

PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI TORONG DAN SUNGAI GALEH BAGIAN HILIR DANAU RAWA PENING KABUPATEN SEMARANG

Shealvia Ratna Dewi^{1,*}, Ayisya Cindy Harifa²

Mahasiswa D4 Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang²

Koresponden*, Email: sheratna7@gmail.com¹, ayisya_civil@polinema.ac.id²

ABSTRAK

Hilir Sungai Torong dan Sungai Galeh yang bermuara ke Danau Rawa Pening, Kabupaten Semarang, rutin mengalami bencana banjir setiap musim hujan. Hal ini disebabkan oleh tingginya sedimentasi dan perubahan lahan di daerah hulu DAS Torong dan DAS Galeh yang mengakibatkan pendangkalan sungai. Untuk mengatasi masalah tersebut, perlu dilakukan normalisasi sungai sebagai salah satu solusi. Penelitian ini bertujuan merencanakan normalisasi Sungai Torong dan Sungai Galeh bagian hilir, dengan fokus pada perencanaan debit rancangan, analisa kapasitas sungai eksisting, perencanaan normalisasi, dan perencanaan anggaran biaya. Metode HSS Nakayasu digunakan untuk merencanakan debit rancangan, sementara aplikasi HEC-RAS digunakan untuk analisa kapasitas sungai eksisting. Data curah hujan dari berbagai stasiun (Banyubiru, Tuntang, Kopeng) serta peta topografi dan profil sungai digunakan dalam analisis. Normalisasi Sungai Torong direncanakan pada STA 1+036 hingga STA 0+011, sedangkan pada Sungai Galeh dari STA 1+107 hingga STA 0+114. Hasil analisis debit rancangan menunjukkan nilai debit pada Sungai Torong dengan kala ulang 25 tahun sebesar 62,115 m³/s dan kala ulang 50 tahun sebesar 99,835 m³/s, sedangkan debit pada Sungai Galeh kala ulang 25 tahun sebesar 2,186 m³/s dan kala ulang 50 tahun sebesar 3,507 m³/s. Metode normalisasi yang direncanakan meliputi pengerukan sedimen dengan desain penampang berbentuk trapesium dan peninggian tanggul dengan perkuatan bronjong. Dengan perencanaan normalisasi ini, kapasitas sungai diharapkan meningkat. Rencana anggaran biaya untuk proyek ini diperkirakan sekitar Rp. 87.215.714.994,03. Penelitian ini juga memberikan referensi untuk normalisasi sungai di lokasi lain dengan memperhatikan kondisi lokal dan dampak lingkungan.

Kata kunci : Normalisasi; Sungai; Banjir

ABSTRACT

The downstream sections of the Torong and Galeh Rivers, which discharge into Lake Rawa Pening in Semarang Regency, frequently experience flooding during the rainy season. This issue is primarily caused by high sedimentation rates and land use changes in the upstream areas of the Torong and Galeh Watersheds (DAS), resulting in riverbed aggradation. To address this problem, river normalization is proposed as a viable solution. This study aims to plan the normalization of the downstream sections of the Torong and Galeh Rivers, focusing on the design flood discharge, analysis of the existing river capacity, embankment stability analysis, planning of normalization, and budgeting. The Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph method was used to determine the design discharge, while the HEC-RAS application was employed to analyze the capacity of the existing river channels. Rainfall data from several stations (Banyubiru, Tuntang, and Kopeng), along with topographic maps and river cross-section profiles, were used in the analysis. Normalization of the Torong River is planned from STA 1+036 to STA 0+011, while the Galeh River is planned from STA 1+107 to STA 0+114. The analysis results show that the design discharge for the Torong River is 78.523 m³/s for a 25-year return period and 134.536 m³/s for a 50-year return period. For the Galeh River, the design discharge is 2.760 m³/s and 4.723 m³/s for the 25-year and 50-year return periods, respectively. The proposed normalization methods include sediment dredging with a trapezoidal channel design and embankment elevation reinforced with gabions. This normalization plan is expected to increase the river's flow capacity. The estimated budget for this project is approximately Rp 87,190,537,627.52. This study also provides a reference for river normalization in other locations, considering local conditions and environmental impacts.

