

Kajian Normalisasi Terhadap Kapasitas Sungai Gude Desa Pulolor Berbasis HEC-RAS

Armanda Beta Saputra¹, Danayanti Azmi Dewi Nusantara²

^{1,2}Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: 1armandasaputra16050724036@mhs.unesa.ac.id, 2danayantinusantara@unesa.ac.id

Abstract

Floods that occur due to the overflowing of Gude River are the main problem in Jombang Regency. Gude River is a river with a length of 8.67 km that flows from Gudo sub-district behind the Sengfong company which is split into the Gude Denanyar River and the Gude Ploso River. This study discusses the normalization of Gude River capacity at a 20 year return period using HEC-RAS software. In this study, the method used to calculate the design flood is Nakayasu unit synthetic hydrograph and the HEC-RAS software for flow simulation modeling. The calculation result of the flood discharge with a return period of 2 years is 76,89 m³/sec, at 5 years it is 91,59 m³/sec, at 25 years it is 113,62 m³/sec, at 50 years it is 122,75 m³/sec, and at 100 years is 131,80 m³/sec. Based on the discharge data and topographical data of Gude River that has been inputted at the HEC-RAS, it shows that the overflow occurs in almost all river cross sections except at Sta 0, Sta 14, and Sta 17. Normalization can be carried out to overcome the overflow of Gude River, by dredging sedimentation as deep as 1,5 meters and constructing embankments on both sides of the river with a height of 1.3 meters.

Keywords: Discharge, Flood, HEC-RAS, Nakayasu, River.

Abstrak

Banjir yang terjadi karena meluapnya Sungai Gude merupakan permasalahan utama Kabupaten Jombang. Sungai Gude merupakan sungai dengan panjang 8,67 km yang mengalir dari kecamatan Gude melewati belakang PT. Sengfong yang terpecah menjadi Sungai Gude Denanyar dan Sungai Gude Ploso. Penelitian ini membahas tentang kapasitas Sungai Gude terhadap beberapa debit banjir rencana. Metode yang digunakan untuk menghitung debit banjir rencana yaitu hidrograf satuan sintetik *nakayasu* dan *software* HEC-RAS untuk pemodelan simulasi aliran. Hasil perhitungan debit banjir dengan periode ulang 2 tahun adalah 76.89 m³/detik, pada 5 tahun adalah 91,59 m³/detik, pada 25 tahun adalah 113,62 m³/detik, pada 50 tahun adalah 122,75 m³/detik, dan pada 100 tahun adalah 131,80 m³/detik. Hasil simulasi banjir berdasarkan debit periode ulang, menunjukkan terjadinya luapan hampir di seluruh penampang kecuali pada Sta 0, Sta 14, dan Sta 17. Untuk mengatasi luapan Sungai Gude dilakukan normalisasi dengan cara dilakukan pengerukan sedalam 1,5 meter dari kondisi eksisting dan pembangunan tanggul di kedua sisi sungai dengan ketinggian 1.3 meter.

Kata Kunci: Banjir, Debit, HEC-RAS, Nakayasu, Sungai.

1. Pendahuluan

Banjir merupakan bencana alam yang diakibatkan oleh sungai tidak mampu menampung tingginya intensitas hujan yang terjadi, banjir dapat terjadi kapanpun dan di manapun. Resiko terjadinya banjir disebabkan karena pada akhir-akhir ini terdapat perubahan tata guna lahan yang memicu adanya sedimentasi pada penampang dasar sungai [1].

Dalam sejarahnya, cara menanggulangi banjir dilakukan dengan membangun tanggul dan bendungan, namun cara ini kurang efisien dalam mengendalikan banjir. Salah satu cara yang dianggap mampu mengatasi banjir yaitu dengan normalisasi. Normalisasi adalah sarana mengembalikan fungsi sungai dari pendangkalan atau penyempitan permukaan dasar sungai [2].

Berdasarkan LKPLHD (Lingkungan Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah) Kabupaten Jombang Tahun 2016, banjir merupakan permasalahan utama Kabupaten Jombang.

Berdasarkan LKPLHD disebutkan dari 306 kelurahan, 132 kelurahan terdampak banjir, 20 kelurahan terdampak tanah longsor, 55 kelurahan terdampak puting beliung, dan 22 kelurahan terdampak kekeringan [3]. Berdasarkan kondisi topografinya, Kabupaten Jombang termasuk landai karena memiliki kemiringan 0-2% dan kapasitas pengaliran yang kurang memadai menjadi faktor penyebab banjir. Kabupaten Jombang berada di ketinggian 44 mdpl yang jelas lebih rendah dari dataran sekitarnya. Karena kebiasaan masyarakat yang buruk untuk membuang sampah di sungai dan dengan adanya bangunan liar di bantaran sungai juga merupakan faktor penyebab terjadinya banjir. Terlebih lagi akibat pengerasan jalan-jalan kampung, ini menyebabkan aliran air pada permukaan sulit untuk meresap ke dalam tanah [4].

Kabupaten Jombang memiliki banyak saluran primer dan salah satunya Sungai Gude. Sungai Gude merupakan sungai primer dengan panjang 8,67 km dan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) 22 km² yang mengalir dari kecamatan Gude melewati belakang PT. Sengfong yang nantinya akan terpecah menjadi sungai sekunder yaitu Sungai Gude Denanyar dan Sungai Gude Ploso.

