

## Studi Perencanaan Tanggul Sebagai Upaya Penanganan Banjir Pada Sungai Marmoyo Kabupaten Jombang

Dicki Gria Yuda, Iwan Wahjudijanto, Minarni Nur Trilita

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Indonesia

### ABSTRAK

*Sungai Marmoyo pada setiap musim penghujan datang, daerah sekitar aliran Sungai Marmoyo sering terjadi banjir akibat dimensi saluran sungai tidak dapat menampung debit yang ada ketika musim penghujan datang. Oleh karena itu, perlu dilakukan tindakan penanggulangan banjir yang tepat pada Sungai Marmoyo. Hal tersebut dapat dicapai dengan melakukan serangkaian analisa yaitu analisa hidrologi, analisa hujan rata – rata, dan analisa hujan Analisa hirolika dilakukan dengan bantuan program pemodelan HEC-RAS 5.0.1 untuk memperoleh profil aliran pada ruas Sungai Marmoyo yang sering terjadi banjir. Berdasarkan hasil analisa menggunakan debit banjir periode ulang 25 tahun, dapat diketahui bahwa penampang Sungai Marmoyo tidak mampu menampung debit banjir yang ada sehingga terjadi luapan dan menyebabkan banjir di sekitar aliran sungai.*

*Kata Kunci: Banjir, HEC-RAS, Sungai Marmoyo.*

### ABSTRACT

*The areas around Marmoyo River are often flooded every rainy season comes. The flood occurred due to the dimensions of the river could not accommodate the existing discharge when the rainy season came. Therefore, it is necessary to take appropriate flood control measures on the Marmoyo River. This can be achieved by carrying out a series of analyzes, namely hydrological analysis, analysis of average rainfall, and analysis of planned rainfall The hydraulics analysis was carried out with the help of the HEC-RAS 5.0.1 modeling program to obtain a flow profile on the Marmoyo River section which often floods. Based on the results of the analysis using a 25-year return period of flood discharge, it can be seen that the cross section of the Marmoyo River is not able to accommodate the existing flood discharge so that it overflows and causes flooding around the river flow.*

*Keywords: Flood, HEC-RAS, Marmoyo River.*



This article is [licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**\*Corresponding Author:**

E-Mai : [yuda.dicki@gmail.com](mailto:yuda.dicki@gmail.com)

Address : Jl. Raya Rungkut Madya No. 1, Gunung Anyar, Surabaya, 60294

Page: 87-100



## **PENDAHULUAN**

Sungai Marmoyo merupakan salah satu sungai di Provinsi Jawa Timur yang melewati kabupaten Jombang dan Kabupaten Mojokerto. Sungai Marmoyo memiliki panjang total  $\pm 37$  km dengan luas daerah aliran sungai sebesar 1.215 ha. Sungai Marmoyo adalah sungai utama pada daerah Jombang bagian utara. Semua sungai kecil yang ada di DAS tersebut bermuara ke sungai Marmoyo. Secara geografis wilayah sungai marmoyo memiliki kemiringan rata – rata 2 hingga 15%. Kondisi tersebut mempengaruhi pematasan (drainase) air hujan melalui sistem sungai yang ada. Sungai Marmoyo merupakan satu - satunya sistem drainase utama (main drain) yang ada di wilayah utara Kabupaten Jombang.

Kondisi Sungai Marmoyo pada saat ini sangat memprihatinkan, dikarenakan di daerah hulu banyak area yang semula adalah resapan air di alih fungsikan menjadi pemukiman dan perumahan warga, serta banyaknya sampah seperti ruas bambu ataupun batang pohon lainnya tergenang dan menghambat aliran sungai Marmoyo. Oleh sebab itu, pada saat musim hujan debit air yang besar tidak dapat tertampung lagi oleh Sungai Marmoyo sehingga pada akhirnya menggenangi pemukiman, dan persawahan yang terdapat di sekitar aliran sungai Marmoyo.

Dikarenakan beralihnya fungsi lahan di daerah sekitar sungai Marmoyo, serta tidak adanya kesadaran membuang sampah pada tempatnya. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya pendangkalan serta penyempitan aliran sungai yang terjadi di beberapa titik sungai Marmoyo. Akibatnya beberapa daerah di sekitar aliran sungai Marmoyo menjadi daerah rawan banjir, diantaranya desa Banggle, desa Pager Tanjung, desa Gedangan dan desa Jati Gedong. Untuk mengurangi resiko – resiko serta kerugian yang terjadi akibat banjir, maka dibutuhkan upaya penangan banjir yang tepat secara struktural maupun non-struktural.

## **METODE**

### **Gambaran Umum**

Sungai Marmoyo merupakan anak Sungai Brantas yang terdapat pada Kabupaten Jombang yang sering mengalami banjir bahkan sudah menjadi langganan banjir pada setiap tahunnya akibat tidak mampunya sungai Marmoyo menampung debit banjir yang ada.

