

STUDI ANALISA PENGENDALIAN BANJIR SUNGAI TAMBAN DI KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN APLIKASI HEC-RAS

Afina Fajar Hidayati¹, Eko Noerhayati², Azizah Rokhmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, email:

afinafajarhidayati@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, email:

eko.noerhayati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, email:

azizah.rachmawati@unisma.ac.id

ABSTRAK

Indonesia adalah salah satu negara yang sering terjadi banjir. Salah satu sungai yang sering terjadi banjir adalah Sungai Tamban di Kabupaten Malang. Kondisi sungai yang berada di pegunungan serta berdekatan dengan muara menyebabkan resiko banjir lebih besar. Maka, perlu adanya analisis mengenai bagaimana penanggulangan banjir yang ada di Sungai Tamban untuk mengetahui langkah normalisasi apa yang sesuai dengan kondisi Sungai Tamban. Dari analisis permasalahan banjir pada Sungai Tamban, upaya pengendalian banjir yang sesuai adalah perencanaan tanggul. Perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode HSS *Nakayasu* dalam kala ulang 10 tahun dan perhitungan stabilitas lereng menggunakan metode Bishop. Penelitian ini menjelaskan tentang desain perencanaan tanggul di Sungai Tamban menggunakan aplikasi HEC-RAS. Penggunaan aplikasi ini dilakukan dengan menganalisis curah hujan rata-rata, menghitung curah hujan rencana, menghitung kapasitas aliran sungai, dan memasukkan data yang terkait dengan aplikasi HEC-RAS. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh debit banjir rancangan sebesar 157,763 m³/detik. Berdasarkan perolehan perhitungan debit banjir, maka perencanaan dimensi tanggul pada Sungai Tamban menggunakan kemiringan 1:2 serta sudut geser dalam sebesar 25° dengan nilai faktor keamanan 3,81. Dan perhitungan volume galian dan timbunan diperoleh hasil total volume galian sebesar 100.217,912 m³ dan timbunan sebesar 238.083,245 m³.

Kata Kunci: Galian dan Timbunan, HEC-RAS, Normalisasi, Pengendalian Banjir, Stabilitas Lereng

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries that often experiences floods. One of the rivers that often floods is the Tamban River in Malang Regency. The condition of the river in the mountains and adjacent to the estuary causes a greater risk of flooding. So, there is a need for an analysis of how to deal with flooding in the Tamban River to find out what normalization steps are in accordance with the conditions of the Tamban River. From the analysis of flood problems on the Tamban River, the appropriate flood control effort is embankment planning. Calculation of the design flood discharge using the HSS *Nakayasu* method in a 10 year return period and the calculation of slope stability using the Bishop method. This study describes the design of the embankment in the Tamban River using the HEC-RAS application. The use of this application is done by analyzing the average rainfall, calculating the planned rainfall, calculating the river flow capacity, and entering data related to the HEC-RAS application. Based on the calculation results, the design flood discharge is 157.763 m³/second. Based on the calculation of flood discharge, the planning of the dimensions of the embankment on the Tamban River uses a slope of 1:2 and an internal shear angle of 25° with a safety factor value of 3.81. And the calculation of the volume of excavation and embankment obtained the total volume of excavation of 100.217,912 m³ and embankment of 238.083,245 m³.

Keywords: Excavation and Embankment, Flood Control, HEC-RAS, Normalization, Slope Stability

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai Tamban adalah sungai yang terletak di Dusun Tamban, Desa Tambakrejo, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Di sungai ini sering terjadi banjir karena penampang Sungai Tamban yang tidak dapat menampung volume air saat intensitas hujan tinggi. Kondisi morfologi Sungai Tamban berada di muara sungai yang berdekatan langsung dengan laut.

