

STUDI PERENCANAAN BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*) PADA BENDUNGAN SEMANTOK KECAMATAN REJOSO KABUPATEN NGANJUK

Al Maidah¹, Bambang Suprpto², Azizah Rachmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, e-mail : almaidahjml@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, e-mail : bambang.suprpto@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, e-mail : azizah.rachmawati@unisma.ac.id

ABSTRAK

Kecamatan Rejoso merupakan salah satu kecamatan di kabupaten Nganjuk yang memiliki irigasi yang luas, alasan yang mendasari perlu dibangun bendungan pada daerah Rejoso karena pada musim kemarau sering mengalami kekeringan dan musim hujan menimbulkan banjir. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan desain pelimpah, adapun perhitungan dalam mendesain pelimpah meliputi analisa hidrologi. Setelah itu menganalisa stabilitas ambang 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}) sebesar $344,78 \text{ m}^3/\text{det}$. Dengan lebar dimensi bangunan pelimpah sebesar 62,69 m dan tinggi bangunan pelimpah 4 meter. Hasil dan perhitungan stabilitas ditinjau dari kondisi kosong, penuh, Q_{1000} dan Q_{pmf} . Stabilitas guling keadaan normal $SF = 63,39 > 1,5$ (aman), stabilitas guling keadaan gempa $SF = 11,38 > 1,2$ (aman), stabilitas geser keadaan normal $SF = 17,84 > 1,5$ (aman), stabilitas geser keadaan gempa $SF = 4,98 > 1,2$ (aman), eksentrisitas keadaan normal $e = 0,91 > 1,40$ (aman), eksentrisitas keadaan gempa $e = 0,53 > 1,40$ (aman), daya dukung tanah keadaan normal maks = $18,40 < 50,47$ (aman), min = $3,92 < 50,47$ (aman), daya dukung tanah keadaan gempa maks = $15,42 < 50,47$ (aman), min = $6,91 < 50,47$ (aman).

Kata kunci : *Pelimpah(spillway), debit banjir, kabupaten Nganjuk.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia di muka bumi ini, yang digunakan untuk kebutuhan irigasi, air baku, pembangkit listrik tenaga air (PLTA), dan lain-lain, namun dalam pemanfaatannya terdapat masalah yang mendasar yaitu adanya dua musim yaitu musim hujan dan kemarau. Masalah kelebihan dan kekurangan ketersediaan sumber daya air ini telah terjadi di daerah Kabupaten Nganjuk, Kecamatan Rejoso.

Untuk mengatasi masalah tersebut maka dibutuhkan bendungan untuk alternatif sebagai penampungan air pada waktu musim hujan dan dimanfaatkan pada musim kemarau. Salah satu bagian penting dari bendungan yaitu bangunan pelimpah yang berfungsi untuk mencegah banjir sehingga air tidak melebihi kapasitas tinggi tertentu yang berbahaya terhadap mercu dan tubuh bendungan. Dengan latar belakang tersebut, untuk melindungi tubuh bendungan dari bahaya kelebihan kapasitas air yang direncanakan maka akan dibangun bangunan pelimpah yang terletak di tubuh bendungan.

Rumusan Masalah

Dalam studi ini rumusan masalah yang diambil adalah :

1. Berapa debit banjir rencana dengan kala ulang ($Q_{1000\text{tahun}}$) pada Bendungan Semantok?
2. Bagaimana dimensi bangunan pelimpah pada Bendungan Semantok?
3. Bagaimana stabilitas bangunan pelimpah pada Bendungan Semantok?

Tujuan Dan Manfaat

Berdasarkan landasan teori diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui besarnya debit banjir rancangan Q_{1000} tahun pada pelimpah Bendungan Semantok.
2. Mengetahui dimensi bangunan pelimpah yang pada bendungan Semantok.
3. Mengetahui bagaimana stabilitas bangunan pelimpah yang aman pada bendungan Semantok.

Manfaat dari studi ini yaitu :

1. Sebagai bahan pertimbangan atau masukan bagi perencana bendungan Semantok
2. Sebagai bahan referensi atau acuan bagi mahasiswa dibidang teknik sipil khususnya keairan.

