 \times Hd$$

$$= 0.45 \times 2.218$$

$$= 0.998 \text{ m}$$

$$\text{Jarak R} = 0.119 \times Hd$$

$$= 0.119 \times 2.218$$

$$= 0.264 \text{ m}$$

Dengan nilai X = 2.197 m dan nilai Y = 1.237 m.

• **Perencanaan Kolam Olakan**

- Perhitungan panjang lantai olakan

$$L_j = 2.7 \times Y_2$$

$$= 2.7 \times 5.374$$

$$= 14.511$$

- Perhitungan blok-blok penghalang

$$n_j = Yu \times (4 + Fr) / 6$$

$$= 0.585 \times (4 + 5.529) / 6$$

$$= 1.164 \text{ m}$$

- Perhitungan endsill (n)

$$n = Yu \times (18 + Fr) / 10$$

$$= 0.585 \times (18 + 5.529) / 10$$

$$= 1.724 \text{ m}$$

- Jarak blok muka dengan blok tengah (L<sub>jblok</sub>)

$$L_{j\text{blok}} = 0.82 \times Y_2$$

$$= 0.82 \times 5.374$$

$$= 4.407 \text{ m}$$

• **Perhitungan Panjang Lantai Muka**

Panjang *creep line* yang diperlukan menggunakan teori Bligh :

$$L_{\text{perlu}} = \Delta H \times C$$

$$= 7.85 \times 5$$

$$= 39.25 \text{ m}$$

• **Tebal Lantai Ruang Olakan**

$$d_x \geq S \frac{P_x - W_x}{\gamma}$$

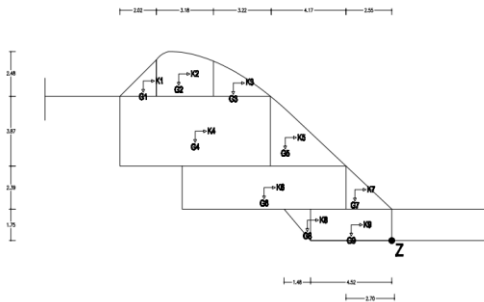
$$1.5 \geq 1.5 \frac{1421 - 1.122}{2200}$$

$$1.5 \geq 0.968 \quad \text{aman!!!}$$

**C. Analisa Stabilitas Bendung**

• **Gaya Akibat Berat Bendung (G)**





**Gambar 5** Gaya akibat berat sendiri bendung

Sumber : Hasil Perencanaan

Perhitungan berat sendiri bendung pada bagian G9 sebagai berikut :

Data :

Lebar = 4.52 m

Tinggi = 1.75 m

Jarak titik berat G9 ke titik Z secara horizontal (X) = 2.26 m,

$\gamma = 2200 \text{ kg/m}^3$ .

Perhitungan gaya akibat berat sendiri, pada bagian G9 :

$$\begin{aligned} G9 &= \text{luas} \times \gamma \\ &= (4.52 \times 1.75) \times 2200 \\ &= 17400 \text{ kg} \\ &= 17.40 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan gaya akibat berat sendiri, pada bagian G9 :

$$\begin{aligned} \text{Moment } G9 &= \text{berat } G \times X \\ &= 17.40 \times 2.26 \\ &= 39.33 \text{ t.m} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan gaya akibat berat ditunjukkan pada tabel 7.

**Tabel 6.** Perhitungan berat bendung

Bagian G	Luas Bagian (m <sup>2</sup> )	Berat Bagian G = F * g * P (ton)
G1	0.5 x 2.02 x 2.02 = 2.04	4.49
G2	3.18 x 2.48 = 7.89	17.35
G3	0.5 x 3.22 x 2.02 = 3.25	7.15
G4	8.39 x 3.87 = 32.47	71.43
G5	0.5 x 4.17 x 3.87 = 8.07	17.75
G6	9.12 x 2.39 = 21.80	47.95
G7	0.5 x 2.55 x 2.39 = 3.23	7.10
G8	0.5 x 1.48 x 1.75 = 1.30	2.85
G9	4.52 x 1.75 = 7.91	17.40
Jumlah ( $\sum G$ )		193.48