Daerah Aliran Sungai Tamban memiliki luas 295 km² dengan panjang sungai 30 km. Desa Kedungbanteng serta Desa Tambakasri merupakan wilayah penyuplai air Sungai Tamban, saat terjadi hujan deras, debit aliran Sungai Tamban juga semakin tinggi. Untuk menanggulangi masalah banjir di Sungai Tamban, perlu dilakukan normalisasi sungai sebagai upaya agar air sungai tidak meluap ke permukiman. Dalam penyelesaiannya menggunakan bantuan aplikasi HEC-RAS agar menunjukkan hasil yang lebih akurat mengenai genangan banjir. Aplikasi ini dikembangkan untuk menggambarkan pemodelan aliran sungai serta kapasitas sungai.

Rumusan Masalah

1. Berapa besar debit banjir rancangan dengan kala ulang 10 tahun pada Sungai Tamban?
2. Berapa luas penampang Sungai Tamban yang tidak dapat menampung air saat terjadi hujan?
3. Bagaimana profil aliran Sungai Tamban setelah dilakukan normalisasi?
4. Bagaimana langkah pengendalian banjir setelah dilakukan perhitungan dan pemodelan menggunakan aplikasi HEC-RAS?

TINJAUAN PUSTAKA

Sungai

Sungai merupakan salah satu dari sumber daya alam yang mengalir (*flowing resources*). Misalnya, penggunaan air di hulu yang tidak terkendali menghilangkan kesempatan untuk penggunaan air di hilir (*opportunity value*), pencemaran di hulu dapat menimbulkan biaya sosial di hilir (*externality effect*) dan pelestarian di hulu dapat memberikan manfaat konservasi di hilir (Rachmawati, 2016).

Banjir

Banjir merupakan luapan dari sungai atau badan air lainnya dikarenakan curah hujan berlebihan atau salju yang mencair atau bisa juga karena gelombang pasang yang membanjiri dataran banjir (Schwab et al., 1981).

Analisa Kapasitas Sungai

Kapasitas aliran didefinisikan sebagai aliran maksimal yang dapat dilewatkan melalui setiap penampang saluran. Kapasitas saluran berfungsi sebagai acuan apakah debit aliran yang direncanakan dapat ditampung oleh saluran yang ada tanpa terjadi luapan.

Metode Bishop

Di dalam Bishop (1995) metode ini mengabaikan gesekan antar irisan, mengasumsi bahwa gaya normal cukup untuk menentukan gaya antar irisan, dan menganggap bahwa gaya bekerja pada kedua sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (Amri and Dharmawansyah, 2021).

Aplikasi HEC-RAS

Hydrologic Engginering Center - River Analysis System (HEC-RAS) merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam pengerjaan pemodelan aliran sesuai dengan kondisi yang ada. Dalam pemodelan, HEC-RAS adalah model aliran satu dimensi aliran yaitu aliran tetap (*steady flow*) dan aliran tak tetap (*unsteady flow*) yang mempermudah dalam analisis penampang aliran (Utomo et al., 2020).