TINJAUAN PUSTAKA

Bangunan Pelimpah (*Spillway*)

Bangunan pelimpah adalah bangunan beserta instalasinya untuk mengalirkan air banjir masuk ke dalam waduk agar tidak membahayakan keamanan bendungan. Apabila terjadi kecepatan aliran air yang besar terjadi olakan (turbulensi) yang dapat mengganggu jalannya air sehingga menyebabkan berkurangnya aliran air yang masuk ke bangunan pelimpah. Maka kecepatan aliran air harus dibatasi, yaitu tidak melebihi kritisnya. Ukuran bangunan pelimpah harus dihitung dengan sebaik-baiknya, karena kalau terlalu kecil ada resiko tidak mampu melimpahkan debit air banjir yang terjadi. Soedibyo (2003 : 321)

Analisa Hidrologi

Uji Konsistensi Data Curah Hujan dengan Metode RAPS

Uji konsistensi yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Cara ini dilakukan dengan cara menghitung nilai kumulatif penyimpangannya terhadap nilai rata-rata (*mean*) dengan persamaan berikut:

$$S^*_0 = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$S^*_k = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})^2 \dots\dots\dots(2)$$

Dengan :

$$K = 1, 2, 3 \dots, n$$

$$S^{**}_k = \frac{S^*_k}{D_y}$$

$$D_y^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n}$$

Pengujian dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri yaitu pengujian dengan komulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar komulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya, lebih jelas lagi bisa dilihat pada rumus, nilai statistik Q dan R.

Nilai statistik Q dan R

$$Q = \max |S^{**}_k| \text{ untuk } 0 \leq k \leq n$$

$$R = \max S^{**}_k - \min S^{**}_k$$

dengan :

S^*o = simpangan awal

S^*k = simpangan mutlak

$S^{**}k$ = nilai konsistensi data

n = jumlah data

Dy = simpangan rata-rata

Q = nilai statistik Q untuk $0 \leq k \leq n$

R = nilai statistik (range)

Dengan melihat nilai statistik diatas maka dapat dicari nilai $Q/\sqrt{n}$ dan $R/\sqrt{n}$. Hasil yang di dapat dibandingkan dengan nilai $Q/\sqrt{n}$ syarat dan $R/\sqrt{n}$ syarat, jika lebih kecil maka data masih dalam batasan konsisten.

Tabel 1. Nilai $Q/n0.5$ dan $R/n0.5$

N	Q/ $\sqrt{n}$			R/ $\sqrt{n}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.26	1.38
15	1.07	1.18	1.35	1.27	1.34	1.49
20	1.1	1.22	1.42	1.34	1.43	1.6
30	1.12	1.24	1.46	1.4	1.5	1.7
40	1.13	1.26	1.5	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.74
100	1.17	1.29	1.55	1.5	1.62	1.86
>100	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2

Sumber : Sri Harto 2009:41

Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Rumus persamaan dari metode Nakayasu yaitu sebagai berikut (CD, Soemarto. 1987:168).

$$Q_p = \frac{CAR_0}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots(3)$$

$$T_p = t_g + 0,8 T_r \dots\dots\dots(4)$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km} \dots\dots\dots(5)$$

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km} \dots\dots\dots(6)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \dots\dots\dots(7)$$

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \dots\dots\dots(8)$$

dengan :

Q_p = debit puncak banjir

A = luas DAS (km^2)

R_e = curah hujan efektif (1 mm)

T_p = waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

$T_{0,3}$ = waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam)

T_g = waktu konsentrasi (jam)

T_r = satuan waktu dari curah hujan (jam)

A = koefisien karakteristik DAS biasanya diambil 2.

L = panjang sungai utama (km)

Bentuk hidrograf satuan diberikan oleh persamaan berikut :

a. Pada kurva naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_1 = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \dots\dots\dots(9)$$

b. Pada kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$)
 $Q_r = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}}$ (10)

c. Pada kurva turun ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$)
 $Q_1 = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p) + (0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})}$ (11)

d. Pada kurva turun ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$)
 $Q_1 = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p) + (1,5T_{0,3})]/(2T_{0,3})}$ (12)

Penelusuran Banjir

Kapasitas Aliran Melalui Pelimpah

Debit yang dilewatkan melalui pelimpah dapat dihitung dengan rumushidrolika berikut : (Sosrodarsono, 1997)

$$Q = C \cdot L \cdot H^{3/2}$$
(13)

dengan :

Q = Debit yang melalui pelimpah (m^3/dt)

C = Koefisien limpasan ($m^{1/2}/dt$)

L = Lebar efektif mercu pelimpah (m)

H = Total tinggi tekanan air diatas mercu pelimpah (m)

Analisa Hidrolika

Penentuan Tipe Pelimpah

Tipe ambang pelimpah dalam kajian ini digunakan bentuk standart tipe ogee, yang dikembangkan *Civil Engineering Departement U.S. Army*. Metode yang dipakai untuk menentukan bentuk penampang hilir dan titik tertinggi mercu pelimpah adalah lengkung Harold. (Sosrodarsono, Kensaku Takeda. 1997:184).

$$X^{1,85} = 2,0 \cdot Hd^{0,85} \cdot Y$$
(14)

Dimana:

X = jarak horizontal dari titik tertinggi mercu bending ke titik di permukaan di sebelah hilirnya.

