

# STUDI PERENCANAAN BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*) PADA BENDUNGAN GRENENG KABUPATEN BLORA

Ahmad Khoirudin<sup>1</sup>, Eko Noerhayati<sup>2</sup>, Bambang Suprpto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, e-mail : ahmadkhoirudin10111995@gmail.com

<sup>2</sup>Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, e-mail : eko.noerhayati@unisma.ac.id

<sup>3</sup>Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, e-mail : bambang.suprpto@unisma.ac.id

## ABSTRAK

*Kecamatan Tunjungan merupakan salah satu kecamatan di kabupaten Blora yang memiliki irigasi yang luas, alasan yang mendasari perlu dibangun bendungan pada daerah Tunjungan karena pada musim kemarau sering mengalami kekeringan dan musim hujan menimbulkan banjir. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan desain ambang pelimpah, adapun perhitungan dalam mendesain bangunan pelimpah (*spillway*) meliputi analisa hidrologi, hidrolika. Setelah itu menganalisa stabilitas bangunan pelimpah yang ditinjau dari stabilitas guling, stabilitas geser, eksentrisitas dan daya dukung tanah. Hasil penelitian perhitungan debit banjir rencana periode ulang pada tahun ( $Q_{1000th}$ ) inflow sebesar 19,15 m<sup>3</sup>/det dan outflow sebesar 7,97 m<sup>3</sup>/det. Dengan lebar dimensi bangunan pelimpah sebesar 15,40 m dan tinggi bangunan pelimpah 3 meter. Saluran transisi dengan panjang 10 m dan lebar 10 m. Saluran peluncur dengan panjang 10 m dan lebar 10 m. Peredam energi dengan tipe USBR tipe III dan panjang kolam olak 5 m. Hasil dan perhitungan stabilitas ditinjau dari kondisi kosong, penuh,  $Q_{1000}$  dan  $Q_{pmf}$ . Perhitungan stabilitas pelimpah di peroleh hasil Stabilitas guling keadaan normal  $SF = 50,26 > 1,5$  (aman), stabilitas geser keadaan normal  $SF = 5,46 > 1,5$  (aman), eksentrisitas keadaan normal  $e = 0,61 > 2,57$  (aman), daya dukung tanah keadaan normal maksimal = 11,95 < 56,19 (aman), min = 7,04 < 56,19 (aman).*

**Kata kunci :** Debit Banjir, Bangunan Pelimpah, Stabilitas.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kabupaten Blora adalah sebuah kabupaten di Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Pusat pemerintahannya berada di Kecamatan Blora yang berjarak 122,8 km dari Semarang, ibu kota Provinsi Jawa Tengah. Kabupaten ini menempati wilayah seluas 1820,59 km<sup>2</sup> yang dihuni oleh ±92.778 jiwa. Lokasi pekerjaan hidrologi dilakukan di Daerah Aliran Sungai Greneng pada lokasi Bendungan Greneng yang terletak di Desa Tunjungan, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah

Bangunan Pelimpah (*Spillway*) adalah bangunan pelengkap dari suatu bendungan yang berguna untuk mengalirkan kelebihan air ke arah hilir. Bangunan pelimpah pada suatu bendungan merupakan bangunan yang sangat penting, karena bangunan ini yang memungkinkan beroprasinya bendungan dengan baik. Ini berarti bahwa apabila bangunan ini tidak dibangun dengan baik, dapat membahayakan konstruksi bendungan.

Dengan latar belakang tersebut, untuk melindungi tubuh bendungan dari bahaya (*overtopping*), maka bangunan pelimpah yang terletak di tubuh bendungan direncanakan

dengan pertimbangan yang tepat melalui aspek-aspek teknis yang ada (Sosrodarsono dan Takeda, 1997).

### Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi diatas maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa besar debit banjir rancangan bangunan pelimpah pada Bendungan Greneng?
2. Bagaimana dimensi bangunan pelimpah pada Bendungan Greneng ?
3. Bagaimana stabilitas bangunan pelimpah pada Bendungan Greneng ?