Data penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data survey pada lokasi studi, sedangkan data sekunder merupakan data yang di dapatkan dari Dinas PU Sumber Daya Air (SDA) Jawa Timur, Balai Besar Wilayah Sungai Brantas (BBWS Brantas), Perum Jasa Tirta 1, dan kantor pengelolaan sumber daya air daerah Ploso.

### **Langkah Penyusunan**

Langkah-langkah yang akan digunakan pada penyusunan untuk penanggulangan banjir Sungai Marmoyo adalah sebagai berikut :

a. Persiapan

Tahap persiapan sangat penting dilakukan yang meliputi pihak mana yang dapat dihubungi terkait dengan keperluan dalam penyusunan tugas akhir ini dan mengurus surat-surat yang diperlukan sebagai kelengkapan administrasi demi kelancaran penyusunan tugas akhir ini.

b. Studi Literatur

Mempelajari teori-teori yang berkaitan dengan studi. Studi literatur dilakukan mulai dari tahap awal sampai akhir. Literatur yang digunakan dalam kegiatan ini adalah literatur yang berhubungan dan relevan dengan penanggulangan banjir Sungai Marmoyo dapat berupa buku panduan, jurnal, tesis dan sebagainya.

c. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari hasil pengamatan lokasi dan hasil wawancara secara langsung, sedangkan data sekunder merupakan data-data pendukung yang diperoleh dari instansi terkait. Data-data tersebut antara lain:

- a) Data curah hujan
- b) Peta topografi
- c) Gambar long section
- d) Gambar cross section Sungai Gunting
- e) Peta stasiun hujan

### **Analisa Data**

Dari data yang telah diolah kemudian di analisa dengan melakukan perhitungan meliputi:

- a. Menghitung curah hujan rata-rata menggunakan metode thiessen Polygon.
- b. Menghitung curah hujan rencana.
- c. Uji kesesuaian distribusi frekuensi menggunakan uji Smirnov Kolmogorov dan Kai-Kuadrat (Chi-Kuadrat).
- d. Perhitungan debit banjir menggunakan metode Nakayasu.
- e. Perhitungan kapasitas penampang sungai.
- f. Perhitungan profil muka air dengan program HEC-RAS 5.0.1.
- g. Pengecekan kapasitas penampang sungai.
- h. Alternatif pengendalian banjir yang sesuai dengan eksisting penampang sungai.
- i. Desain perencanaan pengendalian banjir.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi meliputi perhitungan data curah hujan dan perhitungan debit. Dari data yang ada akan digunakan untuk perencanaan debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu menggunakan data curah hujan pada 4 stasiun hujan di Kabupaten Jombang yang ditunjukkan pada tabel 1.

### Analisa Curah Hujan

Dalam analisa curah hujan rata – rata sungai Marmoyo ini digunakan analisa curah hujan dengan metode Thiessen dengan menggunakan 4 stasiun hujan yaitu kabuh, ploso, tapen, dan tanjong. Hasil perhitungan curah hujan ditunjukkan pada Lampiran 1.

Kemudian dilanjutkan menghitung parameter statistik dan menentukan distribusi sebaran yang akan diuji dengan metode Chi Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Berdasarkan analisis distribusi sebaran Log Pearson III, didapat rekapitulasi curah hujan rencana pada tabel 3.

Perhitungan debit rencana banjir dilakukan dengan menggunakan metode nakayasu. Perhitungan dilakukan dengan membagi sungai menjadi 3 segmen yaitu sub das 1, sub das 2, dan sub das 3.

Tabel 1. Stasiun Hujan

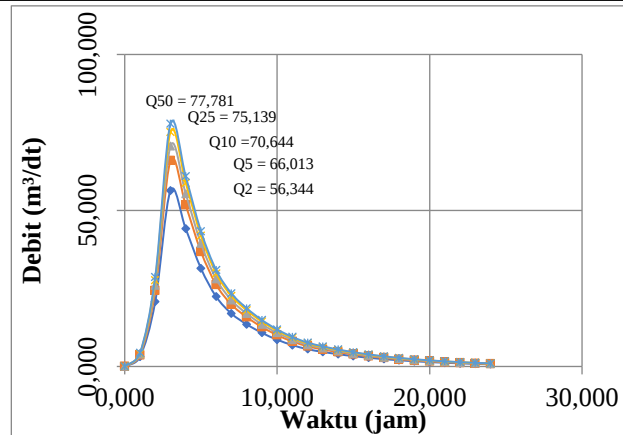
| No | Stasiun Hujan | No POS | Kelurahan      | Kecamatan |
|----|---------------|--------|----------------|-----------|
| 1  | Kabuh         | 20     | Kanuh          | Kabuh     |
| 2  | Tanjung       | 27     | Tanjung wadung | Kabuh     |
| 3  | Tapen         | 26     | Tapen          | Kudu      |
| 4  | Ploso         | 28     | Rejoagung      | Ploso     |