Sumber : Hasil perhitungan

**Tabel 7.** Perhitungan gaya berat bendung

Bagian (G)	Berat (ton)	Jarak titik berat terhadap potongan (m)		Momen (t . m)	
		Z (X)	Z (Y)	Mv = G . X	Mh = G . Y
G1	4.49	13.79	8.69	61.90	39.00
G2	17.35	11.58	9.26	200.91	160.66
G3	7.15	7.79	8.69	55.74	62.18
G4	71.43	10.95	6.075	782.19	433.95
G5	17.75	3.94	5.43	69.94	96.39
G6	47.95	7.11	2.95	340.95	141.46
G7	7.10	0.85	2.55	6.03	18.10
G8	2.85	5.01	0.58	14.27	1.65
G9	17.40	2.26	0.88	39.33	15.31
$\sum$	193.48	-	-	1571.25	968.71

Sumber : Hasil Perhitungan

Jarak dari titik pusat gaya berat sendiri bendung pada titik Z ditinjau secara horizontal dan vertical sebagai berikut :

$$\begin{aligned} X &= \sum Mv / \sum G \\ &= 1571.25 / 193.48 \\ &= 8.12 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= \sum Mh / \sum G \\ &= 968.71 / 193.48 \\ &= 5.01 \text{ m} \end{aligned}$$

• **Gaya Akibat Gempa (K)**

Lebar = 4.52

Tinggi = 1.75

Jarak titik berat G9 ke titik Z secara horizontal (Y) = 0.88 m,

$\gamma = 2200 \text{ kg/m}^3$ .

Koefisien gempa = 0.22

Perhitungan gaya akibat gempa sebagai berikut :

$$\begin{aligned} K9 &= \text{koef. Gempa} \times \text{Berat tubuh bendung} \times Y \\ &= 0.2 \times 17.40 \times 0.88 \\ &= 3.06 \text{ t.m} \end{aligned}$$

**Tabel 8.** Perhitungan Gaya Akibat Gempa

bagian (K)	Berat (ton)	Jarak titik berat terhadap potongan (m)	momen (t . m) Mk = W . Y
K1	0.90	8.69	7.80
K2	3.47	9.26	32.13
K3	1.43	8.69	12.44
K4	14.29	6.075	86.79
K5	3.55	5.43	19.28
K6	9.59	2.95	28.29
K7	1.42	2.55	3.62
K8	0.57	0.58	0.33
K9	3.48	0.88	3.06
$\sum K$	38.70	$\sum MK =$	193.74

Sumber : Hasil Perhitungan

Jarak pusat gempa terhadap titik Z secara horizontal adalah

$$Y = \frac{\sum MK}{\sum K} = \frac{193.74}{38.70} = 5.01 \text{ m}$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.00 \times (2.482) = 3,08 \text{ ton}$$

• **Gaya Akibat Tekanan Lumpur**

Data :

Sudut geser dalam lumpur ( $\gamma$ ) =  $30^\circ$   
 Berat volume lumpur ( $\gamma_s$ ) =  $1 \text{ t/m}^3$   
 Jarak terhadap titik Z terhadap secara vertical (Y) =  $9.26 \text{ m}$

$$K_a = \frac{(1 - \sin\phi)}{(1 + \sin\phi)} = \frac{(1 - \sin 30)}{(1 + \sin 30)} = 0.333$$

$$P_{sh} = \frac{\gamma_s h^2}{2} \times K_a \times Y = \frac{1.00 \times 1^2}{2} \times 0.333 \times 9.26 = 1.54 \text{ t.m}$$

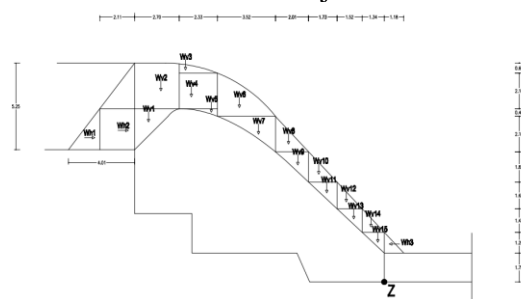
**Tabel 9.**Perhitungan Gaya Tekanan Lumpur

Gaya (Ps)	Besar Gaya (ton)	Jarak (m)	Momen (t.m)
Psh	$\frac{\gamma_s h^2}{2} \times \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi}$	9.26	1.54
	$\frac{\gamma_s h^2}{2} \times \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi}$		
	1.024		
Psv	$1/2 \times \gamma_s \times h \times b$	13.79	2.30
	$= 1/2 \times 1 \times 2.48 \times 2.70$		
	3.348		

Sumber : Hasil Perhitungan

• **Gaya Akibat Tekanan Air**

Perhitungan gaya akibat tekanan air ditinjau dengan 2 (dua) kondisi yaitu kondisi air normal dan kondisi air banjir.



