

STUDI PERENCANAAN ULANG DINDING PENAHAN PADA HULU BENDUNG KRAMAT KECAMATAN TUMPANG KABUPATEN MALANG

Kadir Lebao dan Kiki Frida Sulistyani

PS. Teknik Sipil, Fak. Teknik, Universitas Tribhuvana Tunggaladewi Malang

Abstract

This study aimed to perform re-planning study on the retaining wall of Kramat Weir, Tumpang District, Malang Regency. This planning was used to overcome the river bed scour resulting land slide and collapse of retaining walls at the up stream weir. Before planning the retaining wall, firstly it was performed hydrological analysis consisted of collecting rainfall data, rainfall analysis designed by Log Pearson Type III method, and calculating the design flood discharge by using Nakayasu Method. Hydrological analysis resulted that flood discharge of 50 years period plan (Q_{50} years) was $73.636 \text{ m}^3/\text{sec}$; with water level of 2.50 m above weir plan. From the calculation results it was obtained that water level above weir could be planned the dimensions of retaining wall planned with building height (h) = 4.5 m (from foundation base), *talud* slope (z) $1:0.2$ ($v:h$), depth of foundation (D_f) = 1 m , width of foundation base (b) = 2.50 m to the type of masonry construction. Analysis of stability of soil to capacity was less than robust ground i.e. $Q_{\text{allowed}} 17.827 \text{ t/m}^2$ (safe), while stability against sliding was 2.205 and roll was 1.815 with the safety number which was greater than 1.5 (safe). It can be concluded that the retaining wall plan is stable.

Keywords: hydrology analysis, hydrograph unit, dimension, stability

Pendahuluan

Di daerah-daerah pegunungan atau yang berdataran tinggi khususnya, rawan terhadap banjir yang membawa material, batu-batuan dan sirkel halus. (Sosrodarsono, 1994)

1. Hal ini disebabkan oleh maraknya penggundulan hutan secara liar,
2. Penambangan material di daerah hulu dan hilir bendung.

Peristiwa diatas terjadi di daerah Malang, dimana pada terusan Kali Amprong yang melintasi Kecamatan Tumpang,

Kabupaten Malang. Pada musim penghujan tahun 2007 tepatnya pada bulan Maret terjadi banjir dengan debit yang cukup tinggi mencapai 2.50 m (Anonymous, 2011). Berdasarkan permasalahan yang terjadi di lapangan maka dapat dianalisis permasalahan yaitu seberapa besar debit banjir rancangan Q_{50} dan Q_{100} tahun sebagai evaluasi kondisi eksisting dinding penahan pada Bendung Kramat sehingga upaya perbaikan dinding hulu bendung mendapatkan nilai stabilitas dinding hulu Bendung Kramat yang lebih baik.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi eksisting dinding penahan Bendung Kramat sebagai dasar perencanaan dimensi perbaikan dinding hulu kanan Bendung Kramat selanjutnya dapat mengetahui stabilitas dinding penahan Bendung Kramat yang direncanakan.

Metodologi Penelitian

Curah hujan rata-rata

Metode perhitungan rata-rata curah hujan dilakukann dengan metode rata-rata aljabar pada curah hujan didalam dan disekitar daerah yang bersangkutan.

$$\bar{R} = 1/n [R_1 + R_2 + \dots \cdot R_n]$$

Keterangan :

- \bar{R} = curah hujan rerata(mm)
- n = jumlah titik-titik atau pos-pos pengamat
- $R_1 + R_2 + \dots \cdot R_n$ = curah hujan ditiap titik pengamatan (mm)

Koefisien pengaliran (C)

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Keterangan :

- C = harga rata-rata koefisien pengaliran
- C_1, C_2, \dots, C_n = koefisien pengaliran tiap daerah
- A_1, A_2, \dots, A_n = luas masing-masing daerah

Tinggi muka air diatas bendung

$$Q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{2/3} g b \cdot H_1^{1.5}$$

Keterangan :

- Q = debit (m^3/dt)
- $C_d = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2$ = koefisien debit
- g = percepatan gravitasi (m/dt^2)
- b = panjang mercu (m)
- H_1 = tinggi energi di atas mercu (m)

Perkuatan lereng (revetment)