Sumber: Data Diolah

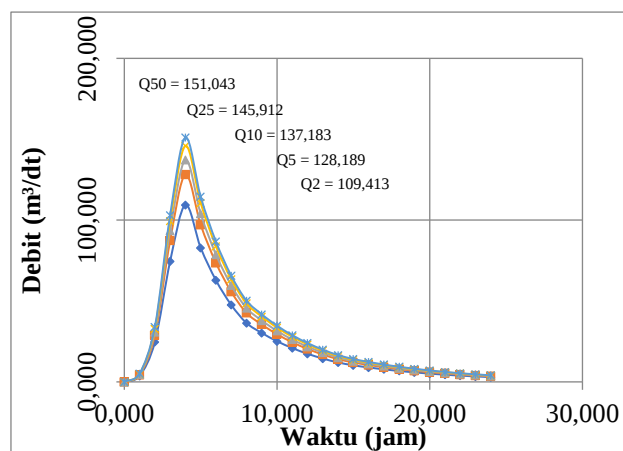
Tabel 3. Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Distribusi Log Pearson III

| No | T<br>(Tahun) | Log Rrt<br>(mm) | S     | K     | Log R<br>(mm) | Rt<br>(mm) |
|----|--------------|-----------------|-------|-------|---------------|------------|
| 1  | 2            | 1,967           | 0,095 | 0,132 | 1,980         | 95,398     |
| 2  | 5            | 1,967           | 0,095 | 0,856 | 2,048         | 111,769    |
| 3  | 10           | 1,967           | 0,095 | 1,166 | 2,078         | 119,611    |
| 4  | 25           | 1,967           | 0,095 | 1,448 | 2,105         | 127,221    |
| 5  | 50           | 1,967           | 0,095 | 1,606 | 2,120         | 131,695    |

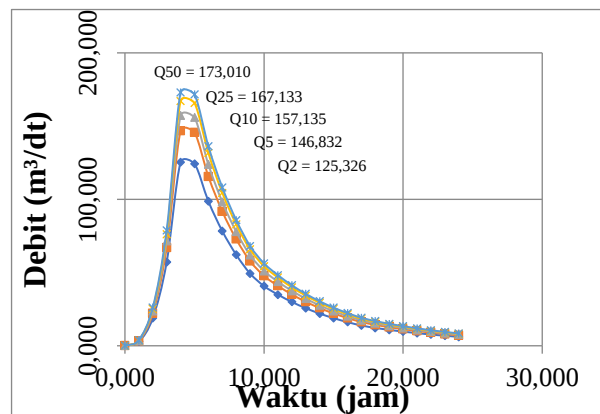
Sumber: Data Diolah



Gambar 1. Hidrograf banjir satuan nakayasu sub das 1



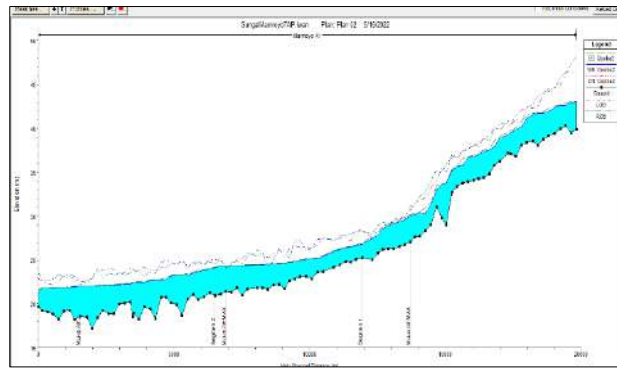
Gambar 2. Hidrograf banjir satuan nakayasu sub das 2



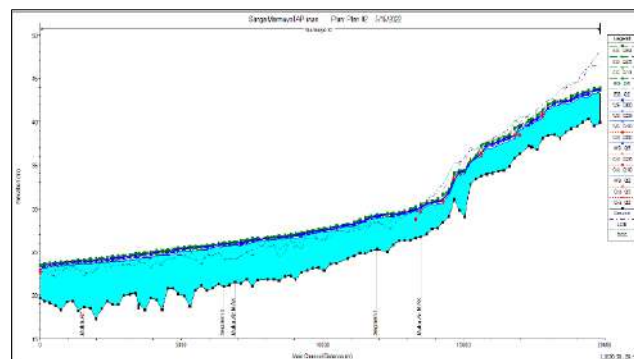
Gambar 3. Hidrograf banjir satuan nakayasu sub das 3

### Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika dengan bantuan program HEC-RAS dengan membagi sungai menjadi 3 segmen. Segmen 1 terdiri dari STA HP 1+150 sampai STA A68. Segmen 2 mulai STA A70 sampai STA A120. Segmen 3 terdiri mulai STA A122 sampai STA A200. Hasil *running* HEC-RAS terkait profil sungai potongan memanjang adalah sebagai berikut.