### Tujuan dan Manfaat Perencanaan

Sesuai dengan judul dan uraian di atas, maka tujuan yang diharapkan pada penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk menghitung besar debit banjir rancangan bangunan pelimpah.
2. Untuk menghitung dimensi bangunan pelimpah.
3. Untuk merencanakan stabilitas pelimpah yang aman.

Sedangkan manfaat yang diharapkan dari “Studi perencanaan bangunan pelimpah (*spillway*) Pada Bendungan Greneng” adalah:

1. Memberikan sumbangan pemikiran dalam perencanaan bangunan pelimpah (*spillway*) pada Bendungan Greneng kepada instansi terkait.
2. Dapat dijadikan referensi tambahan untuk Mahasiswa Universitas Islam Malang dalam menyusun tugas akhir yang berkaitan dengan perencanaan bangunan pelimpah (*spillway*) bendungan.

### TINJAUAN PUSTAKA

#### Bangunan Pelimpah (*Spillway*)

Bangunan Pelimpah adalah sebuah struktur yang berada di bendungan berfungsi untuk mengendalikan pelepasan air dari bendungan menuju ke daerah hilir. Apabila terjadi kecepatan aliran air yang besar akan terjadi olakan (*turbulensi*) yang dapat mengganggu jalannya air sehingga menyebabkan berkurangnya aliran air yang masuk ke bangunan pelimpah. Kecepatan aliran harus dibatasi, tidak melebihi kecepatan kritisnya. Ukuran bangunan pelimpah harus dihitung dengan sebaik-baiknya, karena kalau terlalu kecil ada resiko yaitu tidak mampu melimpahkan debit air banjir yang terjadi. Sebaliknya apabila ukurannya terlalu besar, bangunan akan menjadi mahal yang dapat mempengaruhi biaya proyek secara keseluruhan (Soedibyo. 2003:320).

#### Analisa Hidrologi

##### Analisa Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I

Hidrograf satuan sintetik Gama I dikembangkan oleh Sri Harto (1993) berdasarkan perilaku hidrologis 30 DAS pulau jawa. Meskipun diturunkan dari data DAS dipulau jawa, ternyata hidrograf satuan sintetik Gama I berfungsi baik untuk berbagai daerah lain di Indonesia.

1. waktu puncak HSS Gama I (Tr) :  
$$Tr = 0,43 \cdot \left( \frac{L}{100 \cdot SF} \right)^3 + 1,0665 \text{ SIM} + 1.2775 \dots\dots\dots 1$$
2. waktu dasar (Tb) :  
$$Tb = 27,4132 Tr^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,7344} RUA^0,2574 \dots\dots\dots 2$$
3. debit puncak banjir (Qp)

	$Q = 0,1836 A^{0,5886} Tr^{-0,4008} JN^{0,2381} p$ .....	3
4.	koefisien resesi $K/C = 0,5167 A^{0,1789} S^{-0,1446} SF^{-1,0897} D^{0,0452}$ .....	4
5.	aliran dasar (QB) $QB = 0,4715 A^{0,6444} D^{0,943}$ .....	5
6.	Analisa hidrograf banjir untuk kala ulang dihitung dengan persamaan berikut : $Q_{total} = U1.Rei + U2.Rei-1 + U3.Rei-2 + ..... + Qb$ .....	6

Keterangan :

$Q_{total}$  = Debit Banjir Rancangan untuk periode ulang T tahun  
 $U_n$  = Ordinat Umit HSS Gamma I  
 $Rei$  = Hujan efektif pada jam ke I  
 $Qb$  = Aliran dasar ( *Base Flow* )  
 $A$  = luas DAS (km<sup>2</sup>)  
 $L$  = panjang sungai utama (km)  
 $S$  = kemiringan dasar sungai  
 $SF$  = perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat satu dengan jumlah panjang sungai semua tingkat  
 $WF$  = faktor lebar, perbandingan antara lebar DAS yang diukur dititik sungai yang berjarak 0,75 L dari stasiun hidrometri  
 $JN$  = jumlah pertemuan sungai  
 $SIM$  = faktor simetri, hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas DAS sebelah hulu (RUA)  
 $RUA$  = luas DAS sebelah hulu  
 $D$  = kerapatan jaringan kurus, jumlah panjang sungai semua tingkat tiap satuan luas DAS

### Analisa Hidrolika

#### Penentuan Tipe Pelimpah

Metode yang dipakai untuk menentukan bentuk penampang hilir dan titik tertinggi mercu pelimpah adalah lengkung Harold (Sosrodarsono, Kensaku Takeda, 1989:184).

$$X^{1,85} = 2,0.Hd^{0,85}.Y \dots\dots\dots 8$$

dengan :

$X$  = jarak horisontal dari titik tertinggi mercu bendung ke titik di permukaan disebelah hilirnya.