Berdasarkan harga tegangan geser (θ) diperoleh nilai-nilai dari tabel koefisien daya dukung Terzaghi (Sosrodarsono dan Nakazawa, 1994) :

$$N_c = (N_q) \cdot C t g \theta$$

$$N_c = 1,5(N_q) \cdot t g \theta$$

$$N_q = t g^2(450) + \dots \cdot e(\pi \cdot t g \theta)$$

$$Q_{ut} = N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 1/2 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

Keterangan:

- Q_{ut} = daya dukung tanah maksimum
- C = kohesi tanah
- D_f = kedalaman tanah pondasi dari tanah permukaan
- B = lebar dasar pondasi

Hasil dan Pembahasan

Analisa curah hujan daerah

Perhitungan hujan maksimum daerah berdasarkan data yang diperoleh dari UPTD Tumpang Kabupaten Malang. Analisa curah hujan daerah rata-rata harian maksimum digunakan metode rata-rata aljabar, yaitu dengan menghitung rata-rata hujan yang didapat dari stasiun pengamat hujan. Data curah hujan maksimum yang dipergunakan adalah dari stasiun hujan terdekat yakni Stasiun Tumpang, Stasiun Poncokusumo, dan Stasiun Jabung dengan periode pengamatan tahun 2000-2011.

Tabel 1. Curah hujan maksimum

No	Tahun	Curah hujan (mm)
1	2000	33.33
2	2001	48.33
3	2002	52.67
4	2003	53.00
5	2004	58.67
6	2005	61.33
7	2006	62.33
8	2007	70.33
9	2008	73.33
10	2009	78.67
11	2010	128.67
12	2011	131.00

Curah hujan rancangan

Hujan harian maksimum diurutkan dari yang kecil ke besar kemudian diubah kedalam bentuk logaritma.

1. Dihitung probabilitasnya dengan persamaan Weibull (sosrodarsono dan Takeda 2006)

$$Pe = \frac{m}{n} \cdot 100$$

$$P_1 = \frac{1}{12 + 1} \cdot 100\% = 7,692$$

2. Dihitung harga logaritma rata-rata.

$$\log \bar{x} = \frac{\sum \log x}{n}$$

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{21,84}{12} = 1,820$$

3. Dihitung harga simpangan baku:

$$Si = \left[\frac{\sum (\log X - \text{Log } \bar{X})^2}{n - 1} \right]^{0,5}$$

$$Si = \left[\frac{0,31061}{12 - 1} \right]^{0,5} = 0.168$$

4. Dihitung koefisien kepeccengan

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (\log Xi - \log \bar{X})^3}{(n - 1) \cdot (n - 2) \cdot S^3}$$

$$= \frac{12 \cdot 0,020420}{(12 - 1) \cdot (12 - 2) \cdot 0.10^3}$$

$$= 0.469$$

5. Dihitung logaritma hujan rancangan dengan kala ulanh tertentu

$$\text{Log } Xt = \text{Log } X + G \cdot Si$$

$$= 1,820 + (2.789 \times 0.168)$$

$$Xt = 72.903 \text{ mm}$$

Keterangan :

- Xt = curah hujan rancangan
 $\text{Log } X$ = rata-rata logaritma dari hujan maksimum tahunan
 G = koefisien frekwensi (Konstanta)
 Si = simpangan baku

Uji distribusi curah hujan

1. Uji distribusi metode chi square

Digunakan untuk menguji kesesuaian distribusi data secara vertikal. Perbandingan parameter-parameter yang ada didasarkan pada nilai ordinat teoritis dan nilai ordinat empiris. Rumus yang digunakan :

$$X^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(\text{Log } X_j - \text{Log } X_T)^2}{\text{Log } X_T}$$

- a) Distribusi dianggap memenuhi jika X^2 hitung $< X^2$ kritis.
- b) Banyaknya kelas : $K = 1 + 3.322 \log n$ dengan n
 = Banyaknya data
 = $1 + 3.322 \cdot \log 12$
 = $4.59 \approx 5$ kelas

c) Banyaknya kelas dengan sebaran masing – masing

$$\frac{100\%}{K} = \frac{100\%}{5} = 20\%$$

20% = Interval dari 20

d) Tabel sebaran peluang dengan Cs = 0.469

G = Didapat dari Tabel *Log Pearson Type III* dengan cara interpolasi untuk mendapatkan nilai G, misalkan untuk probabilitas 80% :