Gambar 4. Profil Potongan Memanjang Kapasitas Penampang Sungai Marmoyo



Gambar 5. Profil Potongan Memanjang Sungai Marmoyo untuk Q2, Q5, Q10, dan Q25

Tabel 4. Debit maksimum tiap segmen

| No | Segmen   | Debit Maksimum ( $\text{m}^3/\text{dt}$ ) |
|----|----------|-------------------------------------------|
| 1  | Segmen 1 | 42                                        |
| 2  | Segmen 2 | 8                                         |
| 3  | Segmen 3 | 35                                        |

Sumber: Data Diolah

Tabel 5. Debit Banjir Sungai Marmoyo tiap Segmennya

| Segmen Sungai | Q2      | Q5      | Q10     | Q25     |
|---------------|---------|---------|---------|---------|
| Segmen 1      | 56,344  | 66,013  | 70,644  | 75,139  |
| Segmen 2      | 109,413 | 128,189 | 137,183 | 145,912 |
| Segmen 3      | 125,326 | 146,832 | 157,135 | 167,133 |

Sumber: Data Diolah

Simulasi dengan menggunakan program HEC-RAS, maka diketahui debit maksimum tiap penampangnya sebagaimana pada tabel 4. Untuk perencanaan banjir digunakan debit banjir rencana Q2, Q5, Q10 dan Q25 yang didapatkan dari perhitungan debit Nakayasu. Hasil perhitungan tersebut dijabarkan pada tabel 5.

Setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan debit banjir yang didapatkan, diketahui bahwa kondisi eksisting Sungai Marmoyo tidak dapat menampung debit banjir yang ada, sehingga mengakibatkan air sungai meluap dan terjadi banjir di sekitar aliran Sungai Marmoyo. Berikut merupakan tampak profil memanjang Sungai Marmoyo setelah running menggunakan debit banjir rencana.

Tabel 6. Ketentuan tinggi jagaan

| No | Debit Banjir Rencana (m <sup>3</sup> /det) | Jagaan (m) |
|----|--------------------------------------------|------------|
| 1  | <200                                       | 0.6        |
| 2  | 200-500                                    | 0.8        |
| 3  | 500-2000                                   | 1.0        |
| 4  | 2000-5000                                  | 1.2        |
| 5  | 5000-10000                                 | 1.5        |
| 6  | >10000                                     | 2.0        |

Sumber: Hadisusanto, 2010

Tabel 7. Ketentuan lebar mercu

| No | Debit Banjir Rencana (m <sup>3</sup> /dt) | Lebar Mercu (m) |
|----|-------------------------------------------|-----------------|
| 1  | Kurang dari 500                           | 3               |
| 2  | 500-2000                                  | 4               |
| 3  | 2000-5000                                 | 5               |
| 4  | 5000-10000                                | 6               |
| 5  | 10000 atau lebih                          | 7               |

Sumber: Hadisusanto, 2010

### Perencanaan Tanggul

Untuk mengatasi permasalahan banjir di sekitar Sungai Marmoyo, dilakukan peninggian tanggul pada bantaran sungai. Peninggian tanggul Sungai Marmoyo direncanakan pada bantaran sungai yang terjadi peluapan, yaitu segmen 1 pada STA 120 – STA 134, segmen 2 pada STA 66 – STA 118 dan segmen 3 pada STA HP 1 +150 – STA 65. Dimensi tanggul dibuat sesuai dengan ketentuan yang ditunjukkan pada tabel 6 dan tabel 7. Perencanaan tanggul direncanakan dengan kemiringan lereng (m) 1:1. Untuk lebar, tinggi, dan elevasi muka air banjir sungai marmoyo ditunjukkan pada lampiran 2.

### Perhitungan Keamanan Lereng Tanggul

Perhitungan keamanan lereng tanggul dilakukan dengan menghitung stabilitas tanggul dengan metode irisan untuk mengetahui keamanan tanggul terhadap bidang longsornya. Perhitungan stabilitas tanggul dilakukan dalam dua kondisi, yaitu saat air sungai kosong dan saat air sungai penuh. Perhitungan stabilitas tanggul saat kondisi air sungai penuh dilakukan menggunakan perhitungan rembesan metode Casagrande.

Rumus perhitungan stabilitas lereng dengan metode irisan adalah:

$$F = \frac{\sum (C \times L + N \times \tan \theta)}{\sum T}$$

Keterangan: F = faktor aman

C = kohesi tanah (t/m<sup>3</sup>)

L = panjang lengkungan

N = gaya normal

T = tegangan

Rumus Perhitungan rembesan tanggul dengan metode Casagrande:

$$Y = \sqrt{2Y_o \cdot X + (Y_o)^2}$$

Hasil perhitungan garis rembesan tanggul Sungai Marmoyo dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Garis Rembesan

