

## STUDI PERENCANAAN BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*) PADA EMBUNG WELULANG DI KABUPATEN PASURUAN

Yanuar Akbar<sup>1</sup>, Bambang Suprpto<sup>2</sup>, Azizah Rachmawati<sup>3</sup>

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

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

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

### ABSTRAK

Perencanaan Bangunan pelimpah embung welulang kabupaten Pasuruan merupakan bagian penting dalam perencanaan Embung welulang. Dalam merencanakan bangunan pelimpah dengan mempertimbangan kondisi topografi, kondisi hidrologi dan hidrolika. Setelah itu menganalisa stabiitas ambang pelimpah yang di tinjau dari stabilitas guling, stabilitas geser dan daya dukung tanah.

Sebagai salah satu komponen bangunan embung, bangunan pelimpah berfungsi untuk mencegah limpasan air pada tubuh Embung Welulang (*overtopping*). Maka kelebihan limpasan air dilokalisasi dengan dibangunnya bangunan pelimpah yang lokasinya dipilih menurut kondisi topografi.

Berdasarkan hasil dari perencanaan maka didapat analisa debit banjir rancangan  $Q_{50th} = 12,07 \text{ m}^3/\text{det}$ . Lebar ambang 8,0 m dan tinggi 1,5 m Desain ambang pelimpah di rencanakan dengan tipe side channel spillway, tipe mercu menggunakan tipe ogge I. selanjutnya analisa stabilitas di tinjau dalam keadaan normal dan gempa, stabilitas guling keadaan normal  $SF = 6,96 > 1,5$  (aman), stabilitas guling keadaan gempa  $SF = 7,11 > 1,2$  (aman) dan stabilitas geser keadaan normal  $SF = 1,6 > 1,5$  (aman), stabilitas geser keadaan gempa  $SF = 1,94 > 1,2$  (aman). Dan daya dukung tanah ditinjau dalam keadaan normal dan gempa. Daya dukung tanah dalam keadaan normal  $e = 0,75 < 1,15$  (aman), daya dukung tanah dalam keadaan gempa  $e = 0,79 < 1,15$  (aman).

**Kata Kunci:** Bangunan Pelimpah (*Spillway*), *Overtopping*, Pasuruan, Embung

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Air adalah salah satu kebutuhan pokok makhluk hidup. Permasalahan air sangat kompleks, Permasalahan yang sering terjadi di Indonesia adalah melimpahnya air saat musim penghujan dan kekeringan saat musim kemarau. Masalah ini juga terjadi di Kecamatan Lumbang khususnya Desa Welulang.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukannya bangunan embung sebagai tampungan agar optimalnya pemanfaatan sumber daya air. Dalam perencanaan pembangunan embung diperlukannya bangunan pelimpah agar tubuh embung dapat terjaga keamanannya dan tidak terjadi limpasan air atau *overtopping*.

#### Rumusan Masalah

Dalam studi ini rumusan masalah yang diambil adalah :

1. Berapa besarnya debit banjir rancangan pada Embung Welulang?
2. Bagaimana dimensi bangunan pelimpah pada Embung Welulang?
3. Bagaimana stabilitas bangunan pelimpah pada Embung Welulang?

### Tujuan Dan Manfaat

Berdasarkan landasan teori diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menghitung debit banjir rancangan Embung Welulang.
2. Merencanakan dimensi bangunan pelimpah Embung Welulang.
3. Menganalisa stabilitas guling, stabilitas geser dan daya dukung tanah ambang pelimpah Embung Welulang

Manfaat dari studi ini yaitu :

1. Dapat mengetahui debit banjir rancangan Embung Welulang.
2. Dapat mengetahui dimensi bangunan pelimpah Embung Welulang.
3. Dapat mengetahui analisa stabilitas guling, stabilitas geser dan daya dukung tanah Embung Welulang.