**Gambar 6** Gaya akibat tekanan air

Sumber : Hasil Perencanaan

- **Kondisi air normal**

Data :

Berat volume air ( $\gamma_w$ ) =  $1.00 \text{ t/m}^3$   
 Jarak terhadap titik Z secara vertical (Y) =  $9.26 \text{ m}$

$$P_{wh} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

**Tabel 10** Perhitungan gaya tekanan air kondisi air normal

Gaya (W)	Besar Gaya (ton)	jarak (m)	Momen (t . m)
Pwh	$1/2 \times \gamma_w \times h^2$	9.26	28.48
	$= 1/2 \times 1.00 \times 2.48^2$		
	3.08		
Pwv	$1/2 \times \gamma_w \times h \times b$	13.79	46.17
	$= 1/2 \times 1 \times 2.48 \times 2.7$		
	3.35		

Sumber = Hasil Perhitungan

- **Kondisi air banjir**

Pada saat air banjir, diatas mercu ada lapisan air mengalir dan menutup mercu beban air tersebut akan mempengaruhi stabilitas bendung.

Data :

Berat volume air ( $\gamma_w$ ) =  $1.00 \text{ t/m}^3$   
 Jarak pusat bagian Wv4 terhadap titik z secara vertical (Y) =  $10.9 \text{ m}$

$$W_{v4} = \gamma_w \times b \times h \times Y = 1.00 \times 2.16 \times 2.33 \times 10.9 = 54.86 \text{ t.m}$$

Hasil perhitungan gaya akibat tekanan air kondisi banjir dapat dilihat pada tabel 11 dan tabel 12

**Tabel 11.**Perhitungan gaya tekanan air kondisi air Banjir

Gaya (w)	Besar Gaya (ton)	Jarak (m)	momen (t.m)	
Wh1	$0.5 \times 1.90 \times 2.48 \times 1.00 =$	2.36	9.26	21.82
Wh2	$2.11 \times 2.48 \times 1.00 =$	5.23	9.67	50.60
Wh3	$0.5 \times 1.18 \times 1.26 \times 1.00 =$	0.74	-2.38	-1.77
Wd	$7/12 \times 1.00 \times 0.502 \times (5.25^2) \times ((1 - 0.979)^{1.5}) =$	0.25	9.67	2.45
$\sum W_h =$		8.59	$\sum M_{Wh} =$	73.09

Sumber : Hasil Perhitungan

Jarak garis yang bekerja terhadap titik Z (Y) :

$$Y = \frac{\sum M_{Wh}}{\sum W_h} = \frac{73.09}{8.59} = 8.51 \text{ m}$$

**Tabel 12.**Perhitungan gaya tekanan air kondisi air Banjir secara vertikal

Gaya (W)	Besar Gaya (ton)	Jarak (m)	momen (t.m)	
Wv1	$0.5 \times 2.70 \times 2.48 \times 1.00$	3.35	13.78	46.14



Wv2	2.7 x 2.76 x 1.00	7.45	13.33	99.34
Wv3	0.5 x 2.33 x 0.60 x 1.00	0.70	11.28	7.88
Wv4	2.16 x 2.33 x 1.00	5.03	10.9	54.86
Wv5	0.5 x 1.98 x 0.46 x 1.00	1.44	10.49	15.11
Wv6	0.5 x 3.52 x 2.62 x 1.00	4.61	8.79	40.53
Wv7	0.5 x 3.52 x 2.16 x 1.00	7.60	7.63	58.01
Wv8	0.5 x 2.01 x 2.16 x 1.00	2.17	5.31	11.53
Wv9	0.5 x 2.01 x 1.83 x 1.000	1.84	5.24	9.64
Wv10	0.5 x 1.73 x 1.83 x 1.000	1.58	3.97	6.28
Wv11	0.5 x 1.73 x 1.62 x 1.000	1.40	3.48	4.88
Wv12	0.5 x 1.52 x 1.62 x 1.000	1.23	2.3	2.83
Wv13	0.5 x 1.52 x 1.43 x 1.000	1.09	1.85	2.01
Wv14	0.5 x 1.34 x 1.43 x 1.00	0.96	0.81	0.78
Wv15	0.5 x 1.34 x 1.26 x 1.00	0.84	0.4	0.34
	$\Sigma Wv =$	41.30	$\Sigma MWv =$	360.15