Sungai Gude yang membelah Desa Pulolor sering meluap sehingga beberapa desa di sekitar tergenangi seperti Desa Denanyar dan Desa Pulolor khususnya Dusun Pulo Gentengan. Sungai Gude tidak bisa menampung debit air hujan yang turun ditambah banjir kiriman dari Kecamatan Gude. Akibatnya sebagian rumah di kedua desa terendam banjir yang menyebabkan lumpuhnya aktivitas warga sekitar [5].

Penelitian kali ini dilakukan dengan cara perencanaan pada titik – titik yang mengalami banjir dan bagaimana cara mengatasinya dengan tepat, dengan memerlukan pengerukan atau dengan membuat tanggul untuk mencegah terjadinya limpasan air. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kapasitas tampung eksisting dari Sungai Gude pada kala ulang 2 hingga 100 tahun, jika debit banjir melebihi kapasitas tampung maka diperlukan normalisasi sungai Gude untuk menanggulangi banjir.

2. Metode

Data yang akan digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi dua jenis yaitu, data primer dan data sekunder. Jenis data primer diperoleh dari penelusuran dan pengukuran dimensi saluran sungai Gude secara langsung (*walk trough*). Penelusuran ini digunakan untuk mendapatkan gambaran kondisi lapangan dari lokasi penelitian. Pengukuran dimensi sungai dilakukan secara manual menggunakan roll meter ketika kondisi muka air sungai pada titik terendahnya. Data sekunder diperoleh dari Dinas PU Sumber Daya Air Jawa Timur berupa data curah hujan, serta peta topografi DAS Sungai Gude yang diperoleh dari BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Kota Jombang.



Gambar 1. Penampang Sungai Gude

Gambar 1 memperlihatkan kondisi penampang *existing* Sungai Gude pada Sta 5 dengan jarak 2125 meter dari Sta 0 (hilir sungai). Berdasarkan pengukuran langsung pada Sta 5 tercatat bentuk penampang sungai adalah trapesium dengan bantaran yang terbuat dari pasangan batu belah dan kemiringan talud 0,457. Ukuran lebar dasar sungai 10,1 meter dengan kedalaman 2 meter.

Pada Tabel 1 ditunjukkan lokasi stasiun pos hujan yang ditinjau beserta elevasinya. Wilayah DAS Sungai Gude berada diposisi antara ketiga stasiun pos hujan yaitu stasiun pos hujan Ceweng, stasiun pos hujan Tanggungan dan stasiun pos hujan Jombang.

Tabel 1. Lokasi Stasiun Pos Curah Hujan

Nama Stasiun	Lokasi		
	Lintang Selatan	Bujur Timur	Elevasi (m dpl)
Ceweng	-7.592409	112.235	68
Tanggungan	-7.592765	112.184	67
Jombang	-7,509364	112,221	43

2.1. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk memperoleh debit banjir rencana. Berdasarkan data curah hujan yang telah diperoleh, curah hujan pada Das Gude dapat dianalisis menggunakan metode *polygon thiessen*. *Polygon thiessen* adalah luas poligon yang telah diukur dikalikan dengan kedalaman curah hujan di stasiun yang berada di dalam poligon [6].

$$R = \sum_i^n \frac{A_n \times R_n}{A_n} \tag{1}$$

- dimana: R = Curah hujan wilayah
- Rn = Curah hujan di setiap stasiun pos hujan
- An = Luas daerah pada tiap stasiun pos hujan

Dari hasil perhitungan curah hujan harian rata-rata maksimum dengan metode *polygon thiessen* dapat dilakukan perhitungan hujan rancangan kala ulang menggunakan metode distribusi *Gumbel* dan *Pearson III*.

Persamaan metode *Gumbel* [7] adalah:

$$R_t = \underline{R} + \frac{S}{S_n} (Y_t - Y_n) \tag{2}$$

- dimana: Rt = Curah hujan rancangan
- \underline{R} = Curah hujan maksimum rata-rata
- S = Standar deviasi
- Yt = Reduced variated sebagai fungsi dari periode ulang “t”
- Yn = Reduced mean sebagai fungsi dari banyaknya data “n”
- Sn = Reduced Standar deviasi sebagai fungsi dari banyaknya data “n”

Persamaan metode pearson tipe III [7] adalah:

$$R_t = \underline{R} + C_s \cdot S \tag{3}$$

- dimana: Rt = curah hujan rancangan
- \underline{R} = Curah hujan maksimum rata-rata
- Cs = Koefisien *Skewness*
- S = Standar deviasi

Dari kedua metode perhitungan curah hujan rancangan kala ulang, diambil nilai yang terbesar karena dalam penentuan debit banjir diperlukan kemungkinan terburuk yaitu debit terbesar. Setelah curah hujan rancangan kala ulang diperoleh, harus dilakukan Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi untuk memeriksa kesesuaian antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan serta untuk memeriksa kebenaran hipotesis. Metode yang digunakan yaitu metode *smirnov-kolmogorov*. Jika uji kesesuaian distribusi frekuensi diterima maka hasil curah hujan rancangan periode ulang dapat digunakan untuk menghitung debit banjir rancangan.