### TINJAUAN PUSTAKA

#### BangunanxPelimpahx(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 pelimpahi. 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

##### Analisis Hujan Rata-Rata Daerah

Curah hujan rata – rata daerah ini diperlukan untuk mengolah data curah hujan dengan beberapa titik tertentu. Dalam studi ini untuk menghitung curah hujan rerata daerah menggunakan metode rata – rata aljabar dengan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n) \dots \dots \dots (1)$$

denganx:

- $\bar{R}$  = curah hujan daerahi
- n = jumlah titik – titik pengamatani
- $R_1, R_2, \dots R_n$  = curah hujan di tiap titik pengamatan dan n adalah jumlah titik-titik pengamatani

#### HidrografxSatuanxSintetikxNakayasu

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

$$Q_p = \frac{CAR_0}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})} \dots \dots \dots (2)$$

$$T_p = t_g + 0,8 T_r \dots \dots \dots (3)$$

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

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km} \dots\dots\dots(5)$$

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

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

dengan :

$Q_p$  = debit puncak banjir

$A$  = luas DAS ( $\text{km}^2$ )

$R_e$  = 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 ( $T_p < t < T_p + T_{0,3}$ )

$$Q_r = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}} \dots\dots\dots(10)$$

c. Pada kurva turun ( $T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ )

$$Q_1 = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p) + (0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})} \dots\dots\dots(11)$$

d. Pada kurva turun ( $t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$ )

$$Q_1 = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p) + (1,5T_{0,3})]/(2T_{0,3})} \dots\dots\dots(12)$$

### Penelusuran Banjir

#### KapasitasxAliranxMelaluixPelimpah

Debit yang dilewatkan melalui pelimpah dapat dihitung dengan rumushidrolika berikut :x(Sosrodarsono,x1997)

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

dengan :

$Q$  = Debit yang melalui pelimpah ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )

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

$L$  = 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).ii

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

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 :

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

Keadaan MAB :

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

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 (Sf) 1,5 untuk kondisi normal dan 1,2 untuk kondisi gempa dapat dihitung dengan rumus :

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

Dengan :