Sumber : Hasil perhitungan

Jarak garis yang bekerja terhadap titik Z (X) :

$$X = \frac{\Sigma MWv}{\Sigma Wv} = \frac{360.15}{41.30} = 8.72 \text{ m}$$

• **Gaya Akibat Tekanan Tanah**

Berikut ini merupakan data-data tanah yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya :

- Kadar air ( $\omega$ ) = 48.56%
- Berat jenis tanah = 1.844 Kg/cm<sup>3</sup>
- Spesifik Gravity = 2.625
- Angka pori (e) = 0.751
- Porositas tanah efektif (n) = 42.89
- Berat jenis tanah kering ( $\gamma_d$ ) = 1.053
- Berat jenis tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) = 1.928
- Sudut geser dalam = 35°

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1.928 - 1.00 = 0.928$$

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2) = \tan^2(45 - 35/2) = 0.271$$

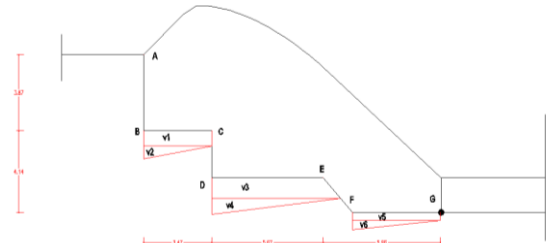
$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2) = \tan^2(45 + 35/2) = 3.690$$

$$P_a = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma_{sub} \times h^2 = \frac{1}{2} \times 0.271 \times 0.928 \times 11.7^2 = 17.212 \text{ ton}$$

$$P_p = -\frac{1}{2} \times K_p \times \gamma_{sub} \times h^2 = -\frac{1}{2} \times 3.690 \times 0.928 \times 1.5^2 = -3.852 \text{ ton}$$

• **Gaya Akibat Tekanan Uplift Plessure**

Gaya tekanan ini ditinjau dari dua keadaan, yaitu keadaan air normal dan air banjir. Sebelum menghitung besarnya *uplift plessure*, terlebih dahulu menghitung besarnya tekanan pada setiap titik sudut bawah bendung. Kemudian dihitung gaya-gaya yang bekerja pada tiap-tiap titik.



**Gambar 7** Gaya akibat tekanan uplift plessure  
 Sumber : Hasil Perencanaan

- **Keadaan air normal**

Rumus besarnya tekanan *uplift plessure* pada setiap titik sudut bawah bendung sebagai berikut :

$$P_x = H_x - \frac{L_x}{\Sigma L} \cdot \Delta H$$

Contoh perhitungan pada titik B :

$$H_x = 5.97 \text{ m}$$

$$L_x = 3.87 \text{ m}$$

$$\Sigma L = 22.21 \text{ m}$$

$$\Delta H = 6.5 \text{ m}$$

Perhitungan besar tekanan tiap titik,

Keadaan air normal :

$$P_x = 5.97 - \frac{3.87}{22.21} \cdot 6.5 = 4.84 \text{ m}$$

Untuk hasil perhitungan gaya akibat tekanan *uplift plessure* dalam keadaan air normal disajikan pada tabel 14

**Tabel 13.** perhitungan besar tekanan kondisi air normal

Titik	Tinggi Titik (Hx)	Panjang bidang kontak (Lx)	Uplift Pressure (Px)
A	1.25	0	1.25
B	5.97	3.87	4.84
C	5.97	7.34	3.82
D	8.36	9.73	5.51
E	8.36	15.4	3.85
F	10.15	17.69	4.97
G	10.15	22.21	3.65