Keywords : Normalization; River; Flood

1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan permasalahan umum yang terjadi di berbagai wilayah Indonesia, baik di daerah perkotaan maupun pedesaan. Salah satu wilayah rawan banjir adalah kawasan sekitar Danau Rawa Pening di Kabupaten Semarang, sebuah danau alami yang memiliki peran penting secara ekologi dan sosial ekonomi. Wilayah ini termasuk dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Tuntang Hulu yang terdiri dari sembilan Sub DAS, di antaranya Sungai Torong dan Sungai Galeh. Dalam beberapa dekade terakhir, kawasan ini mengalami peningkatan sedimentasi dan perubahan penggunaan lahan di daerah hulu yang menyebabkan pendangkalan sungai serta berkurangnya kapasitas tampung danau (Sanjoto et al., 2020). Kondisi tersebut memicu kejadian banjir yang berlangsung secara rutin sejak tahun 1970-an.

Berdasarkan data BPBD Kabupaten Semarang tahun 2020, terdapat delapan kejadian banjir di wilayah sekitar Danau Rawa Pening. Salah satu wilayah terdampak adalah Dusun Deles, Desa Ngrapah, Kecamatan Banyubiru, di mana limpasan dari Sungai Torong dan Galeh menyebabkan genangan pada permukiman dan lahan pertanian. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan upaya normalisasi sungai dan peninggian tanggul.

Penelitian ini bertujuan merencanakan normalisasi bagian hilir Sungai Torong dan Galeh dengan fokus pada estimasi debit banjir, analisis kapasitas sungai eksisting menggunakan aplikasi HEC-RAS, kondisi aliran pasca-normalisasi, metode pelaksanaan, serta estimasi biaya, dengan dukungan data curah hujan dari tiga stasiun (Banyubiru, Tuntang, dan Kopeng) dan data topografi. Hasil perencanaan ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi penanganan banjir di lokasi lain dengan tetap memperhatikan kondisi lokal dan dampak lingkungan.

2. METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sub DAS Sungai Torong dan Sungai Galeh yang termasuk dalam DAS Tuntang Hulu, bermuara ke Danau Rawa Pening, Kabupaten Semarang. Sungai Torong memiliki luas DAS sebesar 57,517 km², sedangkan Sungai Galeh seluas 2,552 km², dengan lokasi berada di Kecamatan Banyubiru.



Gambar 1. Lokasi Sungai Torong

Sumber : *Google Earth*, diakses pada 22 Februari 2025 pukul 16:08



Gambar 2. Lokasi Sungai Galeh

Sumber : *Google Earth*, diakses pada 22 Februari 2025 pukul 16:08

Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data sekunder seperti laporan banjir dari warga sekitar, dokumentasi kondisi eksisting sungai, data curah hujan harian dari Pos Hujan Banyubiru, Tuntang, dan Kopeng selama 5–6 tahun terakhir, serta tambahan data historis dari situs web Sharaku untuk tahun 2013–2017. Selain itu, data peta lokasi dan penampang sungai diperoleh dari PT. KPMP-Infra KSO, serta harga satuan pekerjaan Kabupaten Semarang dari JDIH Kabupaten Semarang.

Metode Pengolahan Data

Metode perencanaan dimulai dengan analisis hidrologi yang meliputi uji konsistensi data menggunakan metode kurva masa ganda, perhitungan curah hujan daerah dengan metode Thiessen, dan penentuan curah hujan rancangan berdasarkan analisis statistik (Normal, Log-Normal, Gumbel, dan Log Pearson Type III) dengan uji distribusi Chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Debit rancangan dihitung menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Selanjutnya dilakukan analisis profil sungai berbasis data DEMNAS dan pemodelan hidrolika menggunakan HEC-RAS untuk menentukan kapasitas sungai eksisting serta kebutuhan normalisasi.