$Y$  = jarak vertikal dari titik tertinggi mercu bendung ke titik di permukaan mercu sebelah hilirnya.

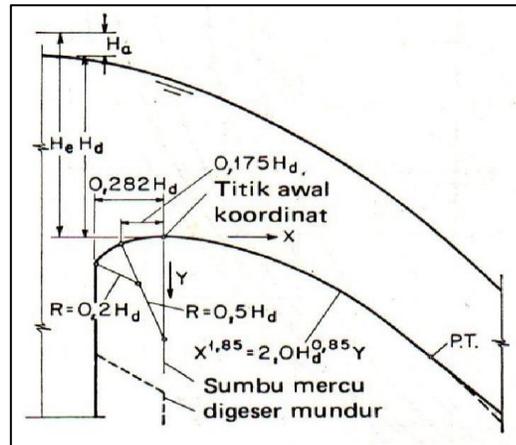
$Hd$  = tinggi tekan mercu

$K,n$  = Parameter yang tergantung pada kemiringan muka pelimpah bagian hulu.

**Tabel 1.** Nilai K dan n

Kemiringan muka hulu	K	N
Tegak lurus	2	1,85
3 : 1	1,93	1,83
3 : 2	1,93	1,81
3 : 3	1,87	1,77

(Sumber : Chow,1985)



**Gambar 1.** Bentuk-Bentuk Pelimpah  
(Sumber : Chow, 1985)

**Stabilitas Bangunan Pelimpah**

Bangunan pelimpah agar dapat berdiri dengan kokoh, perlu adanya analisis mengenai kestabilan konstruksinya. Agar bangunan stabil perlu dikontrol apakah gaya-gaya yang bekerja tidak menyebabkan bangunan bergeser, terangkat atau terguling. Adapun faktor-faktor yang berpengaruh terhadap stabilitas keamanan konstruksi bangunan pelimpah adalah sebagai berikut:

1. Faktor keamanan konstruksi terhadap guling (*overtuning*)

Bangunan harus aman terhadap guling dengan faktor keamanan ( $S_f$ ) lebih besar dari 1,5 untuk kondisi normal dan 1,1 untuk kondisi gempa dengan rumus berikut :

$$S_f = \frac{\sum(MT)}{\sum(MG)} \geq 1,1 \dots\dots\dots 9$$

Dengan :

$\sum(MT)$  = jumlah momen tahan

$\sum(MG)$  = jumlah momen guling

2. Faktor keamanan konstruksi terhadap geser (*sliding*)

Bangunan harus aman terhadap bahaya geser dengan faktor keamanan ( $S_f$ ) 1,5 untuk kondisi normal dan 1,2 untuk kondisi gempa dapat dihitung dengan rumus :

$$S_f \leq \frac{\sum V}{\sum H} \dots\dots\dots 10$$

Dengan :

$\sum V$  = jumlah gaya vertikal

$\sum H$  = jumlah gaya horizontal

## METODOLOGI PERENCANAAN

### Lokasi Studi

Lokasi wilayah perencanaan “Bangunan Pelimpah (*Spillway*) Bendungan Greneng Kab. Blora Provinsi Jawa Tengah” terletak di Desa Tunjungan, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora, dengan jarak tempuh sekitar 122,8 km dari Semarang Ibu kota Provinsi Jawa Tengah.