METODOLOGI PENELITIAN

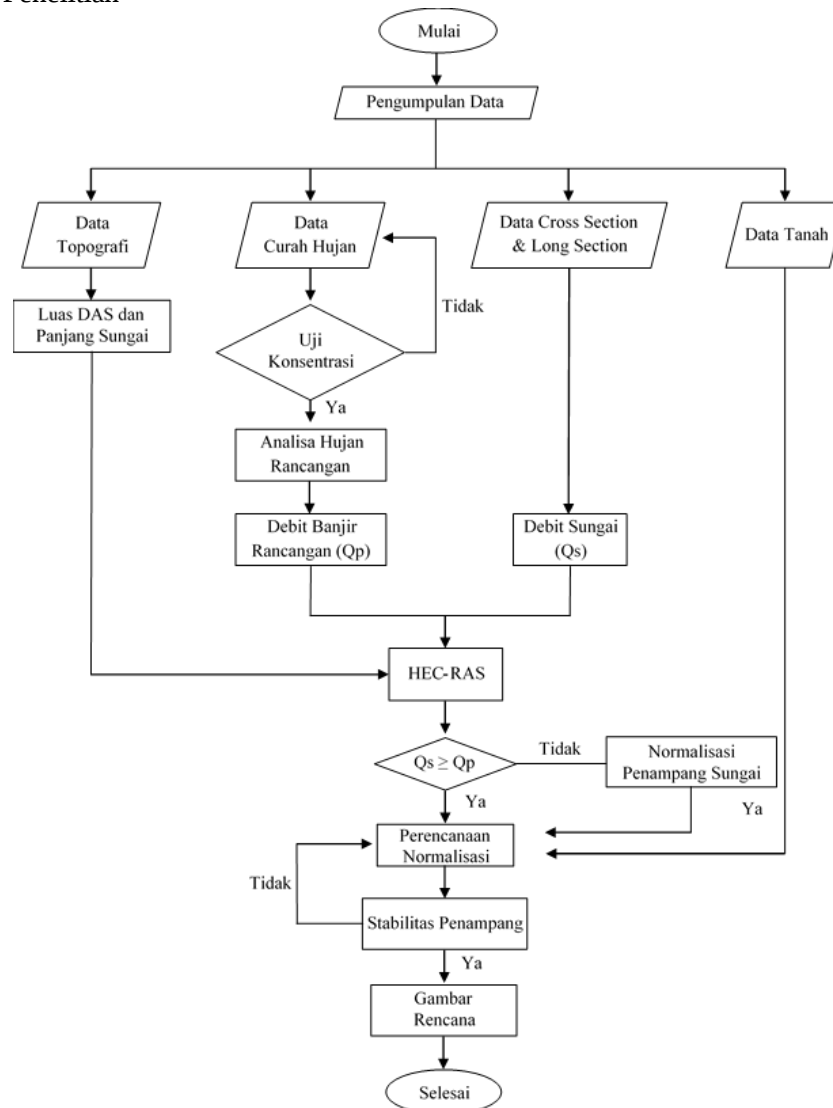
Lokasi Penelitian

Tempat lokasi penelitian adalah Sungai Tamban yang berada di Dusun Tamban, Desa Tambakrejo, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang. Bagian hulu lokasi penelitian tepatnya berada di 8°23' LS dan 112°42' BT. Dalam penelitian ini data yang dibutuhkan adalah data *cross section* (potongan melintang), *long section* (potongan memanjang)

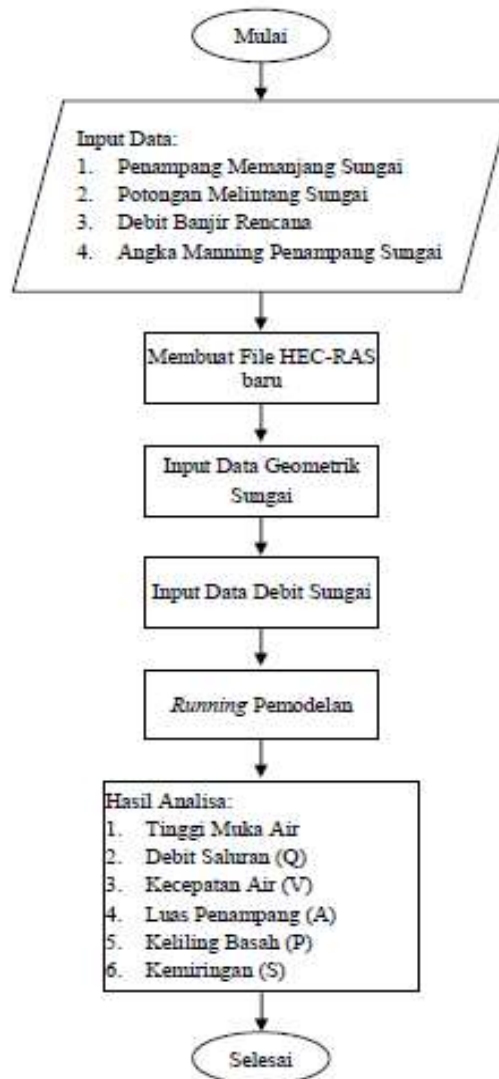
Sungai Tamban, data curah hujan 3 stasiun periode ulang 10 tahun, yaitu tahun 2011 s/d 2020, data topografi: peta topografi, luas DAS, panjang sungai, lokasi, data tanah.