Y = jarak vertical dari titik tertinggi mercu bending ke titik di permukaan mercu sebelah hilirnya.

Hd = tinggi tekanan mercu.

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

Bangunan harus aman terhadap guling dengan faktor keamanan (Sf) lebih besar dari 1,5 untuk kondisi normal dan 1,2 untuk kondisi gempa dengan rumus berikut :

Keadaan MAN :

$$Sf = \frac{\sum(MT)}{\sum(MG)} \geq 1,5$$
(15)

Keadaan MAB :

$$Sf = \frac{\sum(MT)}{\sum(MG)} \geq 1,2$$
(16)

Dengan :

$\sum(MT)$ = jumlah momen tahan

$\sum(MG)$ = jumlah momen guling

2. Faktor keamanan konstruksi terhadap geser

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 :

$$S_f \leq \frac{\sum V}{\sum H} \dots\dots\dots (17)$$

Dengan :

$\sum V$ = jumlah gaya vertikan

$\sum H$ = jumlah gaya horisontal

METODOLOGI PERENCANAAN

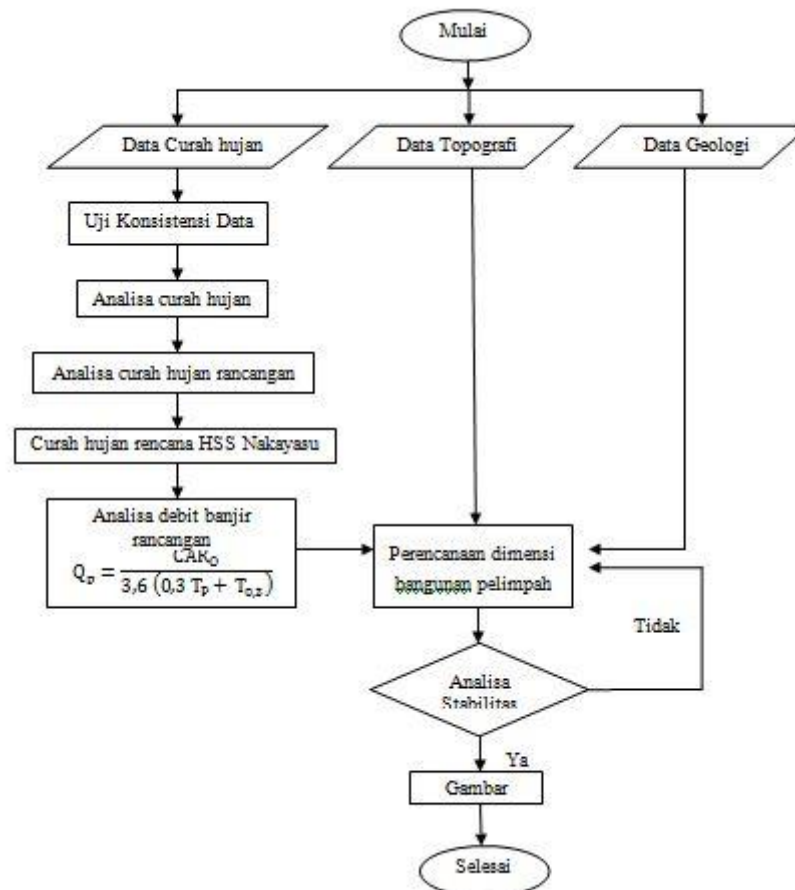
Lokasi Studi

Rencana lokasi studi ini terletak di Bendungan Semantok Desa Sambikerep Kecamatan Rejoso Kabupaten Nganjuk, ± 25 km disebelah utara kota Nganjuk Provinsi Jawa Timur, dengan koordinat $111^{\circ}53'25,68''$ BT dan $7^{\circ}29'41,90''$ LS.

Tahapan Studi

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.