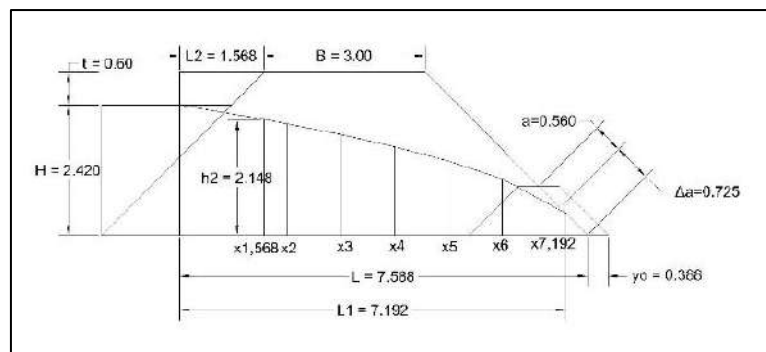
| X (m) | Y (m) |
|-------|-------|
| 1.57  | 2.15  |
| 2.00  | 2.07  |
| 3.00  | 1.87  |
| 4.00  | 1.64  |
| 5.00  | 1.38  |
| 6.00  | 1.05  |
| 7.19  | 0.40  |

Sumber: Data Diolah

Tabel 10. Perhitungan Stabilitas Tanggul Saat Air Penuh

| No     | W     | Sudut | Sin x | Cos x | T     | N     |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | 0.847 | -7    | -0.12 | 0.993 | 0.103 | 0.841 |
| 2      | 2.301 | 5     | 0.087 | 0.996 | 0.201 | 2.293 |
| 3      | 3.324 | 20    | 0.342 | 0.940 | 1.137 | 3.123 |
| 4      | 2.927 | 35    | 0.574 | 0.819 | 1.679 | 2.398 |
| 5      | 1.394 | 53    | 0.799 | 0.602 | 1.113 | 0.839 |
| Jumlah |       |       |       |       | 4.233 | 9.494 |

Sumber: Data Diolah



Gambar 6. Rembesan Tanggul Sungai Marmoyo

Perhitungan stabilitas tanggul sungai marmoyo saat air kosong dihitung dengan metode pias atau irisan dengan menggunakan debit rencana Q25.

Diketahui: C (koefisien kohesi tanah) = 0,84 t/m<sup>3</sup>

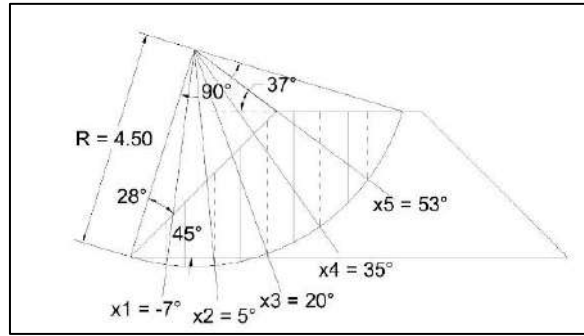
Θ (sudut geser tanah) = 27°

γ (berat jenis tanah) = 1,1 t/m<sup>3</sup>

Fs (faktor keamanan) = 1,2

Maka, perhitungan satbilitas tanggul dapat dilihat pada tabel 10.

$$\begin{aligned}
 F_s &= (\sum(C \times L + N \times \tan \Theta)) / (\sum T) \\
 &= (\sum(0,84 \times 7,069 \times 4,233 \times \tan 27,02^\circ)) / 9,494 \\
 &= 1,79 > 1,2 \text{ (aman)}
 \end{aligned}$$



Gambar 7. Stabilitas Tanggul Sungai Marmoyo saat air kosong

Tabel 11. Perhitungan stabilitas tanggul saat air penuh

| T      | W    | sudut | Sin x | Cos x | T     | N     |
|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | 0.84 | -7    | -0.12 | 0.993 | 0.103 | 0.841 |
| 2      | 2.30 | 5     | 0.087 | 0.996 | 0.201 | 2.293 |
| 3      | 0.71 | 20    | 0.342 | 0.940 | 0.243 | 0.667 |
|        | 3.77 | 20    | 0.342 | 0.940 | 1.292 | 3.550 |
| 4      | 2.92 | 35    | 0.574 | 0.819 | 1.679 | 2.398 |
|        | 1.90 | 35    | 0.574 | 0.819 | 1.090 | 1.556 |
| 5      | 1.17 | 53    | 0.799 | 0.602 | 0.940 | 0.709 |
|        | 0.31 | 53    | 0.799 | 0.602 | 0.250 | 0.188 |
| Jumlah |      |       |       |       | 5.798 | 12.20 |

Sumber: Data Diolah

Perhitungan stabilitas tanggul sungai marmoyo saat air penuh dihitung dengan metode pias atau irisan dengan menggunakan debit rencana Q25.

