

STUDI NORMALISASI SUNGAI WAEBOBO UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DI KABUPATEN MANGGARAI TIMUR MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS

Ajeng Arimurti¹, Eko Noerhayati², Anang Bakhtiar³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

e-mail: ajengarimurty1227@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

e-mail: eko.noerhayati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

e-mail: anang.bakhtiar@unisma.ac.id

ABSTRAC

The Waebobo River in East Manggarai Regency is 28.56 km long with a watershed area of 137.57 km². The river frequently overflows, causing floods in surrounding areas. This study aims to increase flow capacity, reduce overflow risks, and stabilize embankments. Data collected includes 10-year rainfall data, topographic maps, watershed area, river length, and cross-sectional profiles. The design flood discharge (Q25) was calculated using Dr. Nakayasu's Synthetic Unit Hydrograph (HSS) method, yielding 2384.51 m³/sec. HEC-RAS modeling showed that the existing river section overflows. To address this, river normalization and embankment construction are proposed. The embankment will have a 5-meter crest width and a 1.2-meter guard height. This normalization plan is expected to improve flood control and river stability.

Keywords: Flood, River Normalization, HEC-RAS, Waebobo River, Embankment Stability

1. PENDAHULUAN

2.1 Latar Belakang

Sungai Waebobo adalah salah satu sungai yang berada di Kabupaten Manggarai Timur. Panjang sungai ini sekitar 28,56 Km dan luas DAS sebesar 137,57 km², serta mengairi tujuh daerah irigasi dengan luas total 127 hektar. Masyarakat setempat banyak memanfaatkan bagian Tengah sungai yang berada di wilayah pemukiman padat penduduk. Seringkali terjadi curah hujan dengan intensitas yang akhirnya menyebabkan limpasan air, yang secara bertahap mengikis lahan dan pemukiman warga. Tidak adanya infrastruktur pengendalian banjir, seperti tanggul, mengakibatkan air yang meluap tidak dapat tertahan. Oleh karena itu, diperlukan Upaya normalisasi sungai guna mengurangi resiko banjir. Perencanaan normalisasi ini dilakukan dengan mempertimbangkan periode ulang 25 tahun dan di analisis menggunakan perangkat lunak HEC-RAS.

Sungai sendiri merupakan suatu ekosistem alami yang berfungsi sebagai jalur pengaliran air dari sumber hingga kemuar, dengan Batasan dialami dikedua sisinya. Aliran sungai biasanya dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu hulu, tengah, dan hilir (Atmojo S., & Noerhayati, Rachmawati, 2023).

Salah satu metode mitigasi banjir yang efektif adalah pembangunann tanggul, yang berfungsi untuk menahan air dan mengurangi resiko limpasan. Namun, tanggul juga dapat meningkatkan kecepatan aliran dan muka air sungai, sehingga perlu dirancang dengan mempertimbangkan stabilitasnya.

(Alim fikri, Noerhayati E., & Warsito. (2019)

2.2 Identifikasi Masalah

1. debit air yang besar setiap tahun selama musim hujan di sungsi waebobo mengakibatkan banjir dan terjadinya erosi yang sedikit demi sedikit mengikis lahan milik warga

2. meningkatnya frekuensi dan intensitas banjir menyebabkan kerusakan pada infrastruktur, lahan pertanian, dan pemukiman sekitar sungai

2.3 Rumusan Masalah

1. Seberapa besar debit yang terjadi pada saat banjir dengan rencana periode ulang 25 tahun di Sungai Waebobo?
2. Bagaimana kapasitas penampang Sungai Waebobo berdasarkan hasil Analisa menggunakan *HE-RAS*?
3. Berapa dimensi tanggul yang direncanakan untuk pengendalian banjir di Sungai Waebobo, Kabupaten Manggarai Timur?

2.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini tidak mencakup perhitungan anggaran biaya konstruksi
2. Analisa sedimentasi sungai dengan kekuatan geologi tidak diperhitungkan dalam kajian ini
3. Debit sungai dianggap tetap stabil karena tidak dipengaruhi oleh perubahan pasang surut air laut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum

Sesuai dengan peraturan Pemerintah No. 38 tahun 2011, sungai merupakan suatu jalur atau wadah alami maupun buatan yang berfungsi sebagai tempat pengaliran air dimulai dari hulu hingga muara. Sungai dibatasi oleh garis sempadan kedua sisinya yang umumnya terbentuk dari sumber air yang berasal dari penguapan atau mata air. Aliran air dalam sungai terjadi akibat gaya gravitasi yang membawa air dari Kawasan yang lebih tinggi menuju daerah yang lebih rendah hingga akhirnya mengalir ke danau, laut atau sungai yang lebih besar.

2.2 Hidrologi

Hidrologi merupakan cabang ilmu yang mempelajari sifat, distribusi, pergerakan, serta interaksi air di permukaan bumi. Ilmu ini mencakup berbagai aspek, termasuk bagaimana air terbentuk, mengalir, serta dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan, baik secara fisik, kimia, maupun biologis.