Gambar 1. Bagan Alir (Flowchart)

PEMBAHASAN

Analisa Hidrologi

Debit banjir rancangan :

$$Q_{1000} \text{ tahun} = 344,78 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit outflow hasil penelusuran banjir :

$$Q_{1000} \text{ tahun} = 114,35 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Analisa Hidrolika

Perencanaan Ambang Pelimpah

Dari hasil perhitungan penelusuran banjir diperoleh nilai Q Outflow sebesar 137,45 m³/detik dengan elevasi muka air banjir maksimum +88,01 m, maka perencanaan ambang pelimpah adalah :

Perhitungan lengkung harrold :

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

$$\text{Maka } Y = 0,30 \cdot X^{1,85}$$

$$Y' = 0,65 \cdot X^{0,85}$$

Sehingga titik awal pelimpah direncanakan 45° (1:1)

Sehingga titik awal melalui gradient :

$$\text{Misal } Y' = \frac{1}{Z}$$

$$Y' = \frac{1}{0,7}$$

$$= 1,43$$

$$Y' = 0,56 \cdot X^{0,85}$$

$$1,43 = 0,56 \cdot X^{0,85}$$

$$X^{0,85} = \frac{1,43}{0,56}$$

$$X^{0,85} = 2,57$$

$$X = (2,57)^{\frac{1}{0,85}}$$

$$= 3,04$$

$$Y = 0,30 \cdot X^{1,85}$$

$$Y = 0,30 \cdot 3,04^{1,85}$$

$$Y = 2,35$$

Maka koordinat titik akhir kurva (X = 3,04 ; Y = 2,35),

Tabel 1. Koordinat Profil Ambang Pelimpah

X	Y
0.30	0.03
0.61	0.12
0.91	0.25
1.22	0.43
1.52	0.65
1.82	0.91
2.13	1.21
2.43	1.55
2.74	1.93
3.04	2.35

Sumber : Hasil Perhitungan

Menurut USBR untuk pelimpah OGEE dengan kemiringan hulu 1 : 0 atau tegak dipakai persamaan :

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

a. Perhitungan profil bagian muka :

$$\text{Jarak } R_1 = 0,282 \cdot Hd = 0,282 \times 1,87 = 0,53 \text{ m}$$

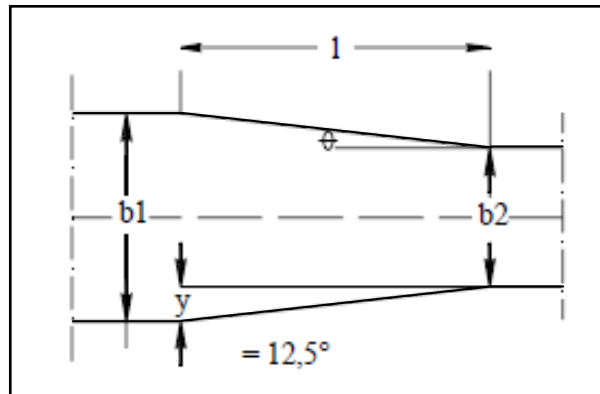
$$R_1 = 0,2 \cdot Hd = 0,2 \times 1,87 = 0,37 \text{ m}$$

$$R_2 = 0,5 \cdot Hd = 0,5 \times 1,87 = 0,94 \text{ m}$$

$$\text{Jarak } R_2 = 0,175 \cdot Hd = 0,175 \times 1,87 = 0,33 \text{ m}$$

Perencanaan saluran Transisi

Saluran transisi diencanakan agar debit banjir rencana yang akan disalurkan tidak menimbulkan air terhenti (*back water*) dibagian hilir saluran samping dan memberikan kondisi yang paling menguntungkan, baik pada aliran di dalam saluran transisi tersebut maupun pada aliran permulaan yang akan menuju saluran peluncur. Bentuk saluran transisi ditentukan sebagai berikut, seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Bagian Transisi Saluran Pengarah Pada Bangunan Pelimpah
(Sumber : Masrevaniah, 2008)

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:

$$Q_{1000th} = 114,35 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$B_{transisi} = 24 \text{ m}$$

$$\text{Panjang transisi (L)} = 24 \text{ m (dibagi dalam 6 dengan jarak 4,80 m)}$$