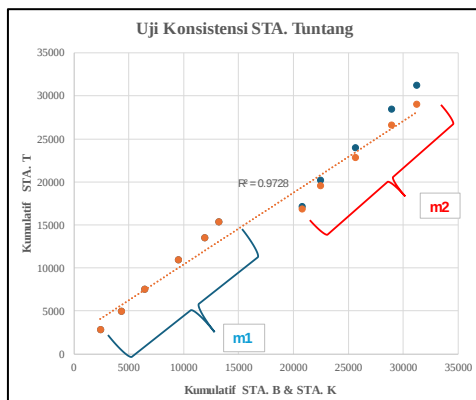
Penentuan batas DAS dilakukan melalui peta topografi dengan bantuan perangkat lunak ArcMap. Tahapan normalisasi dirancang meliputi pengerukan sedimen, peninggian tanggul dengan perkuatan bronjong, serta dilakukan perhitungan ulang kapasitas sungai setelah normalisasi. Terakhir, disusun Rencana Anggaran Biaya berdasarkan volume pekerjaan yang dihitung dan harga satuan tahun 2025 dari Kabupaten Semarang untuk memperkirakan total kebutuhan biaya dari pelaksanaan normalisasi. Adapun bagan alur analisis pada penelitian ini, sebagai berikut:



Gambar 3. Bagan Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Konsistensi

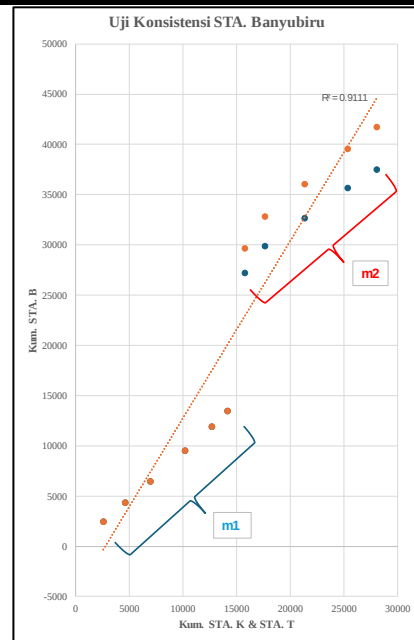


Gambar 4. Uji Konsistensi Double Mass Curve Stasiun Banyubiru terhadap Stasiun Kopeng dan Tuntang

Sumber : Hasil Analisis

Dari grafik uji konsistensi tersebut didapatkan nilai kemiringan sebagai berikut.

$$F = \frac{m1}{m2} = \frac{1,14917}{1,14917} = 1 \rightarrow \text{data konsisten.}$$

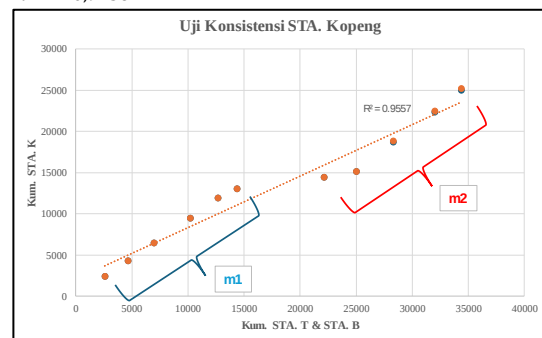


Gambar 5. Uji Konsistensi Double Mass Curve Stasiun Banyubiru terhadap Stasiun Kopeng dan Tuntang

Sumber : Hasil Analisis

Dari grafik uji konsistensi tersebut didapatkan nilai kemiringan sebagai berikut.

$$F = \frac{m1}{m2} = \frac{0,94564}{0,94564} = 1 \rightarrow \text{data konsisten.}$$



Gambar 6. Uji Konsistensi Double Mass Curve Stasiun Banyubiru terhadap Stasiun Kopeng dan Tuntang

Sumber : Hasil Analisis

Dari grafik uji konsistensi tersebut didapatkan nilai kemiringan sebagai berikut.

$$F = \frac{m1}{m2} = \frac{0,91516}{0,91516} = 1 \rightarrow \text{data konsisten.}$$

Tabel 1. Uji Konsistensi RAPS Stasiun Tuntang

No	Tahun	Curah Hujan	Sk*	[Sk*]	D _y ²	D _y	Sk**	[Sk**]
1	2013	2781.32	-60.59	60.59	333.73	775.60	0.08	0.08
2	2014	2184.37	-657.55	657.55	39305.97		0.85	0.85
3	2015	2530.61	-311.30	311.30	8809.73		0.40	0.40
4	2016	3426.22	584.31	584.31	31038.23		0.75	0.75
5	2017	2595.00	-246.91	246.91	5542.36		0.32	0.32
6	2018	1824.00	-1017.91	1017.91	94194.79		1.31	1.31
7	2019	1779.00	-1062.91	1062.91	102707.24		1.37	1.37