Bagan Alir

Bagan Alir Penelitian



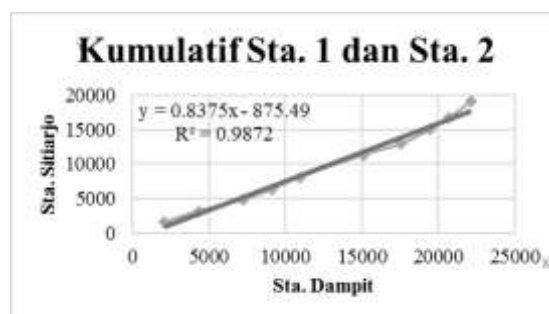
Bagan Alir HEC-RAS



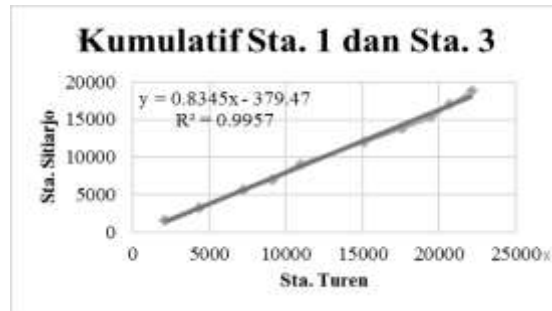
PEMBAHASAN

Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Uji konsistensi data curah hujan berguna untuk mengetahui apakah data curah hujan yang digunakan adalah benar dan sesuai dengan keadaan di lapangan. Pada kasus ini menggunakan kurva masa ganda.



Gambar 1. Grafik Uji Konsistensi Sta. 1 dan Sta. 2
Sumber: (Hasil Perhitungan)



Gambar 2. Grafik Uji Konsistensi Sta. 2 dan Sta. 3
Sumber: (Hasil Perhitungan)

Analisa Curah Hujan Rerata Daerah

Dalam perhitungan curah hujan rata-rata daerah, menggunakan metode aljabar (*arithmetic mean*). Pengukuran dilakukan dengan cara menjumlahkan data hujan beberapa stasiun kemudian dibagi dengan jumlah stasiun.

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

Curah Hujan Rencana

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar tahunan yang terjadi di wilayah dengan peluang tertentu. Perhitungan curah hujan menggunakan metode *Log Pearson Type III* dengan kala ulang 10 tahun.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

Kala Ulang	Peluang	Log Hujan Rata ²	Standar Deviasi	Koefisien Kemencengan	Konstanta	Log Hujan	Harga CH
Tr (Tahun)	Pr %	Log $\bar{X}$	σ	Cs	G	Log X	X (mm)
2	50	3,290	0,099	1,881	-0,297	3,261	18,223
5	20	3,290	0,099	1,881	0,623	3,352	22,486
10	10	3,290	0,099	1,881	1,308	3,420	26,302
20	5	3,290	0,099	1,881	2,208	3,509	32,309
50	2	3,290	0,099	1,881	2,886	3,577	37,722
100	1	3,290	0,099	1,881	3,562	3,644	44,025

Sumber: (Hasil Perhitungan)

Analisis Hidrograf Debit Banjir Rencana

Perhitungan Curah Hujan Jam-jaman

Dalam studi ini, dikarenakan data pengamatan sebaran hujan tidak tersedia, maka untuk melakukan perhitungannya menggunakan rumus dari Dr. Mononobe, yaitu sebagai berikut:

$$R_t = R_o \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2)$$

Tabel 2. Rasio Sebaran Hujan

Jam ke-t	(Rt) 1 jam-an	CH jam ke-t	Rasio (%)	Kumulatif (%)
0-1	0,585	0,585	58,480	58,480
0-2	0,368	0,152	15,200	73,681
0-3	0,281	0,107	10,663	84,343
0-4	0,232	0,085	8,489	92,832
0-5	0,200	0,072	7,168	100,000

Sumber: (Hasil Perhitungan)



Gambar 3. Hubungan Antara Rasio Dan Waktu Hujan (jam)
Sumber: (Hasil Perhitungan)

Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit banjir rencana dengan menggunakan metode HSS Nakayasu dengan tujuan untuk mendapatkan waktu puncak banjir. Dengan data sebagai berikut:

1. Luas DAS (A) = 295 km²
2. Panjang sungai (L) = 30 km
3. Panjang sungai semua tingkat = 203 km
4. Ro = 1 (asumsi)

Perhitungan debit banjir rencana (Q10) sebagai berikut:

1. Indeks kerapatan sungai

$$(D) = \frac{I_{st}}{A} = \frac{203}{295} = 0,688 \dots \dots \dots (3)$$
2. Menghitung besar aliran dasar (*base flow*)

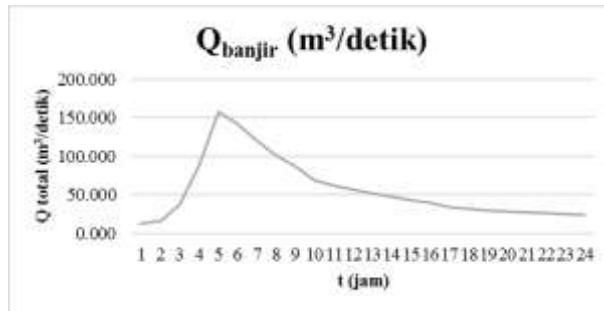
$$(Q_b) = 0,4715 \times A^{0,6444} \times D^{0,9403} \dots \dots \dots (4)$$
3. Perhitungan debit banjir rencana kala ulang 10 tahun dalam waktu 1 jam

$$Q_{total} = R_{total} + Q_b \dots \dots \dots (5)$$

Tabel 3. Hidrograf Banjir Untuk Kala Ulang 10 Tahun

t (jam)	Qt	Akibat Hujan Jam-Jaman					Qb	Qtotal
	(m ³ /detik)	R1 (mm)	R2 (mm)	R3 (mm)	R4 (mm)	R5 (mm)		
		11,561	3,005	2,108	1,678	1,417		
0	0,000						12,954	12,954
1	0,319	3,686					12,954	16,640
2	1,683	19,453	5,056				12,954	37,463
3	4,453	51,476	13,380	9,386			12,954	87,196
4	7,891	91,224	23,711	16,633	13,241		12,954	157,763
5	6,541	75,625	19,657	13,789	10,977	9,270	12,954	142,271
6	5,423	62,693	16,295	11,431	9,100	7,685	12,954	120,158
7	4,495	51,973	13,509	9,476	7,544	6,371	12,954	101,826
8	3,727	43,085	11,199	7,856	6,254	5,281	12,954	86,629
9	2,853	32,988	8,574	6,015	4,788	4,043	12,954	69,362
10	2,518	29,111	7,567	5,308	4,225	3,568	12,954	62,733
11	2,222	25,690	6,677	4,684	3,729	3,149	12,954	56,883
12	1,961	22,670	5,893	4,133	3,291	2,779	12,954	51,720
13	1,730	20,006	5,200	3,648	2,904	2,452	12,954	47,164
14	1,527	17,655	4,589	3,219	2,563	2,164	12,954	43,143
15	1,348	15,580	4,050	2,841	2,261	1,910	12,954	39,595
16	1,053	12,170	3,163	2,219	1,767	1,492	12,954	33,765
17	0,958	11,081	2,880	2,020	1,608	1,358	12,954	31,902
18	0,873	10,089	2,622	1,840	1,464	1,237	12,954	30,206
19	0,795	9,186	2,388	1,675	1,333	1,126	12,954	28,662
20	0,723	8,364	2,174	1,525	1,214	1,025	12,954	27,256
21	0,659	7,615	1,979	1,389	1,105	0,933	12,954	25,976
22	0,600	6,934	1,802	1,264	1,006	0,850	12,954	24,811
23	0,546	6,313	1,641	1,151	0,916	0,774	12,954	23,749

Sumber: (Hasil Perhitungan)



Gambar 4. Grafik Metode HSS Nakayasu
Sumber: (Hasil Perhitungan)

Analisa Hidrolika

Perencanaan Perbaikan Sungai

Debit banjir rencana puncak diperoleh 157,763 m³/detik pada jam ke 4. Bentuk penampang sungai yang direncanakan adalah trapesium, karena mudah dalam pelaksanaan juga memberikan kapasitas pengaliran yang cukup tinggi dalam mengalirkan debit.