Diketahui: C (koefisien kohesi tanah)= 0,84 t/m<sup>3</sup>

$\Theta$  (sudut geser tanah) = 27°

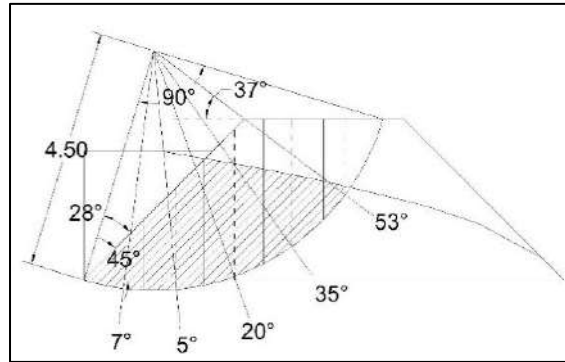
$\gamma$  (berat jenis tanah) = 1,1 t/m<sup>3</sup>

$\gamma_{sat}$  (berat jenis tanah jenuh) = 1,59 t/m<sup>3</sup>

Fs (faktor keamanan) = 1,2

Maka, perhitungan satbilitas tanggul dapat dilihat pada tabel 11.

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{(\sum(C \times L + N \times \tan \Theta))}{(\sum T)} \\
 &= \frac{(\sum(0,84 \times 7,069 \times 5,798 \times \tan 27,02^\circ))}{12,202} \\
 &= 2,09 > 1,2 \text{ (aman)}
 \end{aligned}$$



Gambar 8. Stabilitas Tanggul Sungai Marmoyo saat air penuh

Berdasarkan hasil perhitungan stabilitas tanggul Sungai Marmoyo di atas, didapatkan bahwa keamanan lereng Sungai Marmoyo aman pada kondisi saat air kosong maupun saat air penuh. Hal tersebut karena berdasarkan perhitungan, didapatkan angka keamanan lebih dari 1,2 maka stabilitas tanggul dinyatakan aman.

### KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari tugas akhir ini adalah:

- Kondisi eksisting sungai marmoyo saat ini tidak dapat menampung jumlah debit banjir yang ada.
- Simulasi menggunakan bantuan software Hec-RAS 5.0.1 diketahui bahwa kapasitas debit maksimum tiap segmen dari sungai marmoyo adalah 46m<sup>3</sup>/dt pada segmen 1, 8 m<sup>3</sup>/dt pada segmen 2 dan 46 m<sup>3</sup>/dt pada segmen 3.
- Langkah penanggulangan banjir pada sungai marmoyo ini adalah dilakukannya peninggian tanggul pada penampang sungai yang ada. Peninggian tanggul dilakukan sepanjang STA HP 1+150 – STA A134 dengan total panjang sejauh 26.438 m.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A, Randy. 2013. “Studi Normalisasi Sungai Kemuning dalam Penanggulangan Banjir di Kota Banjarbaru Kalimantan Selatan”. Jurnal Rekayasa Sipil. 1(1): 37-49
- [2] Asdak dan Chay. 2010. “Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai”. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- [3] B. Sarwono, M. B. Ansori, dan D. Ratnasari. 2015. “Studi Pengendalian Banjir Sungai Kalidawir Tulungagung”. Jurnal Hidroteknik.1(1):13-19.
- [4] Hadisusanto, N. 2010. “Aplikasi Hidrologi”. Penerbit Jogja Mediautama.
- [5] L. Srihanun. 2012. “Studi Perencanaan Normalisasi Sungai Kali Sono di Kota Madiun”. Media Teknik Sipil. 10(1). 49-53.
- [6] Soemarto. 1995. “Hidrologi Teknik”. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.
- [7] Soewarno. 1995. “Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data”. Penerbit Nova. Bandung.
- [8] Sosrodarsono. 2002. “Bendungan Tipe Urugan”. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta.

- [9] Triatmodjo, B. 2009. “Hidrologi Terapan”. Cet ke-2. Penerbit Beta Offset. Yogyakarta.
- [10] Wigati, R., Soedarsono, Pribadi. 2016. “Normalisasi Sungai Ciliwung Menggunakan Program HEC-RAS 4.1 (Studi Kasus Cililitan–Bidara Cina)”. Jurnal Fondasi. Vol 5(1): 1-12