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 14.** perhitungan gaya akibat uplift plessure kondisi air normal

Gaya	Besar Gaya $P_x = F \cdot G_w$	Jarak (Y)	Moment
	ton	m	(t.m)

Pv <sub>1</sub>	$\frac{-1/2 \times (4.84 - 3.82) \times 3.47 \times 1}{=}$	-1.76	13.98	-24.63
Pv <sub>2</sub>	$\frac{-3.82 \times 3.47 \times 1}{=}$	-13.26	13.41	-177.84
Pv <sub>3</sub>	$\frac{-1/2 \times (5.51 - 3.85) \times 7.15 \times 1}{=}$	-5.93	9.29	-55.11
Pv <sub>4</sub>	$\frac{-3.85 \times 7.15 \times 1}{=}$	-27.55	8.1	-223.15
Pv <sub>5</sub>	$\frac{-1/2 \times (4.97 - 3.65) \times 4.52 \times 1}{=}$	-2.99	3.01	-9.00
Pv <sub>6</sub>	$\frac{-3.65 \times 4.52 \times 1}{=}$	-16.50	2.26	-37.29
$\Sigma Px =$		-67.99	$\Sigma Mv =$	-527.02
			X =	7.75

Sumber : Hasil Perhitungan

Jarak dari pusat gaya akibat *uplift pressure* bawah bendung keadaan air normal yang bekerja terhadap titik Z secara horizontal (X) sebesar :

$$X = \frac{\Sigma Mv}{\Sigma Px} = \frac{-527.02}{-67.99} = 7.75 \text{ m}$$

- Keadaan air banjir

$$Px = Hx - \frac{Lx}{\Sigma L} \cdot \Delta H$$

Contoh perhitungan pada titik B :

$$Hx = 7.27 \text{ m}$$

$$Lx = 4.73 \text{ m}$$

$$\Sigma L = 27.54 \text{ m}$$

$$\Delta H = 3.85 \text{ m}$$

Perhitungan besar tekanan tiap titik,

Keadaan air banjir :

$$Px = 7.27 - \frac{4.73}{27.54} \cdot 3.85 = 6.609 \text{ m}$$

Untuk hasil perhitungan gaya *uplift pressure* disajikan pada tabel 15 dibawah ini.

Tabel 16 perhitungan besar tekanan tiap titik kondisi air banjir

**Tabel 15.** perhitungan besar tekanan kondisi air banjir

Titik	Tinggi Titik (Hx)	Panjang bidang kontak (Lx)	Uplift Pressure (Px)
A	2.6	0	2.60
B	6.47	3.87	5.10
C	6.47	7.34	3.88
D	8.86	9.73	5.42
E	8.86	15.4	3.42
F	10.61	17.69	4.36
G	10.61	22.21	2.76

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 16.** perhitungan gaya akibat *uplift pressure* kondisi air banjir

Gaya	Besar Gaya Px = F . Gw		Jarak (Y)	Moment
	ton		m	(t.m)
Pv <sub>1</sub>	$\frac{-1/2 \times (5.10 - 3.88) \times 3.47 \times 1}{=}$	-2.13	13.98	-29.75

Pv <sub>2</sub>	$\frac{-3.88 \times 3.47 \times 1}{=}$	-13.45	13.41	-180.35
Pv <sub>3</sub>	$\frac{-1/2 \times (5.42 - 3.42) \times 7.15 \times 1}{=}$	-7.16	9.29	-66.56
Pv <sub>4</sub>	$\frac{-3.42 \times 7.15 \times 1}{=}$	-24.43	8.1	-197.89
Pv <sub>5</sub>	$\frac{-1/2 \times (4.36 - 2.76) \times 4.52 \times 1}{=}$	-3.61	3.01	-10.87
Pv <sub>6</sub>	$\frac{-2.76 \times 4.52 \times 1}{=}$	-12.48	2.26	-28.19
$\Sigma Px =$		-63.26	$\Sigma Mv =$	-513.61
			X =	8.12