8	2020	3087.00	245.09	245.09	5460.79	0.32	0.32
9	2021	3785.50	943.59	943.59	80941.85	1.22	1.22
10	2022	4443.50	1601.59	1601.59	233189.78	2.06	2.06
11	2023	2824.50	-17.41	17.41	27.56	0.02	0.02
Rerata		2841.91		613.56		Max 2.06	2.06
Jumlah					601552.03	Min 0.02	0.02

Sumber : Hasil Analisis

$Q/n^{0.5} = \frac{2,0650}{11^{0.5}} = 0,6226 < \text{dengan probabilitas } 99\% \text{ dari tabel } = 1,303 \text{ (data konsisten)}$

$R/n^{0.5} = \frac{2,0425}{11^{0.5}} = 0,6158 < \text{dengan probabilitas } 99\% \text{ dari tabel } = 1,402 \text{ (data konsisten)}$

Tabel 2. Uji Konsistensi RAPS Stasiun Banyubiru

No	Tahun	Curah Hujan	Sk*	[Sk*]	D _y ²	D _y	Sk**	[Sk**]
1	2013	2407.06	-997.80	997.80	90510.18	3305.63	0.30	0.30
2	2014	1926.03	-1478.83	1478.83	198812.82		0.45	0.45
3	2015	2123.87	-1280.99	1280.99	149175.40		0.39	0.39
4	2016	3055.46	-349.40	349.40	11098.24		0.11	0.11
5	2017	2361.65	-1043.21	1043.21	98934.79		0.32	0.32
6	2018	1558.00	-1846.86	1846.86	310081.61		0.56	0.56
7	2019	13758.00	10353.14	10353.14	9744315.92		3.13	3.13
8	2020	2678.90	-725.96	725.96	47910.93		0.22	0.22
9	2021	2749.00	-655.86	655.86	39104.95		0.20	0.20
10	2022	2992.50	-412.36	412.36	15458.37		0.12	0.12
11	2023	1843.00	-1561.86	1561.86	221764.69		0.47	0.47
Rerata		3404.86		1882.39		Max	3.13	3.13
Jumlah					10927167.90	Min	0.11	0.11

Sumber : Hasil Analisis

$Q/n^{0.5} = \frac{3,1320}{11^{0.5}} = 0,9443 < \text{dengan probabilitas } 99\% \text{ dari tabel } = 1,303 \text{ (data konsisten)}$

$R/n^{0.5} = \frac{3,0263}{11^{0.5}} = 0,9125 < \text{dengan probabilitas } 99\% \text{ dari tabel } = 1,402 \text{ (data konsisten)}$

Tabel 3. Uji Konsistensi RAPS Stasiun Kopeng

No	Tahun	Curah Hujan	Sk*	[Sk*]	D _y ²	D _y	Sk**	[Sk**]
1	2013	2404.13	135.39	135.39	1666.30	910.20	0.15	0.15
2	2014	1906.76	-361.98	361.98	11911.86		0.40	0.40
3	2015	2136.73	-132.01	132.01	1584.29		0.15	0.15
4	2016	3042.94	774.20	774.20	54489.52		0.85	0.85
5	2017	2410.31	141.57	141.57	1822.07		0.16	0.16
6	2018	1112.60	-1156.14	1156.14	121514.23		1.27	1.27
7	2019	1414.00	-854.74	854.74	66416.32		0.94	0.94
8	2020	666.17	-1602.57	1602.57	233474.90		1.76	1.76
9	2021	3609.00	1340.26	1340.26	163299.85		1.47	1.47
10	2022	3586.50	1317.76	1317.76	157862.98		1.45	1.45
11	2023	2667.00	398.26	398.26	14419.22		0.44	0.44
Rerata		2268.74		746.81		Max	1.76	1.76
Jumlah					828461.55	Min	0.15	0.15

Sumber : Hasil Analisis

$Q/n^{0.5} = \frac{1,7607}{11^{0.5}} = 0,5309 < \text{dengan probabilitas } 99\% \text{ dari tabel } = 1,303 \text{ (data konsisten)}$

$R/n^{0.5} = \frac{1,6156}{11^{0.5}} = 0,4871 < \text{dengan probabilitas } 99\% \text{ dari tabel } = 1,402 \text{ (data konsisten)}$

Curah Hujan Daerah

Perhitungan Curah Hujan Daerah menggunakan Metode Poligon Thiessen dan didapatkan koefisien Thiessen sebagai berikut.