2.2.1 Perhitungan curah Hujan Renana

Perhitungan jumlah curah hujan yang direncanakan merupakan metode sebagai tujuan memperkirakan jumlahnya

curah hujan yang berpotensi terjadi dalam suatu periode tertentu berdasarkan analisis statistik data historis.

2.2.2 Distribusi Log Person Type III

Distribusi Log person type III adalah salah satu metode statistik yang diterapkan dalam analisis hidrologi untuk mengelolah data ekstrem, seperti debit banjir maksimum atau curah hujan yang tinggi.

$$\log X_T = \log X + (K_T \cdot S \log X)$$

2.2.3 Distribusi Hujan Jam-Jaman

Distribusi hujan jam-jaman merupakan metode yang digunakan untuk menggambarkan pola sebaran hujan dalam setiap jam di suatu wilayah tertentu.

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

2.2.4 Debit Banjir Rencana menggunakan Metode HSS Dr. Nakayasu

Persamaan untuk menghitung debit banjir menggunakan metode Nakayasu

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_o}{3,6 \times (0,3 T_p + T_{0,3})}$$

2.3 Hidrolika

Hidrolika merupakan cabang ilmu yang mempelajari perilaku dan karakteristik air yang mencakup analisis tekanan, kecepatan, debit aliran, serta interaksi air dengan berbagai struktur Teknik seperti saluran, bendungan, dan pipa.

2.3.1 Kapasitas Eksisting Sungai

Kapasitas eksisting sungai adalah kemampuan sungai dalam menampung dan mengalirkan air dalam kondisi alami atau sebelum dilakukan perubahan atau normalisasi. Kapasitas ini dipengaruhi oleh lebar, kedalaman, kemiringan dasar sungai, serta karakteristik hidraulik seperti kekasaran aliran dan kondisi penampang sungai.

2.3.2 Tanggul

Tanggul adalah struktur yang dibangun disepanjang tepi sungai, saluran atau badan air lainnya untuk mengurangi atau mencegah banjir dengan menghalangi aliran air meluap ke daerah yang terlindungi.

2.3.3 Perencanaan Dimensi Tanggul

Perencanaan dimensi tanggul adalah proses merancang ukuran dan bentuk tanggul yang tepat untuk melindungi suatu daerah dari ancaman banjir atau erosi. Dimensi tanggul mencakup tinggi tanggul, lebar mercu tanggul, kemiringan lereng, serta tambahan tinggi jagaan (*freeboard*) untuk mengantisipasi faktor-faktor seperti gelombang dan sedimentasi.

Tabel 1. keterkaitan Antara Debit Banjir yang direncanakan Dengan Tinggi Jagaan

No	Debit banjir rencana (m ³ /detik)	Jagaan (m)
1	Kurang dari 200	0,6
2	200-500	0,8
3	500-2000	1
4	2000-5000	1,2
5	5000-10000	1,5
6	Lebih dari 10000	2

(Sumber: Sosrodarsono,1985:87)

Tabel 2. Lebar Standar Mahkota Tanggul

No	Debit banjir rencana (m ³ /detik)	Jagaan (m)
1	Kurang dari 200	2
2	200-500	3
3	500-2000	4
4	2000-5000	5
5	5000-10000	6
6	Lebih dari 10000	7

(Sumber: Sosrodarsono,1985:87)

2.3.4 Stabilitas Tanggul

Stabilitas tanggul adalah kemampuan tanggul untuk tetap berdiri kokoh dan tidak mengalami keruntuhan akibat gaya-gaya yang bekerja padanya, seperti tekanan cair, gaya gravitasi, dan erosi. Stabilitas ini mencakup ketahanan terhadap kegagalan geser, kelongsoran lereng, rembesan air (*Seepage*), serta gaya hidrodinamika selama kondisi banjir. Menggunakan rumus *fellenius* sebagai berikut:

$$F = \frac{\sum \text{momen penahan}}{\sum \text{momen Longsor}}$$

$$F = \frac{CLa + tg \phi \sum W \cos \alpha}{\sum W \sin \alpha}$$

2.4 HEC-RAS

Untuk memastikan bahwa banjir yang sering terjadi dapat dihindari, *HEC-RAS* adalah aplikasi untuk memodelkan sistem analisis aliran sungai (*RAS*), yang dikembangkan oleh Pusat Pengembangan Hidrologi (*HEC*).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Kajian ini dilakukan di Kota Borong, Kecamatan Borong, Kelurahan Kotrab Ndora. Lokasinya tepat berada di pulau Flores, yang terletak di Kabupaten Manggarai Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur, terletak antara 08°.14' LS - 09°.00 LS dan 120°20' BT - 120°.55' BT.