### Tahapan Penyelesaian.

Tahapan – tahapan perencanaan pada studi ini adalah :

1. Pengumpulan data – data berupa data hidrologi, data topografi dan geologi.
2. Analisa hidrologi untuk mengetahui berapa banjir rancangan.
3. Analisa kapasitas pelimpah dan penelusuran banjir.
4. Analisa hidrolika pada bangunan pelimpah.
5. Analisa stabilitas pada bangunan pelimpah.
6. Penggambaran dimensi pelimpah.

## ANALISA DAN PEMBAHASAN

### Analisa Hidrologi

1. Debit inflow  $Q_{1000}$  tahun = 19,15 m<sup>3</sup>/detik
1. Debit outflow  $Q_{1000}$  tahun = 7,97 m<sup>3</sup>/detik

### Analisa Hidrolika

#### Perencanaan Ambang Pelimpah

Dari hasil perhitungan penelusuran banjir diperoleh nilai Q Outflow untuk kala ulang  $Q_{1000}$  tahun sebagai berikut :

- Debit *outflow* maksimum ( $Q_o$ ) = 7,97 m<sup>3</sup>/dt
- Lebar ambang pelimpah ( L ) = 15 m
- Kedalaman aliran di atas ambang pelimpah (  $H_d$  ) = 0,71 m

Profil pelimpah direncanakan menggunakan OGEE Tipe I dengan perhitungan sebagai berikut:

- $R_1 = 0,2 H_d = 0,2 \times 0,71 = 0,14$  m
- Jarak  $R_1 = 0,282 H_d = 0,282 \times 0,71 = 0,20$  m
- $R_2 = 0,5 H_d = 0,5 \times 0,71 = 0,35$  m
- Jarak  $R_2 = 0,175 H_d = 0,175 \times 0,71 = 0,12$  m

Perhitungan lengkung harrold:

$$X^{1,85} = 2 \cdot H_d^{0,85}, Y$$

$$\text{Maka } Y = 2 \times 0,71 \times 0,85 = 0,67$$

$$Y = 0,67 \times X^{1,85} = 1,24$$

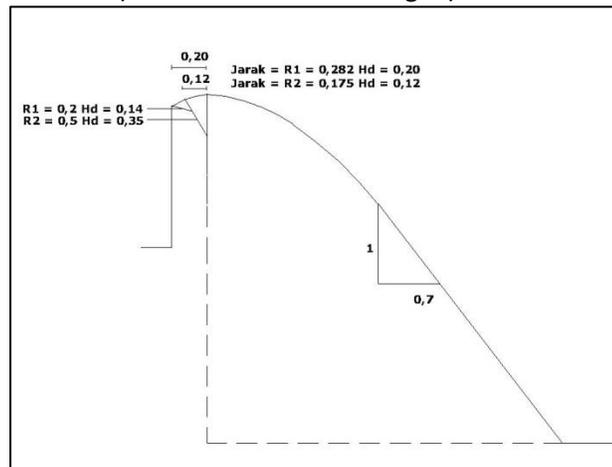
$$Y' = 1,24 \times X^{0,85}$$

Maka koordinat titik akhir kurva ( X = 1,18 ; Y = 0,91), dan perhitungan selanjutnya tabel 2

**Tabel 2** Koordinat Profil Ambang Pelimpah`

0.30	0.07
0.60	0.26
0.90	0.55
1.20	0.94

(Sumber : Hasil Perhitungan)