Tabel 4. Nilai Koefisien Thiessen

Stasiun Hujan	Luas (Km2)	Luas (Ha)	Koef.
STA. Tuntang	0.000	0.000	0.000
STA. Banyubiru	60.069	6006.922	1.000
STA. Kopeng	0.000	0.000	0.000
Jumlah		6006.922	1.000

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 5. Perhitungan Curah Hujan Daerah

NO TAHUN	TANGGAL	STA. Tuntang	STA. Banyubiru	STA. Kopeng	Rata-rata	Maks.
1	2013	16-Jun 0.00	47.49	0.00	15.83	20.07
		05-Jan 0.00	60.22	0.00	20.07	
		05-Jan 0.00	60.22	0.00	20.07	
2	2014	13-Mar 0.00	46.10	0.00	15.37	29.62
		07-Mar 0.00	88.85	0.00	29.62	
		07-Mar 0.00	86.50	0.00	28.83	
3	2015	04-Apr 0.00	19.09	0.00	6.36	26.71
		14-Dec 0.00	80.13	0.00	26.71	
		22-Apr 0.00	71.37	0.00	23.79	
4	2016	16-Dec 0.00	106.14	0.00	35.38	46.14
		29-Sep 0.00	138.43	0.00	46.14	
		29-Sep 0.00	138.43	0.00	46.14	
5	2017	22-Nov 0.00	27.43	0.00	9.14	34.57
		13-Jan 0.00	103.71	0.00	34.57	
		13-Jan 0.00	103.71	0.00	34.57	
6	2018	22-Feb 0.00	38.00	0.00	12.67	20.33
		16-Nov 0.00	61.00	0.00	20.33	
		24-Dec 0.00	3.00	0.00	1.00	
7	2019	16-Dec 0.00	18.00	0.00	6.00	191.67
		18-Jan 0.00	575.00	0.00	191.67	
		13-Mar 0.00	57.00	0.00	19.00	
8	2020	19-May 0.00	38.00	0.00	12.67	32.67
		02-Dec 0.00	98.00	0.00	32.67	
		01-Jan 0.00	22.00	0.00	7.33	
9	2021	16-Jun 0.00	13.00	0.00	4.33	25.33
		27-Jan 0.00	76.00	0.00	25.33	
		13-Jan 0.00	10.00	0.00	3.33	
10	2022	11-Nov 0.00	9.00	0.00	3.00	30.33
		18-Feb 0.00	91.00	0.00	30.33	
		21-Apr 0.00	8.00	0.00	2.67	
11	2023	03-May 0.00	52.00	0.00	17.33	25.00
		04-May 0.00	75.00	0.00	25.00	
		20-Mar 0.00	43.00	0.00	14.33	

Sumber : Hasil Analisis

Curah Hujan Rancangan

Perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Log-Pearson Tipe III.

Tabel 6. Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Kala Ulang (Tr) (Tahun)	P (%)	K	K. S log x	Log X rancangan	X rancangan (mm)
10	10	1.250	0.339	1.865	73.364
25	4	2.262	0.613	2.140	138.001

50	2	3.048	0.826	2.353	225.424
100	1	3.845	1.043	2.569	370.768

Sumber : Hasil Analisis

Uji Kesesuaian Distribusi

Uji distribusi dilakukan menggunakan metode Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov untuk mengetahui kecocokan data hujan maksimum tahunan terhadap distribusi Log Pearson Tipe III.

Hasil uji Chi-Kuadrat menunjukkan nilai $\chi^2 = 1,273$ lebih kecil dari $\chi^2_{kritis} = 5,991$ pada taraf signifikansi 5%, sehingga distribusi diterima. Pada uji Smirnov-Kolmogorov, nilai $D_{maks} = 0,164$ lebih kecil dari $D_{kritis} = 0,31$ ($\alpha = 20\%$), sehingga distribusi juga diterima. Dengan demikian, distribusi Log Pearson Tipe III dinyatakan sesuai untuk mewakili data.