Cs	Pr = 80%
0,4	- 0,855
0.469	?
0,5	- 0,856

Keterangan :

$$\begin{aligned} \text{Log}X_t &= \overline{\text{Log} X} + K \cdot S \\ &= 1,820 + (-1,360 \cdot 0,168) \end{aligned}$$

$$\text{Log}X_t = 1,59152$$

$$X_t = 10^{1,59152} = 39,041 \text{ mm}$$

2. Uji distribusi metode smirnov kolmogorov

Dari perhitungan curah hujan rancangan *Log Pearson Type III* diperoleh perhitungan sebagai berikut :

untuk No. 1. X = 33,33 mm, LogX = 1,52

Maka :

$$Pe = \frac{m}{n + 1} = \frac{1}{12 + 1} = 0,0769$$

$$\begin{aligned} K &= \frac{\text{Log}X - \overline{\text{Log} X}}{Si} = \frac{1,52 - 1,820}{0,168} \\ &= -1,785 \end{aligned}$$

Dengan Cs = 0,469 dari tabel dan G = - 1,785 dengan cara interpolasi didapat Pr = 0.9758% : untuk Cs = 0.469 maka nilai :

G	Pr
-1,646	95
-1,785	?
-1,282	90

Pr

$$Pr = \frac{\left(90 + \left(\frac{-1,785 + (-1,282)}{-1,646 + (-1,282)} \right) \cdot (95 - 90) \right)}{100}$$

$$= 0.9523$$

$$Pt = 1 - 0.9523 = 0.0477$$

$$\begin{aligned} \Delta(Pt(X) - Sn(X)) &= 0.0477 - 0.0528 \\ &= -0.0051 \end{aligned}$$

Tabel 2. Uji *Smirnov Kolmogorof*

a	Δkritis	Δmax	Ket
0.2	0.30	0.1450	diterima
0.1	0.29	0.1450	diterima
0.05	0.26	0.1450	diterima
0.01	0.26	0.1450	diterima

Curah hujan jam-jaman

Tabel 3. Sebaran hujan jam-jamaan

Waktu (jam)	Rata –rata hujan sampai jam ke T	Curah hujan pada jam ke T	Ratio (%)
1	0.5503	0.55	55,30
2	0.3467	0.14	14,03
3	0.2646	0.10	10,03
4	0.2184	0.07	7,99
5	0.1882	0.06	6,75
6	0.1667	0.05	5,90

Untuk kala ulang (Tr) 50 tahun diperoleh data sebagai berikut:

Keterangan :

Curah hujan = 72.903 mm rancangan 50 tahun

Koofisien pengaliran = 0,45 (daerah dataran yang ditanami)

Curah hujan = 0,45 x 72.903 =
efektif 32,8064

Tabel 4. Hujan jam-jaman Tr 50 Tahun

Jam	Nisbah (%)	C.H ef. jam-jaman
1	55.30	40.011
2	14.03	10.151
3	10.03	7.257
4	7.99	5.781
5	6.75	4.884
6	5.90	4.269

Debit banjir rancangan

Debit banjir rancangan menggunakan metode HSS Nakayasu, dengan parameter yang diperlukan sebagai berikut:

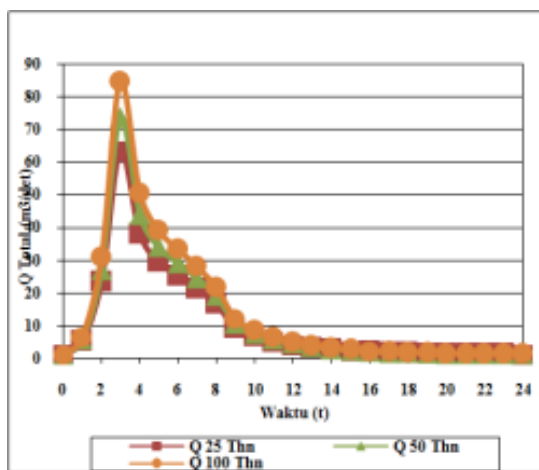
- Luas DAS (A) = 12 Km
- Panjang Sungai (L) = 25 Km
- Asumsi :
- Hujan satuan (R₀) = 1 mm
- Satuan waktu hujan (Tr) = 1 jam
- Daerah pengaliran = 1,807 sungai biasa, (α)