Sumber : Hasil Perhitungan

Jarak pusat gaya akibat tekanan bawah bendung (*uplift pressure*) keadaan air banjir yang bekerja terhadap titik Z secara horizontal (X) sebesar :

$$X = \frac{\Sigma Mv}{\Sigma Px} = \frac{-513.61}{-63.26} = 8.12 \text{ m}$$

• Rekapitulasi Gaya-Gaya Yang Bekerja

Rekapitulasi gaya-gaya yang bekerja pada bendung dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 17** Rekapitulasi gaya-gaya horisontal keadaan air normal

Gaya yang bekerja	besar gaya	jarak	momen
	ton	m	t.m
Gempa (K)	38.70	5.01	193.74
Lumpur (Ps)	1.02	9.26	1.54
Air (Wh)	3.08	9.26	28.48
Tanah (Pa)	17.21	4.00	68.85
Tanah (Pp)	-3.85	0.37	-1.43
Jumlah	56.15	-	291.19

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 18** Rekapitulasi gaya-gaya vertikal keadaan air normal

Gaya yang bekerja	besar gaya	jarak	momen
	ton	m	t.m
Berat Bendung (G)	193.48	8.12	1571.25
Lumpur (Ps)	3.35	13.79	2.30
Air (Wv)	3.35	13.79	46.17

Uplift (Px)	-67.99	8.12	-527.02
Jumlah	132.18	-	1092.70

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 19** Rekapitulasi gaya-gaya horisontal kondisi banjir

Gaya yang bekerja	besar gaya	jarak	momen
	ton	m	t.m
Gempa (K)	38.70	5.01	193.74
Lumpur (Ps)	1.02	9.26	1.54
Air (Wh)	8.59	8.51	73.09
Air Dinamis (Pd)	4.61	12.53	1.75
Tanah (Pa)	17.21	4.00	68.85
Tanah (Pp)	-3.85	0.37	-1.43
Jumlah	66.27	-	337.56

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 20** Rekapitulasi gaya-gaya vertikal keadaan air banjir

Gaya yang bekerja	besar gaya	jarak	momen
	ton	m	t.m
Berat Bendung (G)	193.48	8.12	1571.25
Lumpur (Ps)	3.35	13.79	2.30
Air (Wv)	41.30	8.72	360.15
Uplift (Px)	-63.26	8.12	-513.61
Jumlah	174.87	-	1420.09

Sumber : Hasil Perhitungan

• **Perhitungan Kontrol Stabilitas Kondisi Air Normal**

- **Stabilitas terhadap guling**

$$Fg = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} \geq 1.5$$

$$Fg = \frac{1092.70}{291.19} \geq 1.5$$

$$Fg = 3.75 \geq 1.5 \quad \text{aman!!!}$$

- **Stabilitas terhadap geser**

$$Fs = \frac{\sum V x f}{\sum H} \geq 1.5$$

$$Fs = \frac{132.18 x 0.7}{56.15} \geq 1.5$$

$$Fs = 1.65 \geq 1.5 \quad \text{aman!!!}$$

- **Stabilitas terhadap eksentrisitas (retak)**

$$e = \left( \frac{B}{2} - \frac{\sum Mt - \sum Mg}{\sum V} \right) < \frac{1}{6} B$$

$$e = \left( \frac{10.5}{2} - \frac{1092.70 - 291.19}{132.18} \right) < \frac{1}{6} 10.5$$

$$e = -0.81 < 1.75 \quad \text{aman !!!}$$

- **Stabilitas terhadap daya dukung tanah**

$$\sigma = \frac{\sum V}{B} x \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right) < \sigma_{ijin}$$

$$\sigma = \frac{132.18}{10.5} x \left( 1 \pm \frac{6 x (-0.81)}{10.5} \right) < 92.889 t/m^2$$

$$\sigma = 53.38 < 92.889 t/m^2 \quad \text{aman!!!}$$

- **Stabilitas terhadap erosi bawah tanah (piping)**

$$C_L \leq \frac{\sum L_V + 1/3 \sum L_H}{\Delta H}$$

Dengan :