Debit Rancangan

Perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode HSS Nakayasu.

Waktu konsentrasi hujan (T_g)

Karena panjang sungai < 15 km maka waktu konsentrasi hujan dihitung menggunakan rumus:

$$t_g = 0,21 L^{0,7}$$

$$t_{g \text{ Torong}} = 0,21 \times 4,284^{0,7} = 0,581 \text{ jam}$$

$$t_{g \text{ Galeh}} = 0,21 \times 1,071^{0,7} = 0,220 \text{ jam}$$

Waktu dari curah hujan (T_r)

$$t_r = t_g$$

$$t_{r \text{ Torong}} = 0,581 \text{ jam}$$

$$t_{r \text{ Galeh}} = 0,220 \text{ jam}$$

Waktu puncak (T_p)

$$T_p = t_g + 0,8 t_r$$

$$T_{p \text{ Torong}} = 0,581 + 0,8 (0,581) = 1,047 \text{ jam}$$

$$T_{p \text{ Torong}} = 0,220 + 0,8 (0,220) = 0,397 \text{ jam}$$

Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit ($T_{0,3}$)

$$T_{0,3} = \alpha t_g$$

$$T_{0,3 \text{ Torong}} = 1 \times 0,581 = 0,581 \text{ jam}$$

$$T_{0,3 \text{ Galeh}} = 3 \times 0,220 = 0,661 \text{ jam}$$

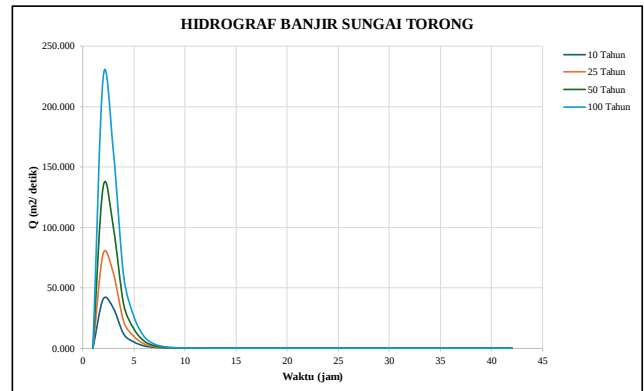
Debit puncak (Q_p)

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

$$Q_{p \text{ Torong}} = \frac{57,517 \times 1}{3,6 (0,3(1,047) + 0,581)} = 17,843 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{p \text{ Galeh}} = \frac{2,552 \times 1}{3,6 (0,3(0,397) + 0,661)} = 0,909 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh debit kala ulang 10 tahun di Sungai Torong sebesar 33,290 m³/detik, kala ulang 25 tahun 62,115 m³/detik, kala ulang 50 tahun sebesar 99,835 m³/detik dan kala ulang 100 tahun sebesar 162,893 m³/detik. Berikut adalah grafik hidrograf banjir Sungai Torong.

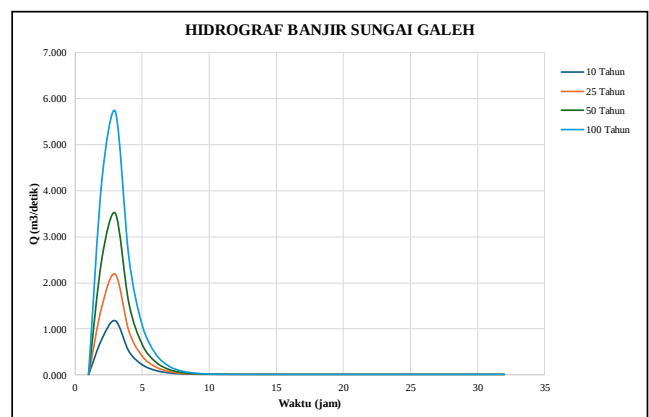


Gambar 7. Hidrograf Banjir Sungai Torong

Sumber : Hasil Analisis

Untuk Sungai Galeh tersebut diperoleh debit kala ulang 10 tahun sebesar 1,176 m³/detik, kala ulang 25 tahun 2,186 m³/detik, kala ulang 50 tahun sebesar 3,507 m³/detik dan kala ulang 100 tahun sebesar 5,715 m³/detik.