Gambar 1. Lokasi Penelitian Sungai Waebobo



Sumber: Penulis,2025

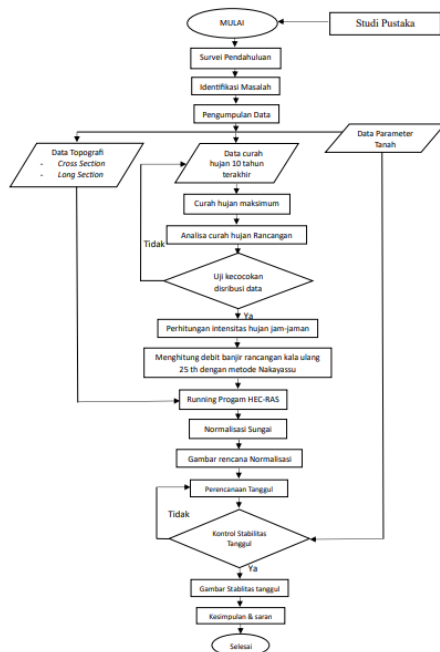
3.2 Tahap Pengumpulan Data

- Data curah hujan 10 tahun terakhir
- Data banjir
- Data topografi, mencakup: Panjang sungai, luas daerah aliran sungai (DAS), data pot. Melintang dan pot. memanjang

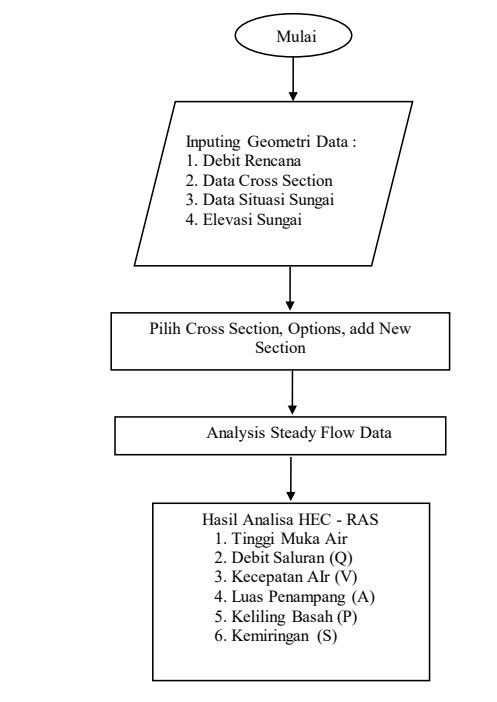
3.3 Analisis Data

- Perhitungan curah hujan secara rata-rata daerah
- perhitungan curah hujan yang di rencana
- Uji kesesuaian distribusi
- Perhitungan aliran debit saat banjir rencana periode kala ulang 25 ctahun
- Analisa kapasitas eksisting
- Perencanaan dimensi tanggul
- Perhitungan stabilitas tanggul

3.4 Bagan Alir Penelitian (Flow Chart)



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian
(sumber: Peneliti,2025)



Gambar 3. Bagan Alir HEC-RAS
(Sumber: Peneliti, 2025)

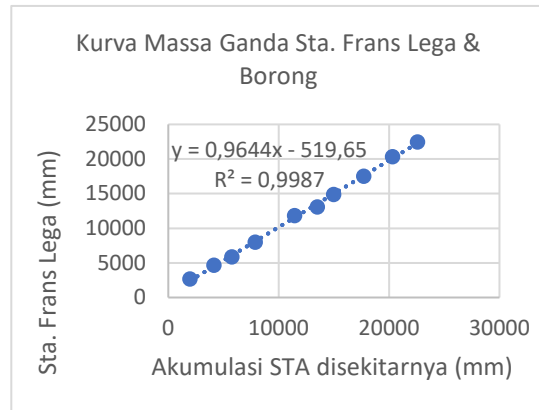
4. PEMBAHASAN

4.1 Uji Konsistensi Data

Uji distribusi data dilakukan adara dapat menentukan konsistensi data yang diolah. Perhitungan distribusi ini dilakukan menggunakan metode kurva massa ganda.

Metode ini menguji ketepatan data hujan dengan dua stasiun, stasiun borong dan stasiun frans lega, yang merupakan jumlah stasiun hujan total. Uji konsistensi kedua stasiun menunjukkan nilai koefisien determinasi 0,99, yang menunjukkan bahwa data yang digunakan dapat diterima atau konsisiten.

Gambar 4. Kurva massa ganda STA Frans Lega dan STA Borong.



(Sumber: Hasil Perhitungan,2025)

4.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Perhitungan menggunakan metode Log Person Tipe III, nilainya yang didapat adalah -0,261 dengan standar deviasi 0,102.

Tabel 3. Disctribusi tingkat kejadian Log Pecrson Tipe III

No	Tahun	X_i (mm/hari)	$\log X_i$	$(\log X_i - \log \bar{X})$	$(\log X_i - \log \bar{X})^2$	$(\log X_i - \log \bar{X})^3$
1.	2014	139,17	2,144	-0,246	0,013	0,001
2.	2015	215,12	2,333	-0,057	0,013	0,001
3.	2016	227,77	2,357	-0,033	0,002	0,001
4.	2017	232,35	2,366	-0,024	0,002	0,000
5.	2018	247,25	2,393	0,003	0,001	0,000
6.	2019	267,35	2,427	0,037	0,000	-0,000
7.	2020	273,71	2,437	0,047	0,000	-0,000
8.	2021	277,75	2,444	0,054	0,001	-0,000
9.	2022	319,82	2,505	0,115	0,004	-0,000
10.	2023	322,15	2,508	0,118	0,061	-0,001
Jumlah			23,9140			
Rerata			2,390			
sd			0,102			
Cs			-0,261			