Pada perhitungan debit banjir rencana ini, perlu menentukan koefisien limpasan pada DAS Gude terlebih dahulu.. Koefisien limpasan merupakan nisbah antara laju puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor yang paling mempengaruhi nilai koefisien limpasan yaitu antara lain intensitas hujan, laju infiltrasi tanah dan tanaman penutup tanah [8].

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n A_n \times C_n}{\sum_{i=1}^n A_n} \tag{4}$$

- dimana: C = Koefisien limpasan

C_n = Koefisien limpasan setiap penggunaan lahan

A_n = Luas setiap penggunaan lahan

Berdasarkan SNI 2415 tahun 2016 nilai koefisien pengaliran semakin besar maka kondisi permukaan lahan semakin kasar.

Untuk menghitung debit banjir, dapat digunakan rumus hidrograf satuan sintetik (HSS) *nakayasu* sebagai berikut [7]:

Pertama, menghitung waktu antara hujan hingga debit puncak banjir (t_g)

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \quad (5)$$

Menghitung waktu puncak (t_p)

$$t_r = 0,75 \times t_g \quad (6)$$

$$t_p = t_g \times (0,8 \times t_r) \quad (7)$$

Menghitung besarnya $t_{0,3}$

$\alpha = 2$ untuk pengaliran biasa

$$t_{0,3} = \alpha \times t_g \quad (8)$$

Menghitung debit maksimum hidrograf satuan

$$Q_p = \frac{A \times R_0 \times C}{3,6 (0,3T_p + T_{0,3})} \quad (9)$$

Menghitung besarnya *Base Flow* (Q_b)

$$Q_b = (0,5 \times Q_p) \quad (10)$$

Menghitung lengkung hidrograf

Bagian lengkung naik (Q_a)

$$0 < t < t_p$$

$$Q_a = Q_p \times \left(\frac{t}{t_p}\right)^{2,4} \quad (11)$$

Bagian lengkung turun ($Qd1$)

$$t_p < t \leq (t_p + t_{0,3})$$

$$Qd1 = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p}{t_{0,3}}} \quad (12)$$

Bagian lengkung turun ($Qd2$)

$$(t_p + t_{0,3}) < t \leq (t_p + t_{0,3} + 1,5t_{0,3})$$

$$Qd2 = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p+0,5 \times t_{0,3}}{1,5 \times t_{0,3}}} \quad (13)$$

Bagian lengkung turun ($Qd3$)

$$t > (t_p + t_{0,3} + 1,5t_{0,3})$$

$$Qd3 = Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p+1,5 \times t_{0,3}}{2 \times t_{0,3}}} \quad (14)$$

Setelah debit banjir metode HSS *Nakayasu* didapatkan selanjutnya diproses menjadi grafik. Hasil dari perhitungan debit banjir tersebut digunakan sebagai input data pada analisa hidrolika.

2.2. Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika dilakukan dengan penelusuran aliran untuk memprediksi tingginya muka air pada saluran terbuka pada Sungai Gude. Analisa hidrolika dilakukan dengan menggunakan program bantu HEC RAS berdasarkan debit banjir periode ulang..

Program HEC-RAS merupakan program yang mampu melakukan perhitungan muka air kondisi *steady* (konstan), perhitungan aliran *unsteady* (tidak konstan), dan perhitungan angkutan sedimen. Model aliran *steady* satu dimensi akan digunakan pada penelitian ini. Pada perhitungan profil muka air, HEC-RAS menggunakan prinsip persamaan energi antar dua penampang [4].

(15)

- Y_1, Y_2 = Kedalaman aliran,
- Z_1, Z_2 = Elevasi dsar saluran,
- V_1, V_2 = Kecepatan rata-rata,
- α_1, α_2 = Koefisien,
- g = Percepatan gravitasi,
- h_e = Kehilangan tinggi energi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Hidrologi

Analisis curah hujan wilayah menggunakan metode *polygon thiessen* didapatkan dari tiga stasiun pos hujan terdekat yaitu stasiun pos hujan Ceweng, stasiun pos hujan Tanggungan, dan stasiun pos hujan Jombang dengan aplikasi Google Earth Pro, sehingga diperoleh hasil seperti Gambar 2.



Gambar 2 Polygon Thiessen DAS Gude

Berdasarkan metode *polygon thiessen* didapat luas daerah pengaruh dari masing-masing pos penakar hujan, yang digunakan untuk menghitung curah hujan wilayah DAS. Berikut merupakan contoh perhitungan curah hujan wilayah berdasarkan metode *polygon thiessen*, selengkapnya diberikan dalam Tabel 2..

$$R_{2004} = \frac{2,15 \times 95 + 12,00 \times 86 + 7,85 \times 25}{2,15 + 12,00 + 7,85}$$

$$R_{2004} = 65,11 \text{ mm}$$

Tabel 2 Curah Hujan Harian Wilayah DAS Gude

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)			Curah Hujan Wilayah
	Ceweng	Tanggungan	Jomban	
2000	96	125	62	99.69
2001	91	85	79	83.45
2002	88	93	64	82.16
2003	97	112	42	85.56
2004	95	86	25	65.11
2005	92	96	76	88.47
2006	84	98	107	99.84
2007	71	90	164	114.55
2008	112	125	38	92.69
2009	97	120	130	121.32
2010	125	113	68	98.12

2011	87	86	56	75.39
2012	87	93	35	71.72
2013	122	120	63	99.86
2014	105	90	84	89.33
2015	120	106	39	83.46
2016	140	121	157	135.70
2017	102	121	142	126.64
2018	97	105	42	81.74
2019	95	87	127	102.05
		Σ		189
				7
		Rata-rata		94,8
				4

Berikut merupakan contoh perhitungan hujan rencana periode ulang 100 tahun berdasarkan metode *Gumbel*.