**Gambar 2.** Lengkung Harold Mercu Ogee Tipe I  
(Sumber : Hasil Penggambaran)

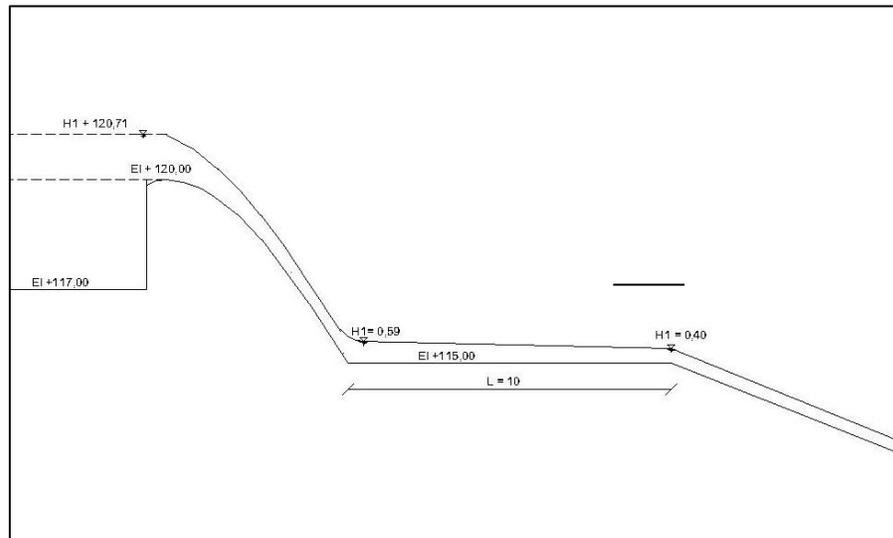
### Perencanaan saluran Transisi

Perencanaan saluran transisi dihitung menggunakan debit outflow rancangan  $Q_{1000}$  tahun. Saluran transisi direncanakan menggunakan slope dengan nilai 0 untuk menghasilkan kondisi aliran kritis pada akhir saluran transisi. Kondisi saluran transisi yang akan direncanakan adalah sebagai berikut:

$$Q_{1000th} = 7,97 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$B_{transisi} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi dasar} = + 115,00$$



**Gambar 3.** Tampak Samping Saluran Transisi  
(Sumber : Hasil Penggambaran)

**Perencanaan Saluran Peluncur**

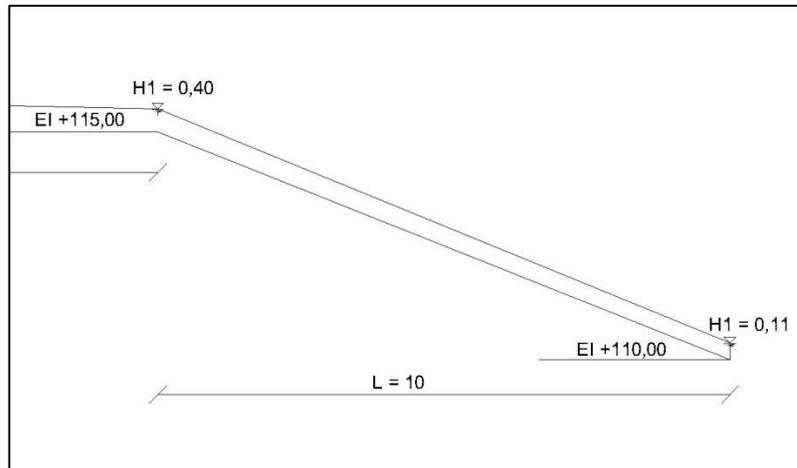
Dalam perencanaan saluran peluncur ini menggunakan kala ulang  $Q_{1000th}$ . Kondisi saluran peluncur yang akan direncanakan adalah sebagai berikut:

- Debit Outflow  $Q_{1000th}$  = 7,97 m<sup>3</sup>/detik
- Elevasi dasar saluran pada awal sal.peluncur= +115,00 m
- Lebar saluran peluncur = 10 m
- Koefisien manning (n) = 0,014
- Slope (I) = elevasi / jarak = 7,66