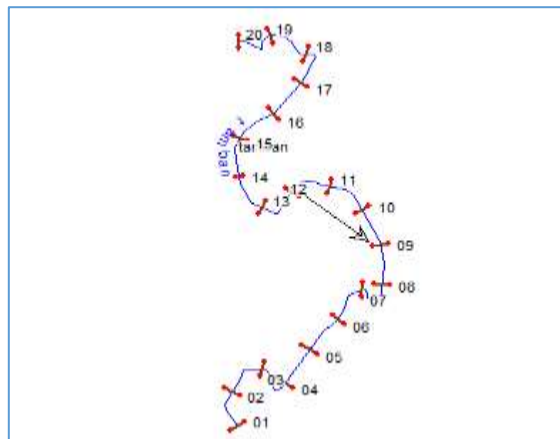
Kemiringan lereng sungai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{(\text{Elv. P1} - \text{Elv. P20})}{\text{Jarak P1 ke P20}} = \frac{16,82 - 15,47}{3800} = 0,000355 \text{ m} \dots\dots\dots (5)$$

Pemodelan HEC-RAS

Menggambar Skema Geometrik Sungai

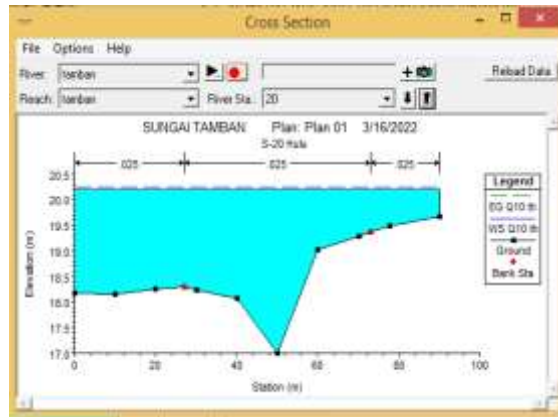
Untuk menggambar skema geometrik sungai, diperlukan data geometri yang didapat dari penampang melintang sungai lalu diinput ke dalam aplikasi HEC-RAS.



Gambar 5. Skema Geometrik
Sumber: (Program HEC-RAS)

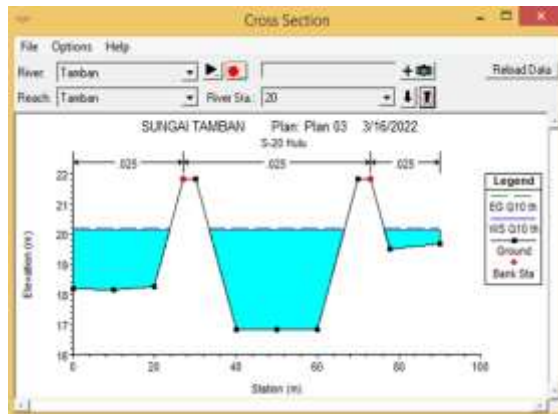
Hasil Running HEC-RAS Penampang Eksisting

Berdasarkan gambar di bawah, tampak tinggi muka air melebihi batas penampang Sungai Tamban. Maka perlu dilakukan normalisasi sungai dengan peninggian tanggul agar dapat menanggulangi banjir.



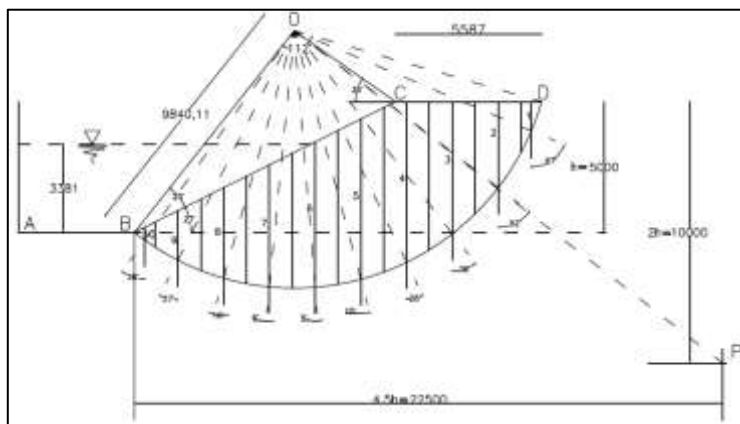
Hasil *Running* HEC-RAS Penampang Rencana