Diketahui :

$$\bar{R} = \frac{1897}{19} = 94,84 \text{ mm}$$

$$S = \frac{\sqrt{\sum (R_i - \bar{R})^2}}{(n-1)} = \frac{\sqrt{6457}}{(20-1)} = 18,41$$

Berdasarkan nilai Standar Deviasi yang telah diperoleh, dapat digunakan untuk menentukan nilai dari *Reduced* Standar Deviasi (S_n) sebesar 1,096 dan *Reduced Mean* (Y_n) sebesar 0,532 dengan mengacu pada tabel *Mean* dan *Standard Deviation* untuk *Reduced Variate* [7]. Dalam menentukan nilai dari Curah Hujan Kala Ulang Metode *Gumbel* diperlukan *Reduced Variate* (Y_{tr}) yang mengacu pada tabel *Reduced Variate* [7].

Menurut persamaan 2 berikut contoh perhitungan Curah Hujan Kala Ulang 100 Tahun Metode *Gumbel*.

$$R_{100} = 94,84 + \frac{18,41}{1,096} (4,6 - 0,532)$$

$$R_{100} = 168,99$$

Dalam menentukan Curah Hujan Kala Ulang metode *Pearson III* diperlukan nilai Koefisien *Skewness*. Berikut hasil perhitungan Koefisien *Skewness*.

$$C_s = \frac{n \times \sum (R_i - \bar{R})^3}{(n-1) \times (n-2) \times (S^3)} = 0,68$$

Nilai dari Koefisien *Skewness* digunakan untuk menentukan nilai Faktor Frekuensi K (KT) berdasarkan tabel Faktor Frekuensi Koefisien untuk Agihan *Pearson III* dengan *Skewness* Positif dan Negatif. Berikut hasil interpolasi nilai Faktor Frekuensi Koefisien pada periode ulang 100 tahun.

$$KT_{100} = 2,824 \text{ (didapat dari interpolasi berdasarkan tabel Faktor Frekuensi Koefisien } Skewness \text{ [7].)}$$

Menurut persamaan 3 berikut contoh perhitungan Curah Hujan Kala Ulang 100 Tahun Metode *Pearson III*.

$$R_{100} = 94,84 + 2,824 \times 18,43$$

$$R_{100} = 146,901$$

Kedua hasil perhitungan curah hujan rancangan dilakukan rekapitulasi dan ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan hasil perbandingan dari kedua metode, diambil nilai curah hujan rancangan tertinggi. Untuk erhitungan selanjutnya yang akan digunakan hasil dari metode *Gumbel*.

Tabel 3 Perbandingan Curah Hujan Rancangan

Period e	Metode Perhitungan Curah Hujan Rancangan	
	Gumbel	Pearson III
2	97.87	92,785
5	116.91	109,405
25	145.44	131,102
50	157.26	139,213
100	168.99	146,901

Pengujian parameter dilakukan dengan metode *Smirnov-Kolmogorov*. Hasil uji kesesuaian distribusi ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4 Perbandingan Hasil Uji Kesesuaian Distribusi

Uji Kesesuaian	Nilai Tabel	Nilai Hitung
Uji <i>Smirnov - Kolmogorov</i>	0,29	0,1

Dari Tabel 4 dapat dilihat nilai tabel pada kesesuaian distribusi lebih besar daripada nilai hitung. Ini menunjukkan bahwa distribusi yang digunakan sudah tepat.

Untuk menghitung debit banjir rancangan perlu dicari koefisien limpasan dari DAS Gude terlebih dahulu. Koefisien limpasan di sajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5 Koefisien Limpasan DAS Gude

Jenis Lahan	C	Luas (A) (km ²)	A*C
Pemukiman	0,75	9,8	7,35
Lahan Terbuka	0,2	0,2	0,04
Perkebunan	0,4	0,3	0,12
Sawah	0,15	11,7	1,75
Total		22	9,26
			5

Waktu t (jam)	Debit Unit Hidrograf (m ³ /s)	Total Debit Kala Ulang (m ³ /s)				
		2	5	25	50	100
0	0.000	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
1	1.329	31.39	37.24	46.01	49.64	53.24
1.333	2.651	76.89	91.59	113.62	122.75	131.80
2	1.740	58.09	69.13	85.68	92.53	99.33
3	0.925	34.53	40.99	50.67	54.68	58.66
3	0.795	32.09	38.08	47.05	50.76	54.45
4	0.577	25.04	29.66	36.57	39.44	42.28
5	0.379	16.89	19.92	24.45	26.33	28.20
6	0.248	11.54	13.52	16.50	17.73	18.96
6	0.239	11.13	13.04	15.90	17.09	18.26
7	0.179	8.70	10.13	12.28	13.17	14.05
8	0.131	6.70	7.74	9.31	9.96	10.60
9	0.095	5.24	6.00	7.15	7.62	8.09
10	0.069	4.18	4.74	5.57	5.91	6.26
11	0.051	3.41	3.81	4.42	4.67	4.92
12	0.037	2.84	3.14	3.58	3.76	3.95
13	0.027	2.43	2.65	2.97	3.10	3.24
14	0.020	2.13	2.29	2.52	2.62	2.72
15	0.014	1.91	2.03	2.20	2.27	2.34
16	0.010	1.75	1.84	1.96	2.01	2.07
17	0.008	1.64	1.70	1.79	1.83	1.86
18	0.006	1.55	1.60	1.66	1.69	1.72
19	0.004	1.49	1.52	1.57	1.59	1.61
20	0.003	1.45	1.47	1.51	1.52	1.53
21	0.002	1.41	1.43	1.46	1.47	1.48
22	0.002	1.39	1.40	1.42	1.43	1.44
23	0.001	1.37	1.38	1.39	1.40	1.41