$\sum V$  = jumlah gaya vertikal

$\sum H$  = jumlah gaya horisontal

### METODOLOGI PERENCANAAN

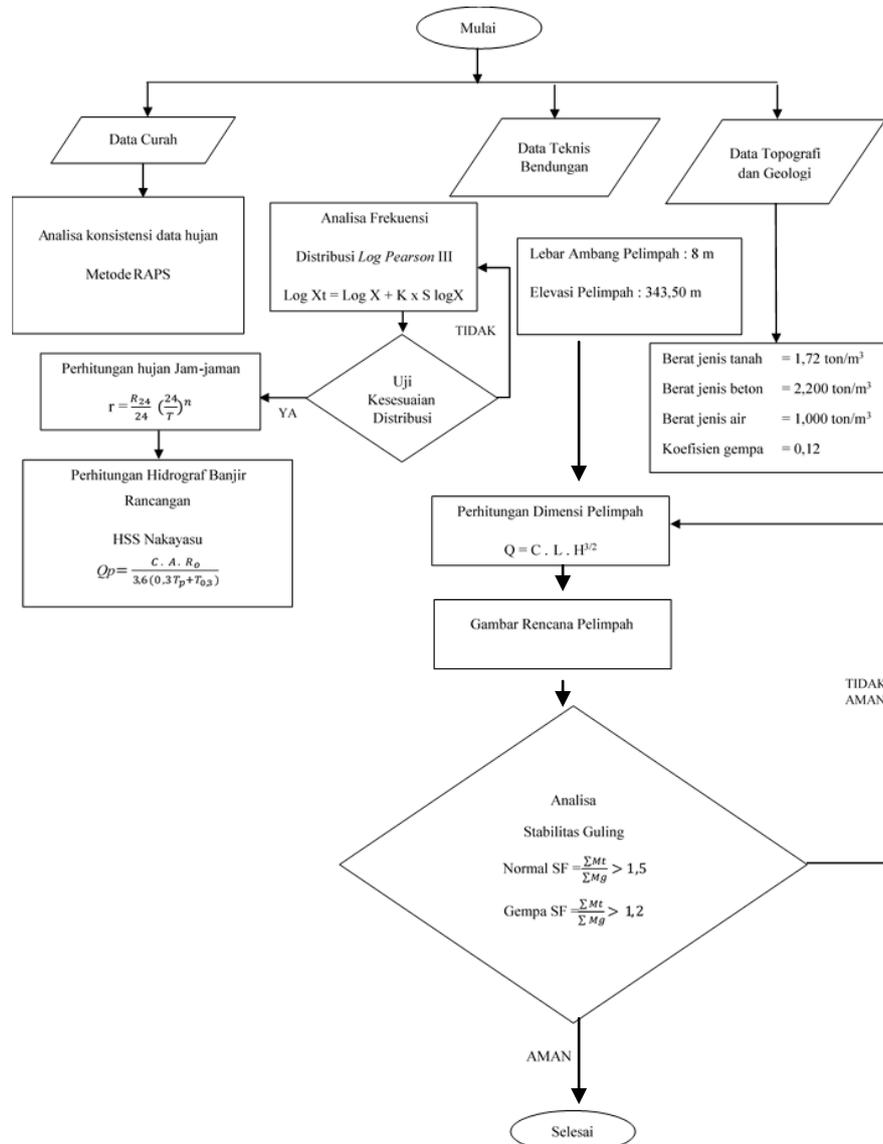
#### Lokasi Studi

Rencana lokasi studi ini terletak di Embung Welulang Desa Welulang Kecamatan Lumbang Kabupaten Pasuruan yang terletak pada koordinat 112°33'55" - 113°30'37" Bujur Timur dan 7°32'34" - 8°30'20" Lintang Selatan

#### 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 :  
 $Q_{1000}$  tahun = 70,575 m<sup>3</sup>/detik  
 Debit outflow hasil penelusuran banjir :  
 $Q_{1000}$  tahun = 12,074 m<sup>3</sup>/detik

### Analisa Hidrolika

#### Perencanaan Ambang Pelimpah

Dari hasil perhitungan penelusuran banjir diperoleh nilai Q Outflow sebesar 70,575 m<sup>3</sup>/detik dengan elevasi muka air banjir maksimum +344,3 m, maka perencanaan ambang pelimpah adalah :

Perhitungan lengkung harrold :

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

$$\text{Maka } Y = 0,20 \cdot X^{1,85}$$

$$Y' = 0,36 \cdot X^{0,85}$$

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

Sehingga titik awal melalui gradient :

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

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

$$= 1,43$$

$$Y' = 0,36 \cdot X^{0,85}$$

$$1,43 = 0,36 \cdot X^{0,85}$$

$$X^{0,85} = \frac{1,43}{0,36}$$

$$X^{0,85} = 3,94$$

$$X = (3,94)^{\frac{1}{0,85}}$$

$$= 5,02$$

$$Y = 0,20 \cdot X^{1,85}$$

$$Y = 0,20 \cdot 5,02^{1,85}$$

$$Y = 3,88$$

Maka koordinat titik akhir kurva (X = 5,02 ; Y = 3,88),

**Tabel 1.** Koordinat Profil Ambang Pelimpah

X	Y
0.50	0.05
1.00	0.20
1.50	0.41
2.00	0.71
2.50	1.07
3.00	1.50
3.50	1.99
4.00	2.55
4.50	3.17
5.00	2.32
5.02	3.88

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 :

$$\text{Jarak } R_1 = 0,282x \cdot xHd = 0,282x \times 3,01 = 0,85xm$$

$$R_1 = 0,2x \cdot xHd = 0,2x \times 3,01 = 0,6xm$$

$$R_2 = 0,5x \cdot xHd = 0,5 \times 3,01 = 1,51xm$$

$$\text{Jarak } R_2 = 0,175x \cdot xHd = 0,175 \times 3,01 = 0,53xm$$

### Perencanaan saluran Transisi



$$q = \frac{Q}{B} \text{ dan } Yu = \frac{q}{V_1}$$

Dimana : Yu = Kedalaman air pada bagian kaki spillway

Beef = Lebar efektif spillway = 6,4 m

Hd = 3,01 m

Maka :  $V_1 = \sqrt{(2g[z - Hd/2])}$

$$V_1 = \sqrt{(2 \times 9,81 [6,02 - 3,01/2])}$$

$$q = \frac{Q}{B} \quad V_1 = 9,412 \text{ m}$$

$$q = \frac{12,07}{6,4}$$

$$q = 1,891 \text{ m}^2/\text{det}$$

$$Yu = q/V_1$$

$$Yu = 1,891/9,412$$

$$Yu = 0,2 \text{ m}$$

Perhitungan saluran peluncur :

$$Q_{\text{outflow}} = 12,07 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Koordinat awal saluran peluncur :

$$X = 10,9$$

$$Y = 4,18$$

Kedalaman kritis (Yc) saluran peluncur :