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2025)

4.3 Perhitungan Hujan Jam-Jaman

Untuk menghitung hujanjam-jaman digunakan rumus dari Dr. Mononobe, yaitu: Menghitung curah hujan rata-rata hujan (R_t) hingga jam ke- t

$$\begin{aligned}
 R_t &= \frac{R_{24}}{t} \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \\
 t = 1 \rightarrow R_t &= \frac{R_{24}}{6} \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \\
 &= \frac{R_{24}}{6} \cdot \left(\frac{6}{1}\right)^{2/3}
 \end{aligned}$$

$$= 0,550 \text{ mm/jam}$$

Menghitung curah hujan pada hujan ke-t

$$\begin{aligned} RT &= T \cdot R_t - (1-1) \cdot R(t-1) \\ &= 1 \cdot (0,550) - (1-1) \times 0,550 \\ &= 0,550 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

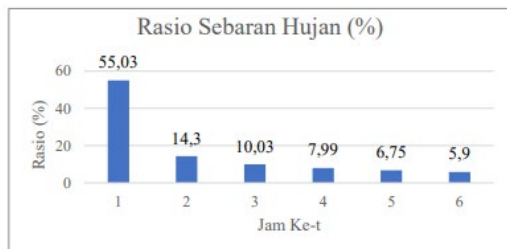
Menghitung Rasio (%)

$$\begin{aligned} R1 &= R_T \times 100 \\ &= 0,550 \times 100 = 55,03 \% \end{aligned}$$

Tabel 4. Rasio Sebaran Hujan

Jam ke-t	(Rt)1 jam-an	CH jam ke-t	Rasio (%)	Kumulatif (%)
0 - 1	0,550	0,550	55,03	55,03
0 - 2	0,347	0,144	14,30	69,34
0 - 3	0,265	0,100	10,03	79,37
0 - 4	0,218	0,080	7,99	87,36
0 - 5	0,188	0,067	6,75	94,10
0 - 6	0,167	0,059	5,90	100,0

(Sumber: Hasil Perhitungan,2025)



Gambar 5. Hubungan antara rasio dan waktu hujan (jam)

(Sumber: Hasil Perhitungan,2025)

4.4 Menghitung Hujan Jam-Jaman Berbagai Kala Ulang

$$\text{Rasio (\%)} = 55,03/100 = 0,550$$

CH = curah hujan rencana

Hujan jam-jaman (mm/jam)

$$\begin{aligned} &\text{➤ CH jam ke t} \times \text{CH rencana} \\ &= 0,550 \times 225,423 \\ &= 123,981 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Tabel 5. Tabel hujan jam-jaman

Jam ke-t	Rasio hujan jam ke-t	Hujan netto 1 jam-an (mm/jam)					
		2	5	10	25	50	100
1	0,550	123,981	137,835	180,868	206,662	213,238	222,516
2	0,143	32,235	35,837	47,028	52,217	54,870	57,854
3	0,100	22,543	25,061	32,885	37,931	38,370	40,457
4	0,080	18,033	20,003	26,308	28,345	30,696	32,366
5	0,067	15,103	16,790	22,033	23,144	25,708	27,106
6	0,059	13,299	14,785	19,402	20,379	22,638	23,869
CH Rencana		225,423	250,610	328,851	379,314	383,707	404,575

(Sumber: Hasil Perhitungan,2025)

4.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit untuk banjir yang di rencanakan berdasarkan hasil perhitungan curah hujan rencana, metode HSS Nakayasu

dengan periode ulang 25 tahun (Q_{25}) berikut ini:

- Indeks kerapatan sungai

$$D = \frac{Lst}{A} = \frac{28,56}{137,57} = 0,207 \text{ mm/jam}$$

- Menghitung besar aliran dasar (*base flow*)

$$\begin{aligned} Q_b &= 0,4715 \times A^{0,6444} \times D^{0,9403} \\ &= 0,4715 \times 137,57^{0,6444} \times 0,207^{0,9403} \end{aligned}$$