**Tabel 3.** Perhitungan Tinggi Muka Air Saluran Peluncur

No	Jarak	$\Delta X$	BI	ZI	hi	El. MA	A2	U1	$h+Z+U^2/2g$	P1	R1	Sf	Sf-rata	Sifr. $\Delta X$	he	$h_2+Z_2+U_2^2/2g+h_f+he$	Ket.	Fr	Keterangan Fr
	m	m	m	m	m	m	m	m/det	m	m	m			m	m	m			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0	0	10	115.00	0.40	230.40	4.02	1.99	115.60	10.80	0.37	0.00						1.0000	KRITIS
2	2.5	2.5	10	95.83	0.31	211.14	3.10	2.57	96.48	10.62	0.29	0.01	0.00	0.01	0	115.61	OK	1.4751	SUPER KRITIS
3	5	2.5	10	76.67	0.20	191.87	2.00	3.99	77.68	10.40	0.19	0.03	0.02	0.04	0	115.65	OK	2.8466	SUPER KRITIS
4	7.5	2.5	10	57.50	0.18	172.68	1.80	4.43	58.68	10.36	0.17	0.04	0.03	0.08	0	115.69	OK	3.3340	SUPER KRITIS
5	10	2.5	10	38.33	0.16	153.49	1.60	4.98	39.76	10.32	0.16	0.06	0.05	0.12	0	115.73	OK	3.9783	SUPER KRITIS
6	12.5	2.5	10	19.17	0.13	134.30	1.30	6.13	21.21	10.26	0.13	0.12	0.09	0.22	0	115.82	OK	5.4320	SUPER KRITIS
7	15.0	2.5	10	0.00	0.11	115.11	1.10	7.25	2.79	10.22	0.11	0.20	0.16	0.40	0	116.00	OK	6.9789	SUPER KRITIS

(Sumber : Perhitungan)



**Gambar 4.** Tampak Samping Saluran Peluncur  
(Sumber : Hasil Penggambaran)

#### Perencanaan Peredam Energi (Kolam Olak)

Tinggi air pada akhir saluran peluncur ( $H_{p2}$ ) = tinggi air pada awal kolam olakan ( $H_1$ ), dan kecepatan aliran pada akhir saluran peluncur ( $V_{p2}$ ) = kecepatan aliran pada bagian awal kolam olakan ( $V_1$ ).

Perhitungan :

$$\begin{aligned} H_1 &= H_{p2} = 0,11 \text{ m} \\ V_1 &= V_{p2} = 7,25 \text{ m/detik} \\ F_1 &= \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot H_1}} \\ &= \frac{7,25}{\sqrt{9,81 \cdot 0,11}} \\ &= 6,97 > 1 \rightarrow \text{kondisi aliran sebelum terjadi loncatan adalah super kritis.} \end{aligned}$$

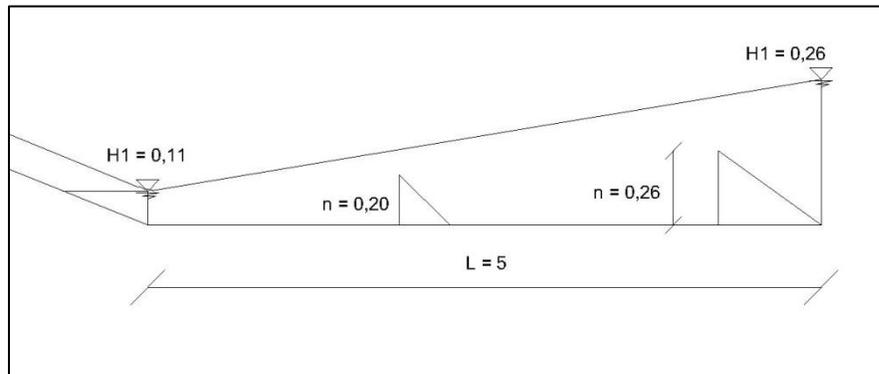
Berdasarkan nilai *Froude* yang terjadi sebelum loncatan adalah super kritis dengan angka *Froude*  $6,97 > 4,5$  maka, diambil tipe kolam olak USBR Tipe III.

Panjang kolam olakan ( $L_j$ ) dapat dihitung menggunakan data-data yang di dapatkan yaitu *Blaisdell* : (Ven the chow, 1985 :411).

$$L_j = \frac{4,5 \cdot H_2}{F_1^{0,76}}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} L_j &= \text{Panjang lantai kolam olakan (m)} \\ H_2 &= \text{Tinggi air setelah loncatan (m)} \\ F_1 &= \text{Angka froude pada awal kolam olakan} \\ L_j &= \frac{4,5 \cdot H_2}{F_1^{0,76}} \\ &= \frac{4,5 \cdot 1,07}{6,9^{0,76}} = 5 \text{ m} \end{aligned}$$