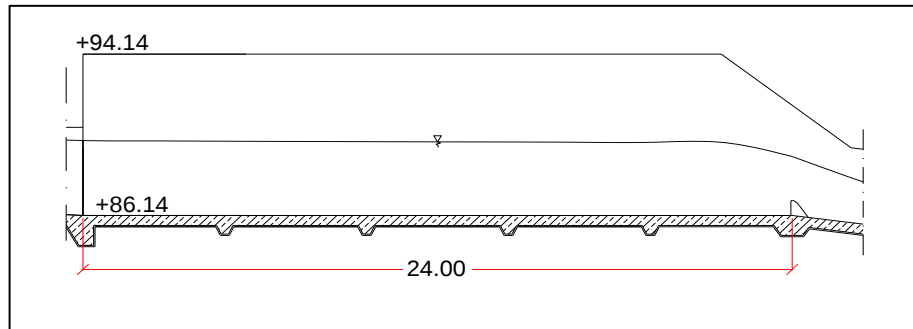
$$\text{Elevasi dasar} = +86,14$$

$$Y_c = \frac{\left(\frac{Q}{B}\right)^2}{(g)^{1/3}}$$

$$= \frac{\left(\frac{114,35}{24}\right)^2}{(9,81)^{1/3}}$$

$$= 1,32 \text{ m}$$

$$n = 0.012$$

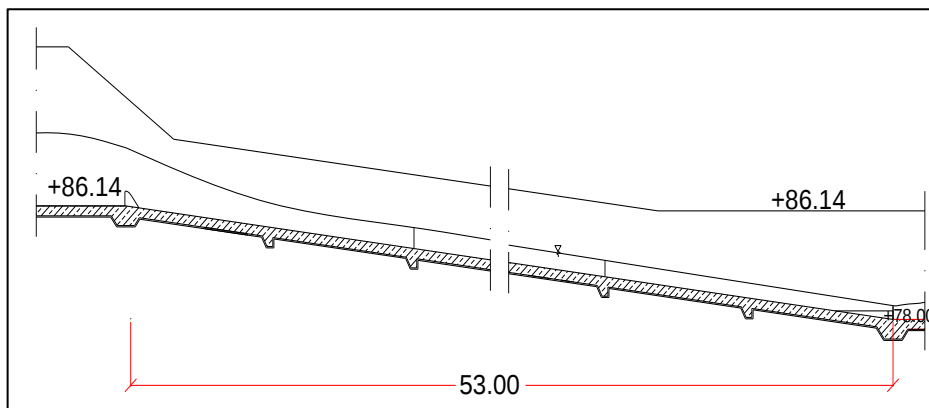


Gambar 2. Saluran Transisi
Sumber : Hasil Perhitungan

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}	= 114,35 m ³ /detik
Elevasi dasar saluran pada awal sal.peluncur	= +86,14 m
Lebar saluran peluncur	= 24 m
Koefisien manning (n)	= 0,012
Slope (I)	= elevasi / jarak
	= 1,63



Gambar 3. Saluran Peluncur
Sumber : Hasil Perhitungan

Perencanaan Peredam Energi (Kolam Olak)

Profil muka air pada saluran peredam energi dipakai untuk menentukan jenis peredam energi yang akan dipakai. Pada perencanaan ini digunakan debit kala ulang Q_{1000th} , diperoleh nilai sebagai berikut :

Elevasi akhir saluran peluncur	= +78 m
Debit outflow Q_{1000th}	= 114,35,45 m ³ /det
Debit persatuan lebar (q)	= 4,76 m ³ /dt/m
Lebar akhir saluran peluncur (B)	= 24 m
Kedalaman air di akhir sal. Peluncur (y_1)	= 0,11 m
Kecepatan aliran di akhir sal. Peluncur (V_1)	= 44,85 m/det
Bilangan Froude di akhir sal. Peluncur (Fr)	= $\frac{V_1}{\sqrt{g \cdot y_1}}$
	= $\frac{44,85}{\sqrt{9,81 \cdot 0,11}}$

$$= 43,93$$

Dengan demikian peredam energi yang digunakan adalah kolam olak USBR Tipe II.

Kedalaman konjugasi :

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8 \cdot F_1^2} - 1 \right)$$

$$y_2 = \frac{y_1}{2} \left(\sqrt{1 + 8 \cdot F_1^2} - 1 \right)$$

$$y_2 = \frac{0,11}{2} \left(\sqrt{1 + 43,93^2} - 1 \right)$$

$$y_2 = 6,55 \text{ m}$$

▪ Panjang Kolam Olak

$$\begin{aligned} L_1 &= 2,7 \times y_2 \\ &= 2,7 \times 6,55 \\ &= 17,68 \text{ m} \end{aligned}$$