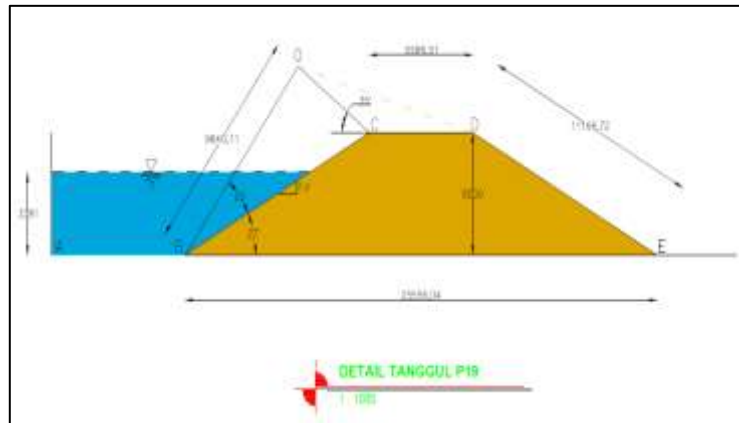
Perencanaan tanggul sungai dilakukan setelah mengetahui kapasitas Sungai Tamban tidak dapat menampung debit banjir rencana.



Perhitungan Stabilitas Lereng

Dalam penelitian ini menggunakan perhitungan stabilitas lereng dengan metode Bishop.





Gambar 9. Detail Tanggul Pada P 19
Sumber: (Gambar Autocad)

Tabel 4. Stabilitas Lereng Dengan Metode Bishop

IS RUAS KIRI	Pias No.	C (ton/m)	φ (°)	Wn (ton/m)	αn (°)	Sin αn	Cos αn	bn (m)	tan φ	Wn.Sin αn	Wn.tan φ	c.bn	IS	m αn	(c.bn+Wn.tan φ)*l/m αn
													RUAS KANAN		
3.81	1	0.75	25	0.94	67	0.92	0.39	0.79	0.47	0.87	0.44	0.59	3.81	0.50	2.05
	2	0.75	25	6.11	52	0.79	0.62	1.75	0.47	4.81	2.85	1.31	3.81	0.71	5.84
	3	0.75	25	9.78	38	0.62	0.79	1.75	0.47	6.02	4.56	1.31	3.81	0.86	6.80
	4	0.75	25	13.95	26	0.44	0.90	1.75	0.47	6.12	6.51	1.31	3.81	0.95	8.21
	5	0.75	25	15.45	15	0.26	0.97	1.75	0.47	4.00	7.21	1.31	3.81	1.00	8.54
	6	0.75	25	15.01	5	0.09	1.00	1.75	0.47	1.31	7.00	1.31	3.81	1.01	8.26
	7	0.75	25	13.35	-6	-0.10	0.99	1.75	0.47	-1.40	6.22	1.31	3.81	0.98	7.68
	8	0.75	25	10.37	-16	-0.28	0.96	1.75	0.47	-2.86	4.84	1.31	3.81	0.93	6.63
	9	0.75	25	5.89	-27	-0.45	0.89	1.75	0.47	-2.67	2.75	1.31	3.81	0.84	4.86
	10	0.75	25	0.71	-36	-0.59	0.81	0.79	0.47	-0.42	0.33	0.59	3.81	0.74	1.25
				Jumlah (Σ)						15.78					60.11

Sumber: (Hasil Perhitungan)

Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

Perhitungan volume galian dan timbunan memerlukan perbandingan antara penampang eksisting dengan penampang rencana. Dari perbandingan tersebut dapat diketahui luas penampang yang digali maupun yang ditimbun dikali dengan jarak antar masing-masing potongan, maka volume galian dan timbunan dapat diketahui. Dari hasil perhitungan didapat nilai volume galian sebesar 100.217,912 m³ dan nilai volume timbunan sebesar 238.083,248 m³.