$$= 2,27 \text{ m}^3/\text{det}$$

- Perhitungan debit banjir yang direncanakan periode ulang 25 tahun selama 1 jam

$$Q_{\text{total}} = R_{\text{total}} + Q_b$$

$$= 754,73 + 2,27$$

$$= 757,00 \text{ m}^3/\text{det}.$$

Tabel 6. Hidograf Banjir dengan Untuk periode Ulang 25 tahun

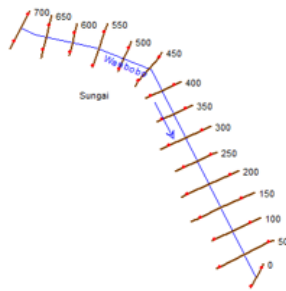
t (jam)	Qt (m3/dt)	Akibat Hujan Jam-jaman						Qb (m3/dt)	Qbanjir (m3/dt)
		R1 (mm)	R2 (mm)	R3 (mm)	R4 (mm)	R5 (mm)	R6 (mm)		
0	0	206,66	52,217	37,931	28,345	23,144	20,379	2,27	2,27
1	2,730	754,73						2,27	757,00
2	3,860	1067,41	269,70					2,27	1339,38
3	4,728	1307,34	330,32	239,95				2,27	1879,89
4	5,460	1509,46	381,39	277,05	207,03			2,27	2384,51
5	4,591	948,79	239,73	174,14	130,13	106,25		2,27	1605,90
6	3,425	707,82	178,84	129,91	97,08	79,27	69,80	2,27	1264,99
7	2,556	528,23	133,47	96,95	72,45	59,16	52,09	2,27	944,61
8	1,907	394,10	99,58	72,33	54,05	44,14	38,86	2,27	705,34
9	1,538	317,85	80,31	58,34	43,59	35,60	31,34	2,27	569,30
10	1,265	261,43	66,05	47,98	35,86	29,28	25,78	2,27	468,65
11	1,041	215,14	54,36	39,49	29,51	24,09	21,21	2,27	386,06
12	0,856	176,90	44,70	32,47	24,26	19,81	17,44	2,27	317,86
13	0,704	145,49	36,76	26,70	19,95	16,29	14,35	2,27	261,82
14	0,579	119,66	30,23	21,96	16,41	13,40	11,80	2,27	215,73
15	0,447	92,38	23,34	16,96	12,67	10,35	9,11	2,27	167,07
16	0,412	85,14	21,51	15,63	11,68	9,54	8,40	2,27	154,17
17	0,356	73,57	18,59	13,50	10,09	8,24	7,25	2,27	133,52
18	0,307	63,45	16,03	11,64	8,70	7,11	6,26	2,27	115,45
19	0,265	54,77	13,84	10,05	7,51	6,13	5,40	2,27	99,97
20	0,229	47,33	11,96	8,69	6,49	5,30	4,67	2,27	86,70
21	0,198	40,92	10,34	7,51	5,61	4,58	4,04	2,27	75,27
22	0,198	35,34	8,93	6,49	4,85	3,96	3,48	2,27	65,31
23	0,171	30,59	7,73	5,61	4,20	3,43	3,02	2,27	56,83
24	0,148	26,25	6,63	4,82	3,60	2,94	2,59	2,27	49,09

(Sumber: Hasil Perhitungan,2025)

4.6 Perencanaan untuk Perbaikan Sungai

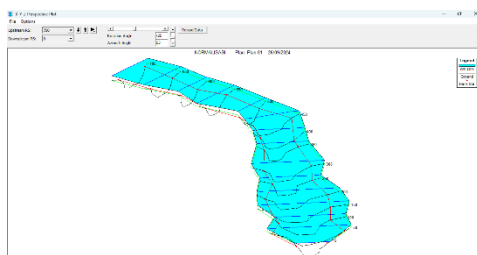
Dalam Upaya pengendalian banjir, peningkatan sistem aliran sungai adalah upaya untuk meningkatkan kapasitas pengaliran sungai sehingga elevasi muka air dapat dikurangi. Perbaikan alur sungai dapat mencakup perencanaan tanggul, pelebaran alur sungai, pengerukan, atau penggalan sudetan.

4.7 Permodelan HEC-RAS

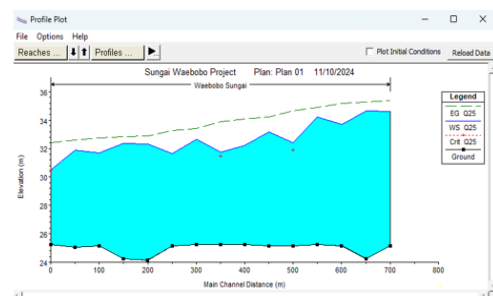


Gambar 6. Skema Aliran Sungai Waebobo
(Sumber: Program HEC-RAS,2025)

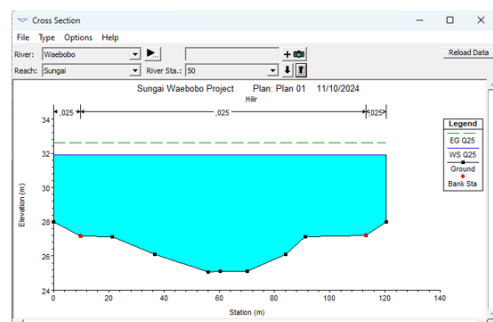
4.8 Hasil Running HEC-RAS Penampang Eksisting



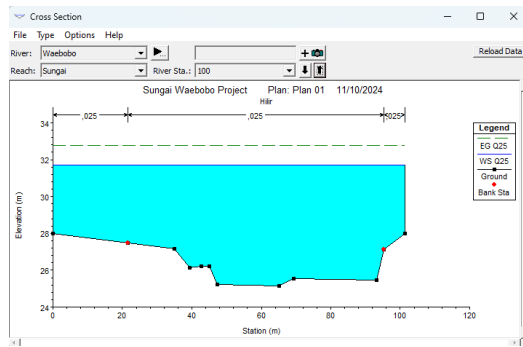
Gambar 7. Kondisi Eksisting Sungai Waebobo
(Sumber: Program HEC-RAS,20205)



Gambar 8. Profil Muka Air Sungai Waebobo
(Sumber: Program HEC-RAS,2025)



Gambar 9. Tinggi Limpasan Pada Sta 7+050
(Sumber: Program HEC-RAS,2025)



Gambar 10. Tinggi Limpasan pas STA 7+100
(Sumber: Program HEC-RAS, 2025)

4.9 Perencanaan Tanggul

4.9.1 Tinggi Jagaan Tanggul

Nilai debit banjir yang direncanakan memengaruhi tinggi jagaan tanggul. Berdasarkan **tabel 1** yang menunjukkan hubungan antara nilai debit banjir yang direncanakan dan ketinggian jagaan tanggul mencapai 1,2 m.