24	0.001	1.37	1.37	1.38	1.38	1.38
----	-------	------	------	------	------	------

Dari Tabel 5 diolah dengan menggunakan persamaan 4 sehingga diperoleh koefisien limpasan DAS Gude sebagai berikut.

$$C = \frac{9,265}{22} = 0,421$$

3.2. Analisis Debit Banjir Metode HSS Nakayasu

Untuk menentukan nilai debit perlu diperhatikan beberapa parameter sebagai berikut.

Panjang Sungai (L)	= 8670 m
Luas DAS (A)	= 22 km ²
Elevasi Hulu	= 51 mdpl
Elevasi Hilir	= 44 mdpl
Kemiringan Saluran (So)	= 0.000807

Selanjutnya menentukan nilai debit lengkung hidrograf untuk menentukan debit banjir hidrograf dengan menggunakan persamaan 8 sampai persamaan 17. Data yang digunakan yaitu data Curah Hujan Rancangan periode ulang 2, 5, 25, 50, dan 100 tahun dengan metode Gumbel sehingga diperoleh debit banjir rancangan yang disajikan Tabel 6.

Tabel 6 Perbandingan Debit Banjir Rancangan DAS Gude Metode HSS Nakayasu

Sumber: Hasil Perhitungan

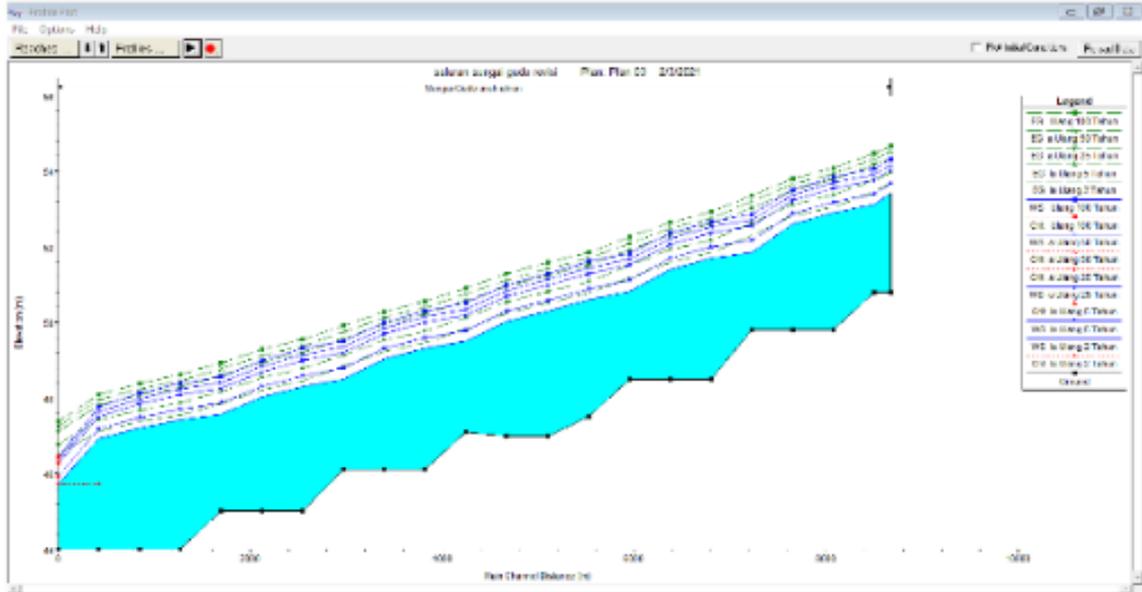
3.3. Analisis Hidrolika



Gambar 3 Pembagian Sta pada Sepanjang Sungai Gude

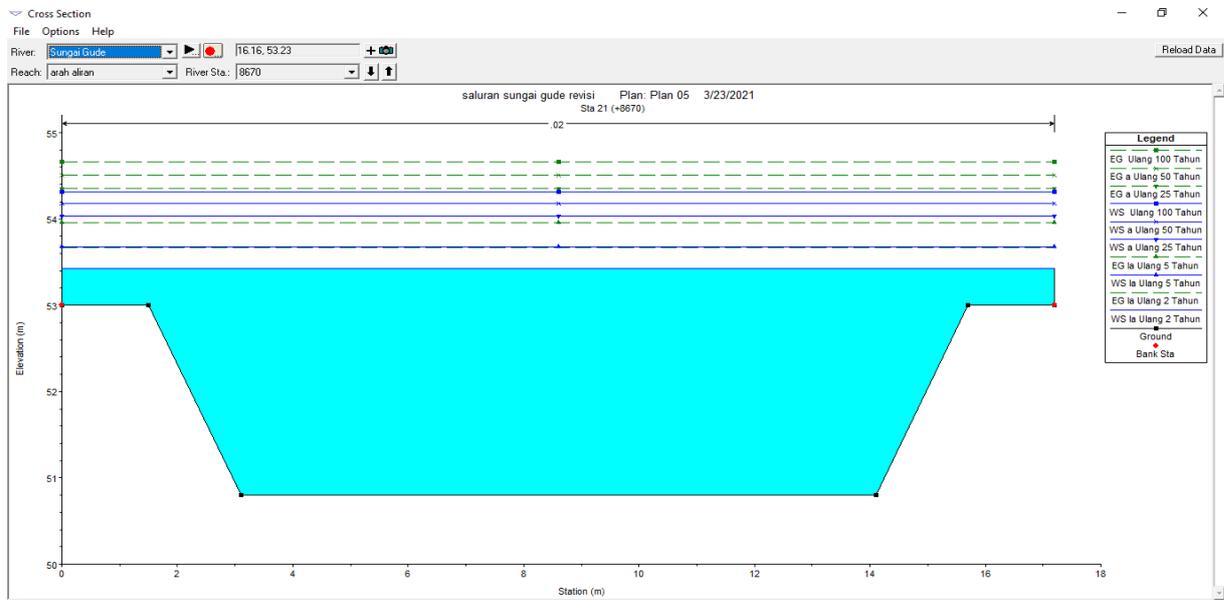
Simulasi pemodelan aliran digunakan aplikasi HEC-RAS versi 4.1. untuk mengetahui tinggi profil muka penampang melintang dan memanjang Sungai Gude. Dalam penelitian ini aliran Sungai Gude dibagi menjadi 21 *section* ditunjukkan pada Gambar 3. *Stasioning* (Sta) 0 merupakan bagian batas hilir Sungai Gude, sedangkan batas bagian hulu sungai ditandai pada *Sta* 21. Jarak antar *Sta* terdekat adalah 450 m, kecuali jarak *Sta* 20 ke *Sta* 21 memiliki jarak 170 m. Hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam pembagian dimensi secara rinci..

Berdasarkan data primer yang telah diukur di berbagai *Stasioning*, terdapat berbagai variasi lebar dan kedalaman sungai. Sebagai contoh pada Sta 5 penampang sungai berbentuk trapesium tanpa tanggul dan permukaan bantaran terbuat dari pasangan batu belah. Sta 5 memiliki lebar dasar saluran 10,1 meter dengan kedalaman dasar sungai 2 meter dan kemiringan talud 0,457. Gambar 4 menunjukkan profil memanjang berdasarkan hasil simulasi HEC RAS untuk beberapa periode ulang.