Berikut adalah grafik hidrograf banjir Sungai Galeh.

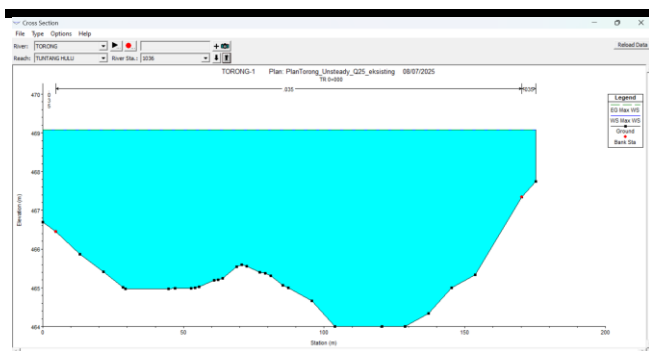


Gambar 8. Hidrograf Banjir Sungai Torong

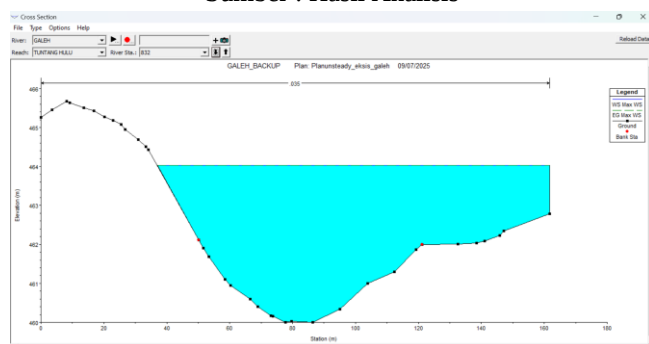
Sumber : Hasil Analisis

Perencanaan Normalisasi

Setelah dilakukan perhitungan debit banjir dilakukan analisis kapasitas eksisting menggunakan debit kala ulang 25 tahun. Berikut adalah hasil running menggunakan aplikasi HEC-RAS Sungai Torong dan Sungai Galeh.

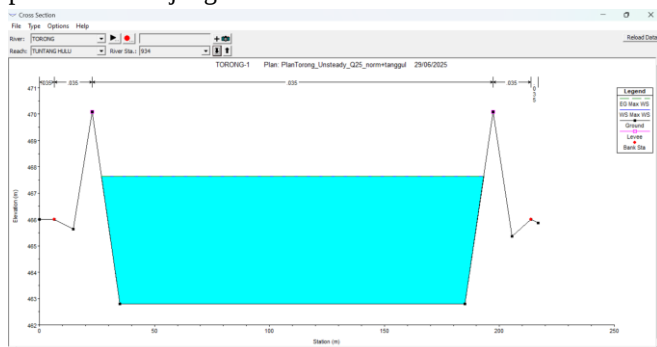


Gambar 9. Hasil Analisis Kapasitas Eksisting Sungai Torong Q25 Tahun
Sumber : Hasil Analisis

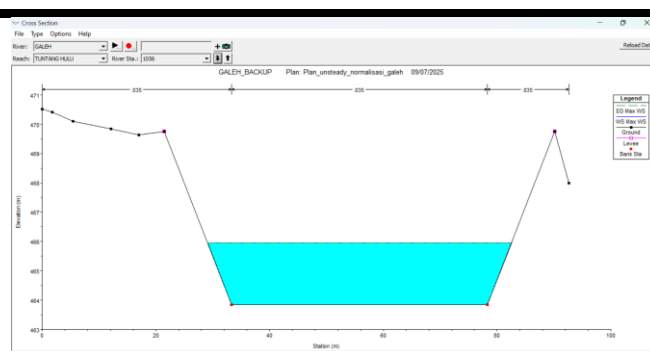


Gambar 10. Hasil Analisis Kapasitas Eksisting Sungai Galeh Q25 Tahun
Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas eksisting Sungai Torong dan Sungai Galeh terjadi banjir, oleh karena itu perlu direncanakan normalisasi dengan cara pengerukan sungai dengan rencana penampang berbentuk trapesium dan peninggian tanggul dengan perkuatan bronjong.