Tabel 7. Tinggi Limpasan Pada Sungai

STA	River STA	Min Ch El (m)	W.S Elv (m)	E.G Elev (m)	E.G. Slope (m/m)
7+000	700	25,27	34,61	35,36	0,000605
7+050	650	25,24	34,65	35,31	0,000484
7+100	600	25,22	33,70	35,18	0,001430
7+150	550	25,16	34,22	34,90	0,000556
7+200	500	25,15	32,39	34,68	0,002598
7+250	450	25,12	33,17	34,24	0,001128
7+300	400	25,10	32,24	34,08	0,002342
7+350	350	25,07	34,75	34,92	0,003014
7+400	300	25,03	32,65	33,43	0,000867
7+450	250	25,01	33,66	33,78	0,002263
7+500	200	24,18	32,34	32,91	0,000601
7+550	150	24,10	32,36	32,86	0,000560
7+600	100	25,16	33,71	33,77	0,001366
7+650	50	25,15	33,91	33,94	0,000882
7+700	0	25,14	32,50	32,60	0,003547

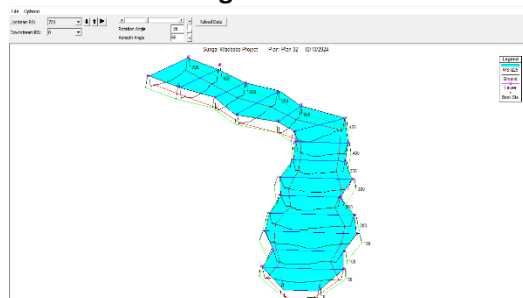
Waebobo

(Sumber: Hasil Perhitungan,20205)

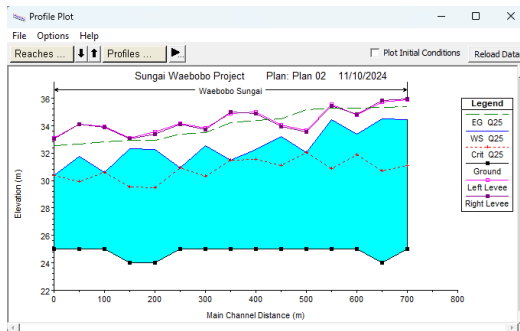
4.9.2 Lebar Mercu Tanggul

Seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 yang menunjukkan keterkaitan antara debit banjir rencana dengan lebar mahkota tanggul (mercu tanggul) adalah 5 m jika nilai debit banjir rencana lebih dari 2000 m³/det.

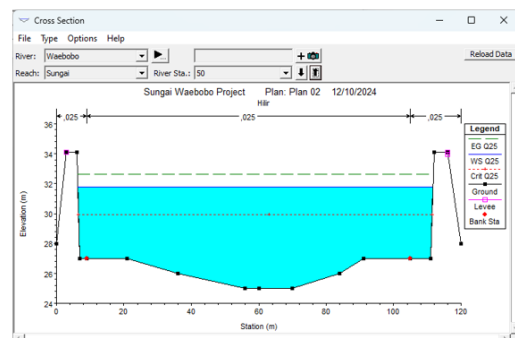
4.10 Hasil Running HEC-RAS Rencana



Gambar 11. Kondisi Profil Muka Air Banjir Sungai Waebobo Setelah Dinormalisasi
(Sumber: Program HEC-RAS, 20205)

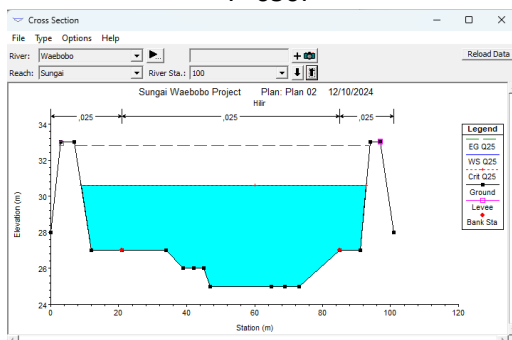


Gambar 12. Kondisi Profil Muka Air Sungai Waebobo Q25 Tahun Setelah di Normalisasi



(Sumber: Program HEC-RAS,2025)

Gmbar 13. Rencana Normalisasi pada STA 7+050.



Gambar 14. Rencana Normalisasi pada STA 7+100

4.11 Perencanaan Stabilitas Tanggul

Perencanaan perbaikan Sungai Waebobo merencanakan untuk membangun tanggul yang memiliki kemiringan 1:2. Nilai faktor keamanan yang sesuai digunakan untuk menghitung perhitungan stabilitas lereng sungai; faktor keamanan yang dihasilkan adalah $F = 1,5$.