$$L_V = 23.95 \text{ m}$$

$$L_H = 56.16 \text{ m}$$

$$\Delta H = 6.5 \text{ m}$$

$$C_L \text{ min} = 4.0$$

$$4.0 \leq \frac{23.95 + \frac{1}{3} 56.16}{6.5}$$

$$4.0 \leq 6.56 \quad \text{aman !!!}$$

• **Perhitungan Kontrol Stabilitas Kondisi Air Banjir**

- **Stabilitas terhadap guling**

$$Fg = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} \geq 1.5$$

$$Fg = \frac{1420.09}{337.56} \geq 1.5$$

$$Fg = 4.21 \geq 1.5 \quad \text{aman!!!}$$

- **Stabilitas terhadap geser**

$$Fs = \frac{\sum V x f}{\sum H} \geq 1.5$$

$$Fs = \frac{174.87 x 0.7}{66.27} \geq 1.5$$

$$Fs = 1.85 \geq 1.5 \quad \text{aman!!!}$$

- **Stabilitas terhadap eksentrisitas (retak)**

$$e = \left( \frac{B}{2} - \frac{\sum Mt - \sum Mg}{\sum V} \right) < \frac{1}{6} B$$

$$e = \left( \frac{10.5}{2} - \frac{1420.09 - 337.56}{174.87} \right) < \frac{1}{6} 10.5$$

$$e = -0.94 < 1.75 \quad \text{aman !!!}$$

- **Stabilitas terhadap daya dukung tanah**

$$\sigma = \frac{\sum V}{B} x \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right) < \sigma_{ijin}$$

$$\sigma = \frac{174.87}{10.5} x \left( 1 \pm \frac{6 x (-0.94)}{10.5} \right) < 92.889 t/m^2$$

$$\sigma = 25.60 < 92.889 t/m^2 \quad \text{aman!!!}$$

- **Stabilitas terhadap erosi bawah tanah (piping)**

$$C_L \leq \frac{\Sigma L_V + 1/3 \Sigma L_H}{\Delta H}$$

Dengan :

LV = 23.95 m

LH = 56.16 m

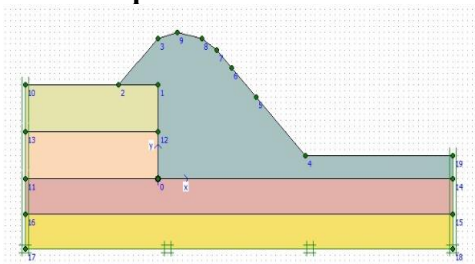
$\Delta H$  = 7.85 m

CL min = 4.0

$$4.0 \leq \frac{23.95 + \frac{1}{3} 56.16}{7.85}$$

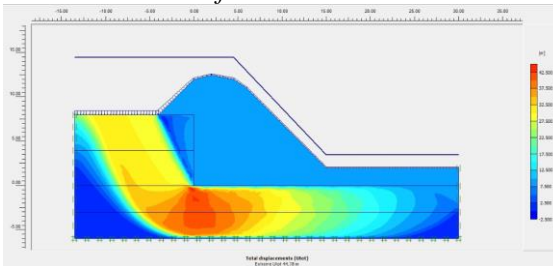
$$4.0 \leq 5.43 \quad \text{aman !!!}$$

### • Plaxis Input



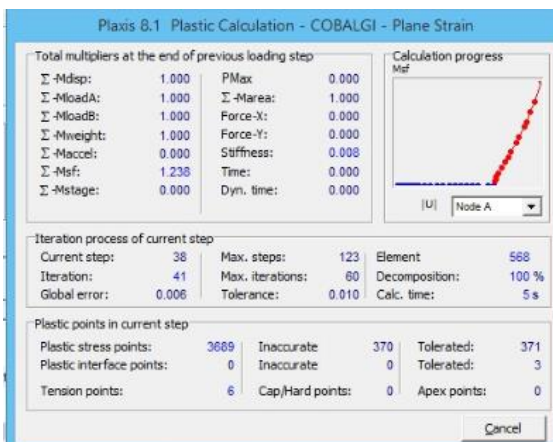
**Gambar 8** pemodelan geometri bendung dalam program plaxis.

Sumber : Hasil Software Plaxis



**Gambar 9** garis keruntuhan bendung dengan beban luar

Sumber : Hasil Software Plaxis



**Gambar 10** SF bendung dengan beban luar

Sumber : Hasil Software Plaxis

Persamaan kestabilan daya dukung tanah adalah sebagai berikut :

$$SF = \frac{Q_{ult}}{W} > 2$$

Hasil *Plaxis* yang di dapat adalah :

Dari gambar 4.9 didapatkan nilai SF adalah 3.2816 lebih dari 2, maka menurut persamaan kestabilan daya dukung tanah di daerah tersebut stabil bila dilakukan perencanaan bendung di lokasi tersebut.