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{12,07^2}{9,81}}$$

$$Y_c = 0,6$$

Bila diperoleh nilai  $Yu < Y_c$ , berarti terjadi aliran super kritis,

Kecepatan kritis (Vc) :

$$V_c = \frac{q}{Y_c}$$

$$V_c = \frac{1,891}{0,60} = 3,132 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Perhitungan bagian terompet pada ujung hilir saluran peluncur :

$$F = \frac{V}{\sqrt{g x Y_c}} \quad \text{dan} \quad \tan \emptyset = 1/3f$$

Dimana :

$\emptyset$  = Sudut pelebaran

F = Angka Froude

V = Kecepatan Aliran Air

Yc = Kedalaman Air

g = Gravitasi

Maka,

$$F = \frac{V}{\sqrt{g x Y_c}} \quad \tan \emptyset = 1/3f$$



$Y_u$  = Kedalaman air awal loncatan hidrolis (m)

$Q$  = Debit Outflow Q50 ( $m^3/dt$ )

$V_1$  = Kecepatan awal loncatan hidrolis (m/s)

$Be$  = Lebar Efektif pelimpah (m)

#### Angka Froude

$$Fr = V_1 / \sqrt{g \times Y_u}$$

$$\begin{aligned} Fr &= 15,02 / \sqrt{9,8 \times 0,125} \\ &= 13,57 \end{aligned}$$

Keterangan :

$Fr$  = Angka Fraude

$V_1$  = Kecepatan awal hidrolis (m/s)

$g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$Y_u$  = Kedalaman air awal loncatan hidrolis (m)

#### Konjungasi kedalaman

$$\begin{aligned} Y_d &= (Y_u/2) (\sqrt{1 + 8 Fr^2} - 1) \\ &= (0,12/2)(38,186) \\ &= 2,29 \text{ m} \end{aligned}$$

Keterangan :

$Y_d$  = Konjungasi kedalaman (m)

$Y_u$  = Kedalaman air awal loncatan hidrolis (m)

$Fr$  = Angka Fraoude

#### Kedalaman air diatas sill ( *Minimum tailwater depth* )

$Y_2 = Y_d$  ---> Untuk USBR Type III

$$Y_2 = Y_d = 2,29 \text{ m}$$

#### Tinggi End Sill

$$\begin{aligned} n &= Y_u (18 + Fr) / 18 \\ &= 0,12 (18 + 13,57) / 18 \end{aligned}$$

$$= 0,2 \text{ m}$$

Keterangan :

$n$  = Tinggi End Sill (m)

$Y_u$  = Kedalaman air awal loncatan hidrolis (m)

$Fr$  = Angka Fraoude

#### **Tinggi Muka Air diatas End Sill**

$$\begin{aligned} WL_d &= n + Y_2 + El_5 \\ &= 0,2 + 2,29 + 333,5 \\ &= 335,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Keterangan :

$WL_d$  = Tinggi Muka Air diatas End Sill (m)

$El_5$  = Elevasi lantai kolam olak (m)

$Y_2$  = Kedalaman air diatas sill (m)

#### **Panjang Kolam Olak**

$$\begin{aligned} L_1 &= 2,7 \times Y_2 \\ &= 2,7 \times 2,29 \\ &= 6,183 \text{ m} \end{aligned}$$

Keterangan :

$L_1$  = Panjang kolam olak (m)

$Y_2$  = Kedalaman air diatas sill (m)