Tabel 8. Beban di Leren Tanggul STA 7+000 Saat Kering

No	Luas	Berat	Sudut	Sin α	Cos α	ΔL_n	$W \sin \alpha$	$W \cos \alpha$
<u>Irisan</u>	<u>Irisan</u>	<u>jenis</u>	<u>(α)</u>					
	(A)	tanah						
		($y \times A$)						
1	1,729	2,4759	51°	0,777	0,629	2,44	1,92380	1,55736
2	3,574	5,1180	35°	0,573	0,819	1,18	2,93260	4,19162
3	4,551	6,5170	28°	0,469	0,882	1,13	3,05649	5,74802
4	5,108	7,3147	27°	0,453	0,891	1,22	3,31354	6,51736
5	5,031	7,2044	17°	0,292	0,956	1,29	2,10368	6,88740
6	4,041	5,7867	15°	0,258	0,965	1,21	1,49297	5,58418
7	3,712	5,3156	6°	0,104	0,994	1,37	0,55282	5,28369
8	1,504	2,1537	3°	0,052	0,998	2,83	0,11199	2,14942
<u>Jumlah</u>						12,67	15,48789	37,91904

(Sumber: Hasil Perhitungan,2025)

$$F_s = \frac{\Delta L_n + \tan \theta \times W \cos \alpha}{\Sigma \times W \sin \alpha}$$

$$F_s = \frac{12,67 + (\tan 30^\circ) \times 37,91904}{15,48789}$$

$$F_s = 2,231 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

Tabel 9. Beban di Lereng Tanggul STA 7+000 saat Basah

No	Luas	Berat	Sudu	Sin α	Cos α	ΔL_n	$W \sin \alpha$	$W \cos \alpha$
<u>Irisan</u>	<u>Irisan</u>	<u>jenis</u>	<u>t</u>					
	(A)	tanah	(α)					
		($y \times A$)						
1	1,729	2,8200	51°	0,777	0,629	2,44	2,19114	1,77378
2	3,574	5,8292	35°	0,573	0,819	1,18	3,34013	4,77411
3	4,551	7,4227	28°	0,469	0,882	1,13	3,48124	6,54680
4	5,108	8,3311	27°	0,453	0,891	1,22	3,77401	7,42305
5	5,031	8,2056	17°	0,292	0,956	1,29	2,39602	7,84452
6	4,041	6,5909	15°	0,258	0,965	1,21	1,70044	6,36019
7	3,712	6,0543	6°	0,104	0,994	1,37	0,62964	6,01795
8	1,504	2,4530	3°	0,052	0,998	2,83	0,12756	2,44812
<u>Jumlah</u>						12,67	17,64018	43,18852

(Sumber: Hasil Perhitungan,2025)

$$F_s = \frac{\Delta L_n + \tan \theta \times W \cos \alpha}{\Sigma \times W \sin \alpha}$$

$$F_s = \frac{12,67 + (\tan 30^\circ) \times 43,18852}{17,64018}$$

$$F_s = 2,131 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

Tabel 10. Beban di Lereng Tanggul STA 7+000 saat Jenuh

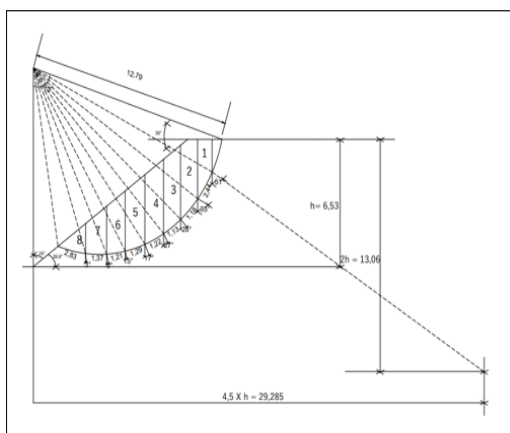
No	Luas	Berat	Sudu	Sin α	Cos α	ΔL_n	$W \sin \alpha$	$W \cos \alpha$
<u>Irisan</u>	<u>Irisan</u>	<u>jenis</u>	<u>t</u>					
	(A)	tanah	(α)					
		($y \times A$)						
1	1,729	2,9998	51°	0,777	0,629	2,44	2,33086	1,88688
2	3,574	6,2009	35°	0,573	0,819	1,18	3,55311	5,07853
3	4,551	7,8960	28°	0,469	0,882	1,13	3,70322	6,96426
4	5,108	8,8624	27°	0,453	0,891	1,22	4,01466	7,89638
5	5,031	8,7288	17°	0,292	0,956	1,29	2,54881	8,34472
6	4,041	7,0111	15°	0,258	0,965	1,21	1,80887	6,76575
7	3,712	6,4403	6°	0,104	0,994	1,37	0,66979	6,40168
8	1,504	2,6094	3°	0,052	0,998	2,83	0,13569	2,60422
<u>Jumlah</u>						12,67	18,76500	45,94241

(Sumber: Hasil Perhitungan,2025)

$$F_s = \frac{\Delta L_n + \tan \theta \times W \cos \alpha}{\Sigma \times W \sin \alpha}$$

$$F_s = \frac{12,67 + (\tan 30^\circ) \times 45,94241}{18,76500}$$

$$F_s = 2,088 > 1,5 \text{ (Aman)}$$



Gambar 15. Stablitas Tanggul pada lereng STA 7+000.