## 5. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan dari seluruh tahapan-tahapan perhitungan untuk review desain Bendung Setail ini dimulai dari analisa hidrologi guna menentukan debit rencana, analisa hidrolika guna mendesain bendung dan juga control kekuatan bendung tersebut menggunakan analisa stabilitas dan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Diperoleh debit banjir puncak yang terjadi pada bendung Setail desa Jambewangi, Kecamatan Sempu, Kabupaten Banyuwangi sebesar 2.920 m<sup>3</sup>/det.
2. Desain bendung Setail yang digunakan yaitu bendung tetap tipe *ogee* dengan kemiringan permukaan hilir 1 : 1 dengan nilai K = 1.873 dan nilai n = 1.776 dan kolam olak dengan tipe USBR III.
3. Dari hasil perhitungan pengaruh beban gempa yang terjadi terhadap desain bendung masih tergolong aman dengan kontrol stabilitas terhadap guling sebesar 3.75 > 1.5 dalam keadaan air normal dan 4.21 > 1.5 dalam keadaan air banjir, sedangkan untuk kontrol stabilitas terhadap geser bendung dalam kondisi air normal dan kondisi air banjir didapatkan hasil sebesar 3.2816 > 2, sedangkan untuk pengaruh beban gempa terhadap desain Bendung Setail ini didapatkan hasil sebesar 2.665 > 2, dapat dikatakan aman untuk dilakukan ke tahap selanjutnya.

### B. Saran

Berdasarkan dari analisa yang telah dilakukan serta desain yan telah dibuat berdasarkan kondisi bendung Setail, Desa Jambewangi, Kecamatan Sempu, Kabupaten Banyuwangi, maka dapat penulis sarankan

sebagai pertimbangan selanjutnya yaitu sebagai berikut :

1. Perlu diadakannya pengembangan penelitian lebih lanjut mengenai bendung Setail ini, terhadap mercu dan yang lainnya.
2. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat disosialisasikan kepada pihak-pihak yang berkaitan dengan bidang yang diteliti, sebagai pertimbangan dalam pengembangan bendung Setail ini.

HIDRAULIK BENDUNG TETAP,  
2002, Alfabeta.

Windry Eka Yulianti dan Andi Aprizon, 2003,  
Perencanaan Ulang Bendung Tegal Di  
Kali Opak Kabupaten Bantul  
Yogyakarta.

## 6. DAFTAR PUSTKA

- Departemen Pekerjaan Umum. 2012. Buku Informasi Statistik Pekerjaan Umum.
- Anonim. 2010. *Standart Perencanaan Irigasi KP-02*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim. 2010. *Standart Perencanaan Irigasi KP-04*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim. 2010. *Standart Perencanaan Irigasi KP-06*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim. 2010. *Standart Perencanaan Irigasi KP-07*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Rizal, Nanang Saiful. 2014. *Aplikasi Perencanaan Irigasi dan Bangunan Air*. LPPM.Universitas Muhammadiyah Jember, Jember
- Soedibyo, (2003). *Teknik Bendungan*. Jakarta: PT. Pradinya Paramita
- Soewarno, CD. 1995. *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Usaha Erlangga.
- Pusat Studi Gempa Nasional. (2017), “*Peta Zonasi Gempa Tahun 2017*”
- Badan Standardisasi Nasional. (2019), “*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung*”, SNI 1726-2019
- Yunanto, Agung dan Al Adhim, A.N.A. 2020. Laporan Tugas Akhir: Redesain Bendung Tetap Sungai Garang Kelurahan Pudak Payung Semarang. Program Studi Teknik Sipil UNISSULA. Semarang.
- Mawardi, Ermandan Memed, Moch. 2002. *Desain Hidraulik Bendung Tetap Untuk Irigasi Teknis*. Alfabeta. Bandung.
- Erwan mawardi, Drs, Dipl. AIT dan Moch Memed, Ir, Dipl. H.E, APU, DESAIN