Gambar 12. Rencana Normalisasi Sungai Torong Q25 Tahun
Sumber : Hasil Analisis



Gambar 11. Rencana Normalisasi Sungai Galeh Q25 Tahun
Sumber : Hasil Analisis

Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) mencakup seluruh pekerjaan normalisasi, dari persiapan, pengerukan sungai, dewatering, dan pekerjaan tanggul atau pengerjaan fisik. Estimasi total biaya mencapai Rp. 87.215.714.994,03, biaya ini didasarkan pada hasil perhitungan volume pekerjaan dan analisis harga satuan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan normalisasi Sungai Torong dan Sungai Galeh di bagian hilir Danau Rawa Pening, diperoleh bahwa debit banjir rencana Sungai Torong sebesar 62,115 m³/detik (periode 25 tahun) dan 99,835 m³/detik (periode 50 tahun), sedangkan Sungai Galeh sebesar 2,186 m³/detik dan 3,057 m³/detik. Hasil pemodelan hidraulik HEC-RAS menunjukkan kondisi eksisting sungai belum mampu menampung debit tersebut. Normalisasi direncanakan dengan cara pengerukan sedimen dan peninggian tanggul dengan perkuatan bronjong terbukti meningkatkan kapasitas tampung saluran, di mana muka air banjir berada di bawah elevasi tanggul. Estimasi total biaya pelaksanaan diperoleh sebesar Rp 87.215.714.994,03.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sanjoto, T. B., Akhsin, W., Nur, B., Nugraha, S. B., "LAND COVER CHANGE ANALYSIS TO SEDIMENTATION RATE". *International Journal of GEOMATE*, vol.18, p. 294-301, Jun. 2020.
- [2] Harifa, A. C., Purnomo F., & Suktikno, "Flood Model of Downstream Kali Lahar Using HECRAS (Pemodelan Banjir Hilir Kali Lahar Dengan HEC-RAS)". *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 8 (2), p. 183-198. 2023.
- [3] Kodoatie, R. J, *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*. Yogyakarta: Andi, 2013.
- [4] Soemarto, *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional, 1987.

-
- [5] Soewarno, *Hidrologi, Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Bandung: Nova, 1995.
 - [6] Triatmodjo, B, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset, 2008.
 - [7] Syarifudin, A, *Hidrologi Terapan*. Yogakarta: Andi, 2017.
 - [8] Mori, K., Ishii, H., Somatani, A., & Hatakeyama, A, *Hidrologi untuk Pengairan (Manual on Hydorogy)* (S. Sosrodarsono & Takeda Kensaku (eds.)). Jakarta: PT. Abadi, 2003.
 - [9] Wangsa, A. A. R. R., Suryatmaja, I. B., & Andini, A. A. M. P, “Analisis Hidrologi Rancangan Menggunakan Metode Rasional Pada Saluran Drainase Di Kelurahan Sumerta Kelod Kota Denpasar”. *Ganec Swara*, 17(2), 607. vol.17, no. 1, Jun. 2023.
 - [10] Wahyuningtyas, A., Pahlevari, J. E., Darsono, S., & Budienny Hary, “Pengendalian Banjir Sungai Bringin Semarang”. *Jurnal Karya Teknik Sipil*. vol. 6, no. 3, 2017.
 - [11] Zahrotin Nisa’, I., Harifa, A. C., & Harsanti, W, “Perancangan Normalisasi Sungai Bogowonto Bagian Hilir Kawasan Strategis Nasional Yogyakarta International Airport”. *Jos – Mrk*. vol. 4, no.4, Des 2023.
 - [12] Sulhan, R. A., Efendi, M., & Hapsari, R. I, “Analisis Debit Banjir Pada Sungai Buntung Di Kabupaten Sidoarjo”. *Jurnal JOS-MRK*. vol 1, no.3. Des. 2023.
 - [13] Wigati, R., Sudarsono, & Cahyani, I. D. “ANALISIS BANJIR MENGGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS 4.1 (Studi kasus sub DAS Cisimeut hilir HM 0+00 Sampai dengan HM 69+00)” *Jurnal Fondasi*. vol. 5, no. 1, 2016.