## Lampiran 1. Perhitungan Curah Hujan dengan Metode Thiessen

| Tahun | Tanggal   | Stasiun |       |       |         | Hujan Harian Maks |
|-------|-----------|---------|-------|-------|---------|-------------------|
|       |           | Kabuh   | Ploso | Tapen | Tanjung |                   |
|       | Bobot (W) | 0,326   | 0,064 | 0,215 | 0,395   |                   |
| 2011  | 05-Mar    | 108     | 68    | 100   | 115     | 96,672            |
|       | 27-Feb    | 12      | 105   | 0     | 10      |                   |
|       | 05-Mar    | 108     | 68    | 100   | 115     |                   |
|       | 02-Jan    | 22      | 60    | 0     | 167     |                   |
| 2012  | 13-Feb    | 146     | 0     | 102   | 60      | 104,975           |
|       | 21-Mei    | 0       | 82    | 40    | 28      |                   |
|       | 24-Mar    | 76      | 47    | 159   | 114     |                   |
|       | 19-Okt    | 96      | 26    | 75    | 123     |                   |
| 2013  | 02-Apr    | 136     | 80    | 115   | 80      | 112,088           |
|       | 16-Apr    | 74      | 92    | 58    | 35      |                   |
|       | 24-Mar    | 0       | 55    | 112   | 34      |                   |
|       | 16-Nov    | 21      | 62    | 28    | 95      |                   |
| 2014  | 05-Apr    | 133     | 93    | 129   | 43      | 117,091           |
|       | 05-Apr    | 133     | 93    | 129   | 43      |                   |
|       | 05-Apr    | 133     | 93    | 129   | 43      |                   |
|       | 06-Jan    | 21      | 38    | 9     | 83      |                   |
| 2015  | 18-Mar    | 93      | 125   | 51    | 74      | 82,082            |
|       | 18-Mar    | 93      | 125   | 51    | 74      |                   |
|       | 26-Jan    | 60      | 22    | 112   | 0       |                   |
|       | 20-Jan    | 51      | 93,7  | 27    | 130     |                   |
| 2016  | 19-Dec    | 78      | 86,5  | 74    | 81      | 78,606            |
|       | 03-Mar    | 28      | 103   | 34    | 35      |                   |
|       | 06-Jan    | 75      | 44,5  | 104   | 54,7    |                   |
|       | 06-Mar    | 6       | 30    | 7     | 106     |                   |
| 2017  | 11-Feb    | 100     | 55    | 108   | 41      | 89,727            |
|       | 21-Mar    | 0       | 60    | 36    | 23      |                   |
|       | 11-Feb    | 100     | 55    | 108   | 41      |                   |
|       | 02-Dec    | 14      | 12    | 0     | 116     |                   |
| 2018  | 03-Okt    | 103     | 94    | 141   | 57      | 113,159           |
|       | 12-Mar    | 88      | 107   | 58    | 66      |                   |
|       | 03-Okt    | 103     | 94    | 141   | 57      |                   |
|       | 22-Jan    | 40      | 28    | 67    | 101     |                   |
| 2019  | 20-Feb    | 85      | 41    | 59    | 49      | 62,966            |
|       | 20-Feb    | 85      | 41    | 59    | 49      |                   |
|       | 16-Apr    | 0       | 0     | 81    | 0       |                   |
|       | 12-Jan    | 15      | 45    | 6     | 88      |                   |
| 2020  | 10-Feb    | 84      | 16    | 92    | 29      | 69,030            |
|       | 10-Feb    | 84      | 16    | 92    | 29      |                   |
|       | 10-Feb    | 84      | 16    | 92    | 29      |                   |
|       | 11-Mar    | 38      | 50    | 38    | 78      |                   |

Sumber: Data Diolah

## Lampiran 2. Tinggi tanggul tiap penampang

| No | STA  | LOB<br>(m) | ROB<br>(m) | Elv. Banjir (m) | Tanggul Kiri<br>(m) | Tanggul Kanan<br>(m) |
|----|------|------------|------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 1  | A134 | 29.75      | 30.36      | 30.26           | 1.11                | 0.60                 |
| 2  | A132 | 29.65      | 30.03      | 30.05           | 1.00                | 0.62                 |
| 3  | A130 | 29.13      | 29.18      | 29.78           | 1.25                | 1.20                 |
| 4  | A128 | 29.16      | 29.27      | 29.63           | 1.07                | 0.96                 |
| 5  | A126 | 28.86      | 29.14      | 29.5            | 1.24                | 0.96                 |
| 6  | A124 | 27.73      | 28.65      | 29.51           | 2.38                | 1.46                 |
| 7  | A122 | 28.53      | 28.04      | 29.28           | 1.35                | 1.84                 |
| 8  | A120 | 28.23      | 28.30      | 29.18           | 1.55                | 1.48                 |
| 9  | A118 | 28.03      | 28.09      | 28.78           | 1.35                | 1.29                 |
| 10 | A116 | 27.81      | 27.82      | 28.59           | 1.38                | 1.37                 |
| 11 | A114 | 27.66      | 27.65      | 28.27           | 1.21                | 1.22                 |
| 12 | A112 | 27.29      | 27.23      | 28.28           | 1.59                | 1.65                 |
| 13 | A110 | 27.42      | 27.55      | 27.97           | 1.15                | 1.02                 |
| 14 | A106 | 27.35      | 26.91      | 27.86           | 1.11                | 1.55                 |
| 15 | A104 | 27.27      | 26.95      | 27.64           | 0.97                | 1.29                 |
| 16 | A102 | 26.69      | 26.94      | 27.58           | 1.49                | 1.24                 |
| 17 | A100 | 26.50      | 27.23      | 27.46           | 1.56                | 0.83                 |
| 18 | A98  | 26.59      | 27.28      | 27.35           | 1.36                | 0.67                 |
| 19 | A96  | 26.34      | 26.71      | 27.18           | 1.44                | 1.07                 |
| 20 | A94  | 26.36      | 26.21      | 27.1            | 1.34                | 1.49                 |
| 21 | A92  | 26.23      | 26.27      | 27.06           | 1.43                | 1.39                 |
| 22 | A90  | 25.73      | 26.40      | 26.96           | 1.83                | 1.16                 |
| 23 | A88  | 26.32      | 26.13      | 26.94           | 1.22                | 1.41                 |
| 24 | A86  | 25.83      | 25.79      | 26.92           | 1.69                | 1.73                 |
| 25 | A84  | 26.19      | 25.48      | 26.82           | 1.23                | 1.94                 |
| 26 | A82  | 25.38      | 25.81      | 26.7            | 1.92                | 1.49                 |
| 27 | A80  | 25.79      | 25.90      | 26.62           | 1.43                | 1.32                 |
| 28 | A78  | 25.63      | 25.79      | 26.5            | 1.47                | 1.31                 |
| 29 | A76  | 25.36      | 24.88      | 26.18           | 1.42                | 1.90                 |
| 30 | A74  | 23.88      | 24.16      | 26.3            | 3.02                | 2.74                 |
| 31 | A72  | 25.17      | 24.98      | 26.19           | 1.62                | 1.81                 |
| 32 | A70  | 25.01      | 24.61      | 26.1            | 1.69                | 2.09                 |
| 33 | A68  | 24.65      | 24.81      | 26.05           | 2.00                | 1.84                 |
| 34 | A66  | 24.81      | 24.74      | 25.93           | 1.72                | 1.79                 |
| 35 | A64  | 24.67      | 24.78      | 25.86           | 1.79                | 1.68                 |
| 36 | A62  | 24.60      | 23.54      | 25.82           | 1.82                | 2.88                 |
| 37 | A60  | 24.28      | 24.98      | 25.77           | 2.09                | 1.39                 |
| 38 | A58  | 25.01      | 24.92      | 25.75           | 1.34                | 1.43                 |