Gambar 4 Plot Profil Memanjang Sungai Gude pada Debit Rencana Periode Ulang 2, 5, 25, 50, dan 100 Tahun

Berdasarkan hasil *running* aplikasi HEC-RAS dapat diketahui ketinggian air (*Water Surface Elevation/WS*) di hampir semua titik *Stasioning* melebihi kedalaman sungai. Hanya pada kala ulang 2 tahun beberapa titik *Stasioning* tidak melebihi kedalaman sungai. Titik *Stasioning* tersebut antara lain *Sta 0*, *Sta 14*, dan *Sta 17*. Sedangkan pada kala ulang 5, 25, 50, dan 100 tahun semua ketinggian air melebihi kedalaman sungai. Pada Gambar 5 dapat dilihat profil penampang melintang *Sta 5* pada debit rencana kala ulang 2, 5, 25, 50, 100 tahun.



Gambar 5 Plot Profil Melintang pada Debit Rencana Periode Ulang 2, 5, 25, 50, dan 100 Tahun

Gambar 5 menunjukkan muka air yang meluap di kedua sisi bantaran sungai setinggi 1 meter pada periode ulang 2 tahun, muka air meluap setinggi 1,3 meter pada periode ulang 5 tahun, muka air meluap setinggi 1,7 meter pada periode ulang 25 tahun, muka air meluap setinggi 1,81 meter pada periode ulang 50 tahun, dan muka air meluap setinggi 1,98 meter pada periode ulang 100 tahun. Simulasi hidrolika yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan simulasi 1D, bukan 2D maupun 1D2D. Sehingga luapan air yang ditunjukkan dalam potongan profil melintang belum tentu merepresentasikan kedalaman banjir yang terjadi di dataran. Sebab, air yang meluap dari tanggul akan mengalir pada lahan sekitar. Berdasarkan hasil dari *running* HEC-RAS menunjukkan bahwa di hampir semua penampang sungai tidak dapat menampung debit rencana. Sehingga perlu adanya solusi untuk mengatasi masalah ini dengan cara normalisasi sungai. Normalisasi yang dapat dilakukan yaitu dengan cara mengeruk kedalaman sungai yang terdapat sedimentasi dan dengan pembuatan tanggul di kedua sisi sungai.