Hasil Penelitian

Berdasarkan analisa dan perhitungan banjir pada Sungai Tamban dengan kala ulang 10 tahun, dapat diambil kesimpulan bahwa pada setiap penampang terjadi luapan air. Maka langkah pengendalian banjir untuk penampang P20 (Hulu) sampai dengan penampang P1 (Hilir) adalah dengan dibuatnya tanggul kanan serta tanggul kiri dan dilakukannya galian dan timbunan pada setiap penampang.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Besar debit banjir rancangan pada Sungai Tamban dengan kala ulang 10 tahun adalah 157,763 m³/detik
2. Luas penampang Sungai Tamban yang tidak dapat menampung air adalah sebagai berikut:
 - Penampang P20-Hulu = 152,210 m²
 - Penampang P11-Tengah = 173,216 m²
 - Penampang P1-Hilir = 61,809 m²

3. Hasil perencanaan profil aliran Sungai Tamban setelah dilakukan normalisasi dengan aplikasi HEC-RAS dibuat dimensi sungai berbentuk trapesium, sebagai contoh penampang P20 diperoleh hasil sebagai berikut:
 - Luas penampang / *Flow Area* (A) = 137,998 m²
 - Keliling basah / *W.P. Channel* (P) = 34,834 m
 - Jari-jari hidraulik (R) = A / P = 3,962 m
 - Kecepatan aliran / *Vel. Channel* (V) = 1,290 m/detik
 - Debit (Q) = 157,763 m³/detik
 Sehingga penampang yang direncanakan dapat menampung debit sebesar 157,763 m³/detik.
4. Langkah pengendalian banjir setelah dilakukan perhitungan dan pemodelan menggunakan aplikasi HEC-RAS adalah dengan dilakukannya perhitungan stabilitas lereng untuk dibangun tanggul. Dengan kemiringan lereng 1:2 serta menggunakan sudut geser dalam sebesar 25° maka diperoleh hasil nilai faktor keamanan 3,81. Hal ini menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan untuk perancangan tanggul adalah aman dikarenakan hasil lebih dari 1,5 yang merupakan batas kritis suatu perencanaan stabilitas lereng. Serta dari perhitungan volume galian dan urugan diperoleh hasil total volume galian yaitu sebesar 100.217,912 m³ dan total volume timbunan sebesar 238.083,245 m³.

Saran

1. Dalam penelitian ini menggunakan aplikasi HEC-RAS, diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan aplikasi untuk analisa genangan dan pengendalian banjir lainnya seperti aplikasi HEC-GeoRAS
2. Pada Sungai Tamban untuk pengendalian banjir dapat juga menggunakan alternatif lain yaitu dengan membuat jalur sudetan (*shortcut*), pembuatan embung (*small dam*) di bagian hulu sungai untuk menampung air sementara, dan membuat pintu air sungai guna menahan air pasang
3. Perlunya langkah untuk penataan kawasan sungai untuk menghindari banjir dapat juga dengan melakukan penataan tata ruang dan tata wilayah daerah sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, N., Dharmawansyah, D., 2021. Perbandingan Metode Bishop Dan Janbu Dalam Analisis Stabilitas Lereng Pada Oprit Jembatan Labu Sawo Sumbawa 2, 14.
- Rachmawati, A., 2016. Studi Perencanaan Perkuatan Tebing Sungai Konto Di Desa Ngroto Kecamatan Pujon Kabupaten Malang 10.
- Schwab, G.O., Frevert, R.K., Edminster, T.W., K.K., B., 1981. Soil and Water Conservation Engineering, Third Edition. ed. John Wiley & Sons, New York.
- Utomo, D.R., Noerhayati, E., Rachmawati, A., 2020. Studi Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Kening Kabupaten Bojonegoro Dengan Menggunakan Metode HEC-RAS 10.