| No | STA     | LOB<br>(m) | ROB<br>(m) | Elv. Banjir (m) | Tanggul Kiri<br>(m) | Tanggul Kanan<br>(m) |
|----|---------|------------|------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 39 | A56     | 24.51      | 24.74      | 25.64           | 1.73                | 1.50                 |
| 40 | A54     | 24.59      | 24.71      | 25.59           | 1.60                | 1.48                 |
| 41 | A52     | 25.02      | 23.59      | 25.46           | 1.04                | 2.47                 |
| 42 | A50     | 24.75      | 25.23      | 25.28           | 1.13                | 0.65                 |
| 43 | A48     | 23.46      | 23.38      | 25.36           | 2.50                | 2.58                 |
| 44 | A46     | 23.54      | 24.02      | 25.28           | 2.34                | 1.86                 |
| 45 | A44     | 24.14      | 23.72      | 25.12           | 1.58                | 2.00                 |
| 46 | A42     | 23.71      | 23.96      | 25.11           | 2.00                | 1.75                 |
| 47 | A40     | 22.71      | 23.68      | 25.04           | 2.93                | 1.97                 |
| 48 | A37+67  | 24.10      | 23.69      | 25.05           | 1.55                | 1.96                 |
| 49 | A36     | 24.17      | 23.28      | 24.87           | 1.30                | 2.19                 |
| 50 | A34     | 23.52      | 23.37      | 24.89           | 1.97                | 2.12                 |
| 51 | A32     | 23.45      | 23.37      | 24.72           | 1.87                | 1.95                 |
| 52 | A30     | 23.24      | 23.54      | 24.74           | 2.10                | 1.80                 |
| 53 | A28     | 24.44      | 23.26      | 24.62           | 0.78                | 1.96                 |
| 54 | A26     | 23.83      | 22.88      | 24.57           | 1.34                | 2.29                 |
| 55 | A24     | 24.24      | 24.01      | 24.53           | 0.89                | 1.12                 |
| 56 | A22     | 22.76      | 22.91      | 24.47           | 2.31                | 2.16                 |
| 57 | A20     | 22.84      | 22.65      | 24.44           | 2.20                | 2.39                 |
| 58 | A18     | 22.61      | 22.01      | 24.38           | 2.38                | 2.97                 |
| 59 | A16     | 23.18      | 23.07      | 24.33           | 1.76                | 1.86                 |
| 60 | A14     | 22.86      | 23.26      | 24.28           | 2.02                | 1.62                 |
| 61 | A12     | 23.26      | 23.15      | 24.24           | 1.58                | 1.69                 |
| 62 | A10     | 23.07      | 23.23      | 24.19           | 1.72                | 1.56                 |
| 63 | A8      | 22.74      | 22.85      | 24.12           | 1.98                | 1.88                 |
| 64 | A6      | 22.36      | 22.74      | 24.08           | 2.32                | 1.94                 |
| 65 | A4      | 22.32      | 22.20      | 24.03           | 2.31                | 2.43                 |
| 66 | HP1+150 | 22.85      | 23.51      | 23.8            | 1.55                | 0.90                 |

Sumber: Data Diolah