▪ Blok Muka

- a. $h_1 = w_1 = s_1 = y_u = 0,11 \text{ m}$
= tinggi blok muka, lebar blok muka, jarak antar blok muka
- b. Jarak antara blok muka dengan dinding
= $0,5 \cdot y_u$
= $0,5 \cdot 0,11$
= $0,06 \text{ m}$

Stabilitas Bangunan Pelimpah

Stabilitas bangunan pelimpah aman terhadap guling dan geser :

- Kondisi MAN Kondisi Normal
Bahaya Guling : $63,39 \geq 1,5$ (aman)
Bahaya Geser : $17,84 \geq 1,5$ (aman)
- Kondisi MAN Kondisi Gempa
Bahaya Guling : $11,38 \geq 1,2$ (aman)
Bahaya Geser : $4,98 \geq 1,2$ (aman)
- Kondisi MAB Kondisi Normal
Bahaya Guling : $6,82 \geq 1,5$ (aman)
Bahaya Geser : $1,82 \geq 1,5$ (aman)
- Kondisi MAB Kondisi Gempa
Bahaya Guling : $4,88 \geq 1,2$ (aman)
Bahaya Geser : $1,64 \geq 1,2$ (aman)

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan Perencanaan Bangunan Pelimpah Bendungan Semantok, didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Besarnya debit banjir rancangan pada Q_{1000th} adalah:
Inflow $Q_{1000} = 344,78 \text{ m}^3/\text{det}$
Outflow $Q_{1000} = 114,35 \text{ m}^3/\text{det}$
2. Desain dimensi pelimpah yang direncanakan dalam studi ini adalah sebagai berikut:
➤ Ambang pelimpah menggunakan tipe Pelimpah samping Ogee tipe 1, dengan lebar 62,69 m dan Tinggi 4 m.

- Saluran transisi dengan panjang 24 m , Lebar hulu 30 m dan Lebar hilir 24 m dimana Elevasi +86,14 m dan tanpa Slope 0 (datar).
 - Saluran peluncur memiliki Panjang 53 m dan Lebar 24 m, dimana Elevasi hulu +86,14 m dan Elevasi hilir +78,00 m
 - Peredam energi Tipe USBR tipe II dengan panjang 17,68 m dan lebar 24 m pada Elevasi +78,00 m
3. Dari hasil perhitungan stabilitas pelimpah struktur bangunan pelimpah pada saat kondisi muka air normal dan muka air banjir sebagai berikut :
- Kondisi MAN tanpa gempa
- a. Bahaya Guling
= $63,39 \geq 1,5$ (aman)
 - b. Bahaya Geser
= $17,84 \geq 1,5$ (aman)
 - c. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah
= $18,40 \leq 50,47 \text{ ton/m}^2$ (aman)
- Kondisi MAN dengan Gempa
- a. Bahaya Guling
= $11,38 \geq 1,2$ (aman)
 - b. Bahaya Geser
= $4,98 \geq 1,2$ (aman)
 - c. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah
= $15,42 \leq 50,47 \text{ ton/m}^2$ (aman)
- Kondisi MAB tanpa gempa
- a. Bahaya Guling
= $6,82 \geq 1,5$ (aman)
 - b. Bahaya Geser
= $1,82 \geq 1,5$ (aman)
 - c. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah
= $8,83 \leq 50,47 \text{ ton/m}^2$ (aman)
- Kondisi MAB dengan gempa
- a. Bahaya Guling
= $4,88 \geq 1,2$ (aman)
 - b. Bahaya Geser
= $1,64 \geq 1,2$ (aman)
 - c. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah
= $7,43 \leq 50,47 \text{ ton/m}^2$ (aman)

Saran

1. Model pelimpah yang bisa kita gunakan diantaranya Pelimpah samping (*Side Chanel Spillway*), Pelimpah Corong (*Shaft Spillway*), Pelimpah Sipun, Pelimpah tipe *Morning Glory*.
2. Untuk peredam energi yang dapat kita gunakan yaitu tipe loncatan tipe loncatan (*water jump type*), tipe kolam olakan (*stilling basin type*), tipe bak pusa ran (*roller bucket type*).

DAFTAR PUSTAKA

Masrevaniah, Aniek. Prastumi. 2008. *Bangunan Air*. Surabaya: Srikandi.
 Soedibyo. 2003. *Teknik Bendungan*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
 Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya : Usaha Nasional.

Sosrodarsono, Ir. Suyono & Kensaku Takeda. 1997. *Bendungan Type Urugan*. Jakarta : Pradnya Paramita.
Sri Harto, 2009. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Erlangga.