**Gambar 5.** Tampak Samping Kolam Olak USBR Tipe II  
(Sumber : Hasil Penggambaran)

### Stabilitas Bangunan Pelimpah

perhitungan dari nilai stabilitas geser, stabilitas guling, eksentrisitas dan daya dukung tanah

- Stabilitas terhadap guling

Kondisi normal

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\Sigma Mv}{\Sigma Mh} \\ &= \frac{1049,82}{20,89} \\ &= 50,26 \end{aligned}$$

Syarat stabilitas terhadap guling:

$$SF > 1,5 \text{ (SF dalam keadaan normal)}$$

$$\text{Maka, } SF = 50,26 > 1,5 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Kondisi gempa

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\Sigma Mv}{\Sigma Mh} \\ &= \frac{1049,82}{28,91} \\ &= 36,31 \end{aligned}$$

Syarat stabilitas terhadap guling:

$$SF > 1,2 \text{ (SF dalam keadaan gempa)}$$

$$\text{Maka, } SF = 36,31 > 1,2 \text{ (memenuhi syarat)}$$

- Stabilitas terhadap geser:

Kondisi normal

Dengan  $f = 0,8$  (dinding dengan batuan keras / kerikil padat)

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\Sigma v \cdot f}{\Sigma H} \\ &= \frac{146,22 \cdot 0,8}{21,43} \\ &= 5,46 \end{aligned}$$

Syarat stabilitas terhadap geser:

$$SF > 1,5 \text{ ( SF dalam keadaan normal)}$$

$$\text{Maka, } SF = 5,46 > 1,5 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Kondisi gempa

Dengan  $f = 0,8$  (dinding dengan batuan keras / kerikil padat)

$$SF = \frac{\Sigma v \cdot f}{\Sigma H}$$

$$= \frac{146,22 \cdot 0,8}{20,69}$$

$$= 5,65$$

Syarat stabilitas terhadap geser:

SF > 1,2 ( SF dalam keadaan gempa)

Maka, SF =5,65 > 1,2 (memenuhi syarat)

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisa yang dilakukan sesuai dengan rumusan masalah kajian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besar debit banjir rancangan pada bendungan Greneng dengan kala ulang adalah Q1000 th *Inflow* = 19,15 m<sup>3</sup>/det dan *Outflow* = 7,97 m<sup>3</sup>/det.
2. Dimensi bangunan pelimpah pada bendungan Greneng sebagai berikut:
  - Ambang pelimpah tipe tegak dengan lebar 15 m dan tinggi 3 m dimana tinggi tekan di atas pelimpah (*Hd*) = 0,71 m.
  - Saluran tansi diperoleh panjang 10 dan lebar 10 m dimana elevasi hulu adalah +115,00 m.
  - Saluran peluncur diperoleh panjang 10 m dan lebar 10 m dengan elevasi hulu +115,00 dan elevasi hilir +110,00 m
  - Peredam energi tipe *USBR* tipe III pada elevasi +110,00 dengan lebar 10 m dan panjang 5 m.
3. Stabilitas ambang pelimpah pada bendungan Greneng ditinjau dalam keadaan normal dan gempa dengan kala ulang Q1000 di peroleh sebagai berikut:
  - Stabilitas terhadap guling keadaan normal aman 50,26 > 1,5
  - Stabilitas terhadap geser keadaan normal aman 5,46 > 1,5
  - Stabilitas terhadap guling keadaan gempa aman 15,09 > 1,2
  - Stabilitas terhadap geser keadaan gempa aman 5,65 > 1,2

### Saran

1. Analisa hidrolika pada perencanaan ambang pelimpah dapat menggunakan mercu OGGE Tipe II
2. Pemilihan tipe bendungan pelimpah dapat menggunakan pelimpah luncur(*chute*)
3. Perhitungan analisa stabilitas pada dimensi pondasi dapat diperlebar lagi

### DAFTAR PUSTAKA

- Chow, Van Te. 1985. *Open Channel Hydraulic Terjemahan E. V. Nensi Rosalina*. Jakarta: Erlangga.
- Sri Harto, 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Erlangga
- Sosrodarsono, Ir. suyono & Kensaku Takeda. 1997. *Bendungan Type Urugan*. Jakarta : PradnyaParamit