#### **Dimensi chute block, baffle block, end sill**

a. Chute Block

- Height ( $h_1$ ) =  $Y_u = 0,12 \text{ m}$
- Width ( $W_1$ ) =  $Y_u = 0,12 \text{ m}$
- Space ( $W_2$ ) =  $Y_u = 0,12 \text{ m}$
- Edge Space ( $W_3$ ) =  $0,5 \times Y_u = 0,5 \times 0,12 = 0,06 \text{ m}$
- Top Slope = 0

b. Baffle block

- Height ( $H_2$ ) =  $n_3$   
=  $Y_u (4 + Fr)/6$   
=  $0,375 \text{ m}$
- Width ( $W_4$ ) =  $0,75 \times n_3$

$$= 0,75 \times 0,375$$

$$= 0,281 \text{ m}$$

- Top leght ( $L_1$ ) =  $0,2 \times n_3$

$$= 0,2 \times 0,375$$

$$= 0,075 \text{ m}$$

- Bottom ( $L_2$ ) =  $1,2 \times n_3$

$$= 1,2 \times 0,375$$

$$= 0,45 \text{ m}$$

- Space ( $W_5$ ) =  $0,75 \times n_3$

$$= 0,75 \times 0,375$$

$$= 0,281 \text{ m}$$

- Edge Space ( $W_6$ ) =  $0,375 \times n_3$

$$= 0,375 \times 0,375$$

$$= 0,14 \text{ m}$$

- Distance ( $L_3$ ) =  $0,82 \times n_3$

$$= 0,82 \times 0,375$$

$$= 0,3075 \text{ m}$$

c. End Sill

- Height ( $h_3$ ) =  $n = Y_u (18 + F_r) / 18$

$$= 0,12 (18 + 13,85) / 18$$

$$= 0,2 \text{ m}$$

- Top Leght ( $L_4$ ) =  $0,5$

- Bottom ( $L_5$ ) =  $0,5 + 2n$

$$= 0,5 + 2 \times 0,2$$

$$= 0,9 \text{ m}$$

### Stabilitas Bangunan Pelimpah

Stabilitas bangunan pelimpah aman terhadap guling dan geser :

- KondisixMANxKondisi Normal

Bahaya Guling :  $6,96 \geq 1,5$  (aman)

Bahaya Geser :  $1,60 \geq 1,5$  (aman)

- Kondisi MAN Kondisi Gempa
  - Bahaya Guling :  $7,11 \geq 1,2$  (aman)
  - Bahaya Geser :  $1,94 \geq 1,2$  (aman)

## **PENUTUP**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan Perencanaan Bangunan Pelimpah Embung Welulang, didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Besarnya debit banjir rancangan pada  $Q_{50th}$  adalah:
  - Inflow  $Q_{1000} = 70,575 \text{ m}^3/\text{det}$
  - Outflow  $Q_{1000} = 12,074 \text{ m}^3/\text{det}$
2. Desain dimensi pelimpah yang direncanakan dalam studi ini adalah sebagai berikut:
  - Ambang pelimpah menggunakan tipe Pelimpah samping Ogee tipe 1, dengan lebar 8 m dan Tinggi 1,5m.
  - Saluran transisi dengan panjang 10 m dan tanpa Slope 0 (datar).
  - Saluran peluncur memiliki Panjang 12 m
3. Peredam energi Tipe USBR tipe II dengan panjang 6,138 m
4. 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
      - =  $6,96 \geq 1,5$  (aman)
    - b. Bahaya Geseri
      - =  $1,6 \geq 1,5$  (aman)
    - c. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanahi
      - =  $1,67 \leq 53,5 \text{ ton/m}^2$  (aman)
  - Kondisi MAN dengan Gempai
    - a. Bahaya Guling
      - =  $7,3 \geq 1,2$  (aman)
    - b. Bahaya Geser
      - =  $1,94 \geq 1,2$  (aman)
    - c. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanahi
      - =  $1,53 \leq 53,5 \text{ ton/m}^2$  (aman)

### **Saran**

1. Dalam perhitungan analisa hidrologi dapat menggunakan dua atau tiga stasiun hujan dengan menggunakan beberapa metode seperti Metode Poligon Thiessen, dan juga Metode Aljabari.
2. Dalam perhitungan hidrologi dan hidrolika dapat menggunakan software aplikasi untuk mempermudah perhitungan yaitu dengan aplikasi HEC- RAS 4.1 dan WaterCAD 8

### **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:PradnyaxParamita.