(Sumber: Gambar *AutoCAD*, 2025)

Tabel.11 Hasil Rekapitulasi Stabilitas Tanggul Dalam Berbagai Kondisi

STA	Tinggi Tanggul (H)	Stabilitas Tanggul			Batas Nilai FS	Keterangan
		Kondisi Kering	Kondisi Basah	Kondisi Jenuh		
7+000	6,53	2,941	2,754	2,674	> 1,5	Aman
7+050	5,96	1,858	1,750	1,703	> 1,5	Aman
7+100	8,8	1,910	1,834	1,802	> 1,5	Aman
7+150	6,45	2,071	1,984	1,946	> 1,5	Aman
7+200	6,06	2,162	2,077	2,041	> 1,5	Aman
7+250	7,75	2,105	2,022	1,987	> 1,5	Aman
7+300	6,37	2,265	2,180	2,143	> 1,5	Aman
7+350	8,81	1,900	1,834	1,805	> 1,5	Aman
7+400	6,3	2,464	2,366	2,324	> 1,5	Aman
7+450	7,26	2,480	2,389	2,350	> 1,5	Aman
7+500	6,84	2,490	2,412	2,378	> 1,5	Aman
7+550	7,94	1,976	1,913	1,886	> 1,5	Aman
7+600	7,42	2,597	2,494	2,450	> 1,5	Aman
7+650	8,71	2,085	2,022	1,995	> 1,5	Aman
7+700	8,7	2,054	1,982	1,951	> 1,5	Aman

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2025)

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dengan menggunakan hasil hasil hitungan yang digunakan untuk menyelesaikan "Studi Normalisasi Sungai Waebobo di Kabupaten Manggarai Timur menggunakan Peogram HEC-RAS", beberapa kesimpulan dapat dibuat berikut ini:

1. Berdasarkan perhitungan debit banjir denagn periode ulang (Q25), debit banjir diperkirakan sebesar 2384,51 m³/dt.
2. Menghitung profil aliran Sungai Waebobo pada kondisi dengan menggunakan softwere HEC-RAS, dengan debit banjir untuk periode

ulang 25 mencapai 2384,51 m³/detik. dari STA 7+000 Sampai dengan STA 7+700 hampir semuanya meluap sehingga perlun dilakukan normalisasi sungai.

3. Dimensi tanggul rencana di Sungai Waebobo Kabupaten Manggarai Timur, memmiliki kemiringan 1:2 aman terhadap kelonsoran, dengan tinggi 8,81 m dari permukaan tanah dan lebar mercu tanggul 5 meter sehingga aman terhadap kelongsoran dengan kemiringan 1:2.

5.2 Saran

Penulis dapat memberikan beberapa saran untuk bahan pertimbangan koreksi dan perbaikan untuk penelitian seperti ini, antara lain:

1. Pengendalian banjir dapat dicapai dengan pelebaran sungai dan pendalaman dasar sungai, bukan hanya dengan membangun struktur.
2. Perhitungan normalisasi sungai yang akan datang dapat menggunakan kala ulang 50 hingga, 100 tahun untuk digunakan sebagai perbandingan dengan hasil rencana 25 tahun
3. Untuk menganalisis daerah sungai yang rawan banjir, diharapkan penggunaan *HEC-RAS* tambahan, seperti *Arc-Gis* atau *HEC-HMS*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alim Fikri, Noerhayati, E. & Warsito. (2019). Studi Perencanaan Tanggul Untuk Pengendalian Banjir Di Sungai Ciberes Kabupaten Cirebon.
- Atmojo S, Noerhayati, E. & Rachmawati, A. (2023). Penanggulangan Banjir Dengan Menggunakan Aplikasi HEC-RAS.
- Jaya, S., Suprpto, B., & Rachmawati, A. (2021). Normalisasi Sungai Winongo untuk Penanggulangan Banjir di Kecamatan Mlati Kabupaten Sleman Daerah Istimewa YOGYAKARTA Menggunakan Program HEC – RAS 5.0.7. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 10(3), 56–68.
- Utomo, D., Noerhayati, E., & Rachmawati, A. (2020). Studi Evaluasi Kapasitas

- Penampang Sungai Kening Kabupaten Bojonegoro Dengan Menggunakan Metode HEC-RAS. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 144981, 1–10..
- Soewono, Alexander & Harahab (2009:10). Hidrologi Aplikasi Statisti Untuk Analisa Data, Nova Dan Bandung
- Sosrodarsono., (2002). Perencanaan Tanggul dan Stabilitas lereng *UTEKS : Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 28.
<https://doi.org/10.32511/juteks.v4i1.298>
- Zulkarnain (2021). *Studi Normalisasi Sungai Lapri Untuk Pengendalian Banjir*