Tabel 5. Hidrograf satuan sintetik nakayasu

T jam	UH (m ³ /det)	Keterangan
0	0.00000	
1	0.11684	Q _a
2	0.61669	$= 1.2117 \cdot \left[\frac{t}{2,650} \right]^{2.4}$
3	1.63186	
4	0.52785	Q _{d1}
5	0.28523	$= 1.2117 \cdot 0.3^{\frac{t-2,650}{1,9560}}$
6	0.20516	Q _{d2}
7	0.13610	$= 1.2117 \cdot 0.3^{\left(\frac{t-1,6720}{2,934} \right)}$
8	0.09465	
9	0.06958	
10	0.05115	
11	0.03760	
12	0.02764	
13	0.02032	
14	0.01493	
15	0.01098	Q _{d3}
16	0.00807	$= 1.2117 \cdot 0.3^{\left(\frac{t-0,2841}{3,912} \right)}$

T jam	UH (m ³ /det)	Keterangan
17	0.00593	
18	0.00436	
19	0.00321	
20	0.00236	
21	0.00173	
22	0.00127	
23	0.00094	
24	0.00069	

Sumber: Hasil perhitungan

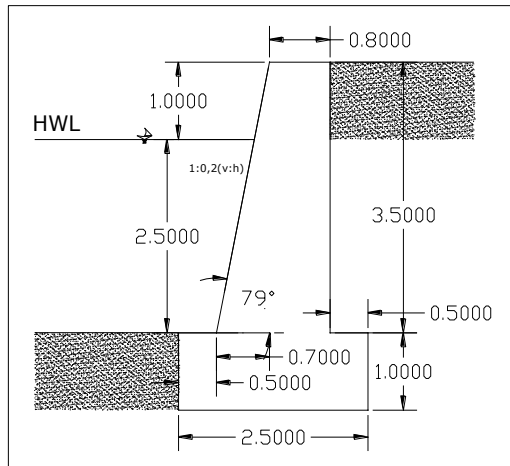


Gambar 2. Hidrograf banjir rancangan metode HSS Nakayasu

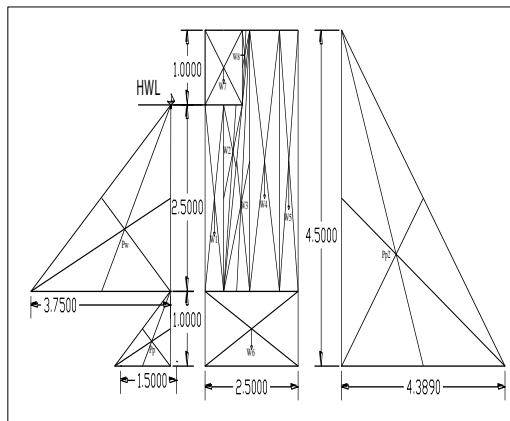
Tinggi muka air diatas bendung

Pada tahun 2007 pada bulan Maret tinggi muka air diatas mercu mencapai 2,50 m. (Anonymous, 2012). Maka hasil perhitungan tinggi muka air dengan Q₅₀ tahun = 73,636 mm dengan Cd = 2,1 sesuai dengan tinggi muka air pada bulan maret 2007 yaitu 2,50 m. Untuk selanjutnya perhitungan dinding penahan menggunakan hasil perhitungan tinggi muka air diatas pelimpah pada Q₅₀ tahun dengan Cd = 2,1 dengan menggunakan tinggi jagaan 1/3 h.