3.4. Redesign Penampang

Dalam menentukan dimensi dan sempadan sungai perlu dilakukan dengan membuat perkiraan debit banjir rancangan dan elevasi muka air pada debit dominan periode ulang 2 tahun hingga periode ulang 5 tahun (PP Nomor 38, 2011). Bentuk penampang sungai yang digunakan tetap seperti sebelumnya yaitu trapesium karena menyesuaikan kondisi *existing*. Jika bentuk dari penampang dirubah dapat menyebabkan longsornya tanah pada bantaran sungai, mengingat disekitar bantaran banyak terdapat pemukiman warga sehingga akan banyak beresiko jika penampang dirubah bentuknya.

Diketahui data:

$$\begin{aligned} \text{Kemiringan dasar saluran (So)} &= 0,000807 \\ \text{Kedalaman sungai (h)} &= 3,5 \quad \text{m} \\ \text{Lebar bantaran sungai (b1)} &= 1,6 \quad \text{m} \\ \text{Lebar sungai (B)} &= 10 \quad \text{m} \\ \text{Kemiringan bantaran (m)} &= b1 / h \\ &= 1,6 / 3,5 = 0,457 \\ \text{Angka manning (n)} &= 0,02 \end{aligned}$$

(permukaan sungai terbuat dari batu belah)

Luas penampang basah

$$A = (B + (m \times h)) \times h = (10 + (0,457 \times 3,5)) \times 3,5 = 40,6 \quad \text{m}^2$$

Keliling basah

$$P = (B + (2h)) = (10 + (2 \times 3,5)) = 17 \quad \text{m}$$

Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{A}{P} = 2,388 \quad \text{m}$$

Kecepatan aliran

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{\frac{2}{3}} \times S_o^{\frac{1}{2}} = 2,538 \quad \text{m/dt}$$

Debit sungai

$$Q_s = V \times A = 103,06 \quad \text{m}^3/\text{dt}$$

Debit rencana

$$Q_{p2} = 76,89 \quad \text{m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{p5} = 91,59 \quad \text{m}^3/\text{dt}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} Q_s &> Q_{p5} &> Q_{p2} \\ 103,06 &> 91,59 &> 76,89 \end{aligned}$$

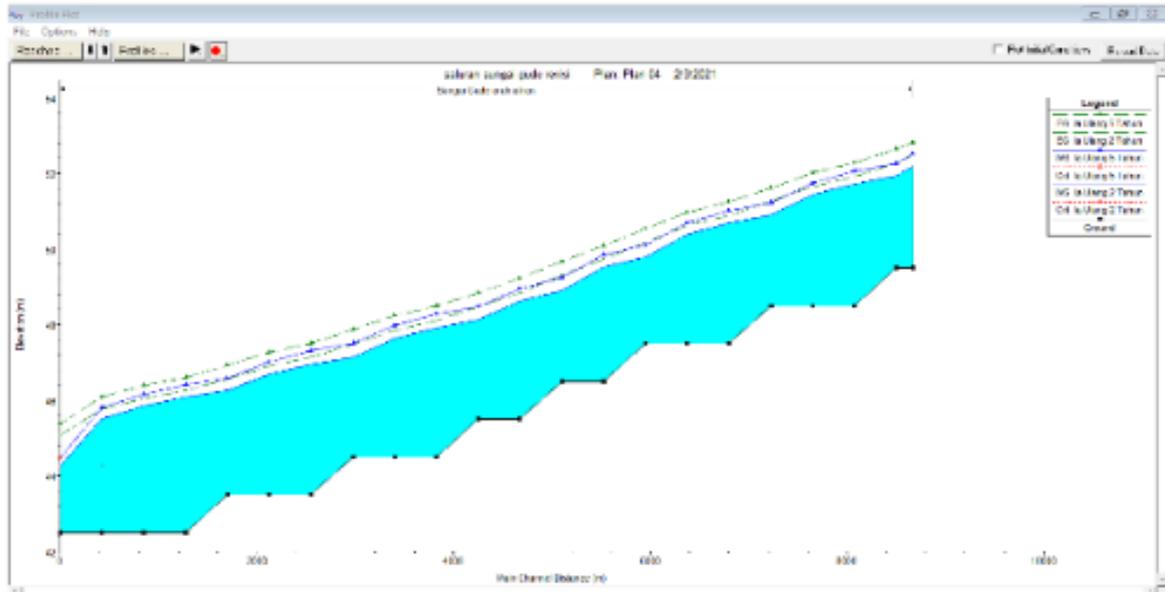
Tinggi jagaan

Pedoman Perencanaan Drainase, Pd T-02-2006:

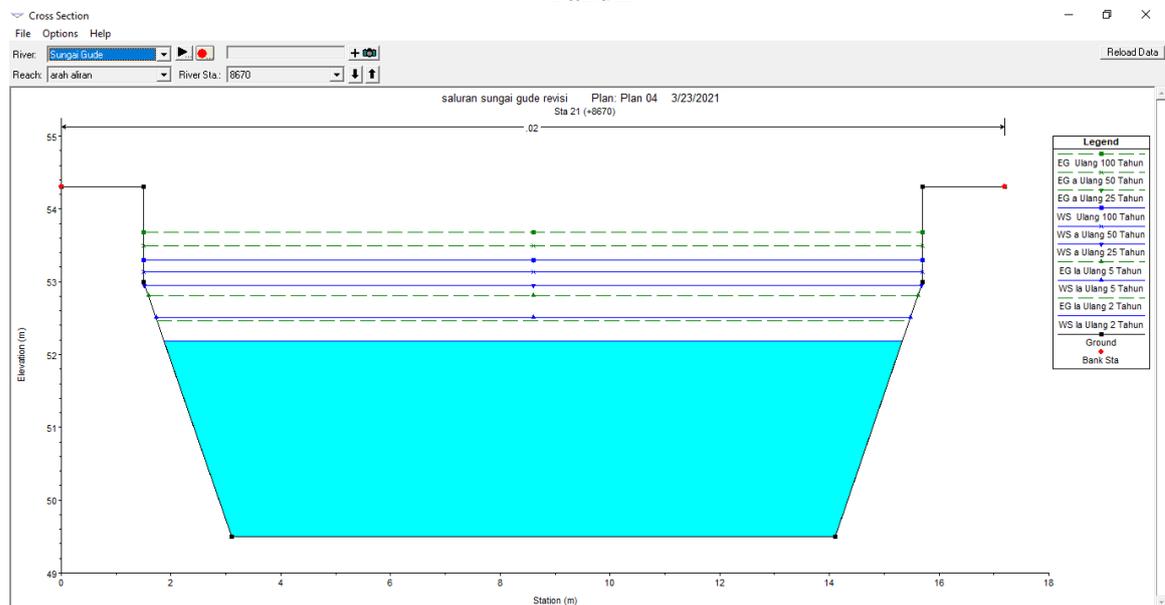
$$W = (0,5 \times h)^{\frac{1}{2}} = (0,5 \times 3,5)^{\frac{1}{2}} = 1,32 \quad \text{m}$$

Dari hasil perhitungan *redesign* penampang diketahui penampang sungai berbentuk trapesium dengan lebar dasar saluran 10 meter, kedalaman 3,5 meter, dan kemiringan bantaran 0,457 dapat menampung kapasitas debit rencana periode ulang 2 tahun dan 5 tahun, ini dapat dibuktikan

berdasarkan perbandingan debit sungai rencana (Q_s) > debit rencana 5 tahun (Q_{p5}) > debit rencana 2 tahun (Q_{p2}).



Gambar 6. Plot Profil Memanjang Sungai pada Debit Rencana Periode Ulang 2 Tahun dan 5 Tahun



Gambar 7. Plot Profil Melintang pada Debit Rencana Periode Ulang 2 Tahun dan 5 Tahun

Berdasarkan hasil perhitungan *redesign* penampang, diketahui kapasitas *redesign* penampang sungai dapat menampung debit pada periode ulang 2 tahun dan 5 tahun dan ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7. Terlihat pada Gambar 7 jarak antara muka air dengan permukaan tanggul setinggi 1,2 meter pada debit rencana periode ulang 2 tahun dan jarak antara muka air dengan permukaan tanggul setinggi 1 meter pada debit rencana periode ulang 5 tahun.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir dengan kala ulang 2 tahun dengan nilai $76,89 \text{ m}^3/\text{dtk}$, 5 tahun adalah $91,59 \text{ m}^3/\text{dtk}$, 25 tahun adalah $113,62 \text{ m}^3/\text{dtk}$, 50 tahun adalah $122,75 \text{ m}^3/\text{dtk}$, dan 100 tahun adalah $131,80 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Kapasitas tampung *existing* Sungai Gude tidak mampu menerima debit rencana tersebut.

Solusi untuk menanggulangi masalah kapasitas tampung yaitu dengan normalisasi sungai terutama untuk debit rencana kala ulang 2 tahun dan 5 tahun. Normalisasi dilakukan dengan pengerukan sedalam 1,5 meter dari kondisi eksisting sehingga kedalaman sungai menjadi 3,5 meter serta dengan dibuatkan tanggul pada kedua sisi sungai dengan ketinggian 1,3 meter yang mengacu pada perhitungan tinggi jagaan. Normalisasi dan penambahan tanggul dilakukan pada sepanjang sungai dari *Sta* 0 – *Sta* 21.

Referensi

- [1] M. F. G. Fajar and A. Sudradjat, “Analisis Kondisi Eksisting Penampang Sungai Cisangkuy Hilir Menggunakan Hec-Ras 4.1.0,” vol. 18, no. April, pp. 43–53, 2012.
- [2] M. Z. Hanie, A. Perwira, M. Tarigan, and H. Khair, “Analisis Mitigasi Banjir di Daerah Aliran Sungai Babura Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG),” 2017.
- [3] LKPLHD, “Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Jombang Tahun 2016,” no. 137, 2016.
- [4] F. I. Atmoko and D. A. D. Nusantara, “Analisis Kondisi Existing Sungai Gude Ploso Menggunakan HEC-RAS Versi 5.0.7,” pp. 1–9, 2020.
- [5] E. E. Budianto, “Dua Desa di Jombang Diterjang Banjir,” *detikNews*, Jombang, 2019.
- [6] E. Q. Ajr and F. Dwirani, “Menentukan stasiun hujan dan curah hujan dengan metode polygon thiessen daerah kabupaten lebak,” *J. Lingkungan. dan Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 139–146, 2019.
- [7] N. Aritonang, *Bahan Ajar Hidrologi Teknik*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya, 2013.
- [8] I. Ramehiang and J. Rombang, “Anailisi Koefisien Aliran Permukaan pada Tiga Tipe Lahan di Tanah Andisol,” 2019.