Desain dinding penahan



Gambar 3. Penampang dinding penahan



Gambar 4. Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan

Faktor keamanan terhadap kuat dukung tanah, geser, dan guling

a. Kontrol stabilitas terhadap guling

$$Sf = (\sum M_T / \sum M_G) \dots \dots > 1,5$$

$$= (39,3451 / 21,654)$$

$$= 1,815 \dots \dots > 1,5 \text{ (aman)}$$

b. Kontrol stabilitas terhadap geser

$$Sf = f \cdot (\sum V / \sum H) - f$$

$$= \text{Koefisien gesek} = 0,6$$

$$= 0,6 \times (10,210 / 4,6285)$$

$$= 2,2058 \dots \dots > 1,5 \text{ (aman)}$$

c. Kontrol stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$e = [(\sum M / \sum V) - (L/2)] < L/6$$

$$= [(17,691 / 10,21) - (2,50/2)]$$

$$< (2,50/6)$$

$$= 0,4827 < 0,4166 \text{ (aman)}$$

$$\partial = (\sum V / L) \times [1 \pm (6e/L)] < \partial \text{ ijin}$$

$$\text{Tanah} = (10,210 / 2,50) \times [1$$

$$\pm (6 \times 0,4827$$

$$/ 2,50)]$$

$$\sigma \text{ Max} = 1,620$$

$$\sigma \text{ Min} = 0,399$$

Syarat aman : $\sigma \text{ Max} < \sigma \text{ ijin}$

1. Daya dukung tanah

$q_{ul} = c \cdot Nc + \gamma \cdot Df \cdot Nq + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot Ny$
Sudut geser tanah (θ) = $18,57^\circ < 30^\circ$,
maka:

$$q_{ul} = \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{3} \cdot c \cdot Nc' + \gamma \cdot Df \cdot Nq' + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot Ny'$$

$$q_{ul}$$

$$= \frac{2}{3} \cdot (1,656 \cdot 11,1994)$$

$$+ (1,343 \cdot 1,0 \cdot 3,5568)$$

$$+ (0,5 \cdot 1,343 \cdot 2,50 \cdot 1,4712)$$

$$= 19,610 \text{ t/m}^3$$

2. Daya dukung tanah yang diijinkan

$$Q_{ijin} = \frac{q_u}{F_s}$$

$$= 17,8273 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma \text{ Max} = 1,620 \text{ t/m}^3 < 17,8273 \text{ (ok)}$$

$$\sigma \text{ Min} = 0,399 \text{ t/m}^2 < 17,8273 \text{ (ok)}$$

Berdasarkan hasil analisa, maka perencanaan dinding penahan dinyatakan aman terhadap guling dan geser karena nilai keamanannya lebih besar dari 1,5 untuk keadaan normal.

Kesimpulan

Penelitian ini dapat disimpulkan :

1. Debit banjir rencana dengan kala ulang (Q_{50}) tahun sebesar 73.636 m^3/dtk didapat $h = 2,50$ m dan (Q_{100}) = 84,649 m^3/dtk . didapat $h = 2,7$ m.
2. Kondisi eksisting dinding penahan pada Bendung Kramat adalah 19 m yang telah dibangun, sedangkan sapanjang 100 m tergerus, dengan kedalaman 4,5 m dari dasar pondasi.
3. Analisa stabilitas terhadap daya dukung tanah adalah : $\sigma \text{ Max} < \sigma \text{ ijin}$ (aman)

Daftar Pustaka

- Anonymous. 1986. Kriteria perencanaan Irigasi (KP-02, KP-03, KP-06). Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Pengairan.
- Anonymous. 1986. Pedoman Perencanaan Saluran Terbuka. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonymous. 2010. Kabupaten Malang dalam Angka Tahun 2010, Biro Pusat Statistik, Malang
- Braja. M. D. 1995. Mekanika Tanah Jilid 1 dan 2. Erlangga, Jakarta
- Mawardi. E. dan Memed, M. 2006. Desain Hidrolika Bendung Tetap untuk Irigasi Teknis. Alfabeta, Bandung
- Soemarto. CD. 1987. Hidrologi Teknik. Usaha Nasional, Surabaya
- Soewarno. 1995. Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid 1, Hidrologi. Nova, Bandung.
- Sosrodarsono. S dan Takeda. K. 2006. Hidrologi untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Sosrodarsono. S. 1994. Perbaikan dan Pengaturan Sungai. PT. Pradya Paramita, Jakarta.
- Soedibyo. 1993. Teknik Bendungan, PT. Pradnya Paramita, Jakarta