

STUDI ALTERNATIF PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI CODE DENGAN METODE SUDETAN DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS 5.0.7

Bayu Trisno Manunggal¹, Eko Noerhayati², Azizah Rochmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,
email: bayuhorror125@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang,
email: eko.noerhayati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang,
email: azizah.rachmawati@unisma.ac.id

ABSTRAK

Sungai Code di Kecamatan Gondomanan yang mengalir hampir sepanjang wilayah Kota Yogyakarta, Sungai ini berfungsi sebagai saluran pembuang di Kota Yogyakarta, Panjang sungai ± 41 km, namun seiring bertambahnya jumlah penduduk di bantaran Sungai Code banyak terdapat pemukiman padat penduduk, sehingga menyebabkan banjir setiap tahunnya dan merendam rumah-rumah warga yang ada pada bantaran sungai. Untuk itu diperukan penataan pada aliran sistem pengaliran pada Sungai Code dan normalisasi sungai agar mampu menghindari bencana akibat banjir. Dari indentifikasi masalah yang ada di Sungai Code yaitu dengan cara meminimalisir banjir salah satunya dengan melakukan normalisasi penampang sungai pada saat debit air naik dan tidak meluap di bantu dengan Program Aplikasi HEC-RAS untuk mengetahui bagian mana yang meluap dan tidak meluap di Sungai Code. Perhitungan debit banjir rancangan menggunakan Metode HSS Nakayasu dengan kala ulang 25 tahun sebesar $61.315 \text{ m}^3/\text{det}$. Berdasarkan hasil running dengan menggunakan Program Aplikasi HEC-RAS terdapat 6 titik lokasi yang mengalami luapan sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang dimensi dengan metode sudetan sungai di sepanjang Sungai sehingga dapat membuat efektifitas dalam menanggulangi permasalahan yang ada di Sungai Code agar tidak terjadi banjir setiap tahunnya. **Kata kunci:** Banjir sungai, sungai code, hec-ras, sudetan

ABSTRACT

The Code River in Gondomanan District which flows almost throughout the area of the City of Yogyakarta, this river functions as a drainage channel in the City of Yogyakarta. The length of the river is ± 41 km, but as the population increases on the banks of the Code River there are many densely populated settlements, causing flooding every year and submerging the houses of residents on the banks of the river. For this reason, it is necessary to arrange the flow of the drainage system on the Code River and normalize the river so that it is able to avoid disasters due to flooding. From identifying the problems that exist in the Code River, namely by minimizing flooding, one of which is by normalizing the cross-section of the river when the water discharge rises and does not overflow, assisted by the HEC-RAS Application Program to find out which parts are overflowing and which are not overflowing in the Code River. The design flood discharge calculation uses the Nakayasu HSS method with a 25 year return period of $61.315 \text{ m}^3/\text{s}$. Based on the results of running using the HEC-RAS Application Program there are 6 location points that experience overflow so it is necessary to re-plan the dimensions using the River Cutoff method so that it can make it effective in overcoming the problems that exist in the Code River so that flooding does not occur every year.

Keywords: River flood, code river, hec-ras, shortcut.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai Code adalah sungai yang membelah Kota Yogyakarta menjadi bagian barat dan timur, serta menjadi salah satu landmark kota ini. Sungai Code merupakan penampung utama aliran Sungai Boyong dari bagian hulu, sehingga kerap dianggap sebagai sungai yang sama. Sungai ini menjadi salah satu yang memiliki arti penting bagi penduduk Daerah Istimewa Yogyakarta. Mata airnya dimanfaatkan untuk pengairan persawahan di Sleman dan Bantul serta dipergunakan sebagai sumber air minum. Sungai ini bermuara di Sungai Opak. Sungai Code berlokasi di Kelurahan Prawirodirjan, Kecamatan Gondomanan yang merupakan Kecamatan terluas di Kota Yogyakarta, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Rumusan Masalah

1. Berapakah debit banjir rencana dengan priode kala ulang 25 tahun ?
2. Bagaimana debit rencana dengan priode kala ulang 25 tahun terhadap kapasitas tampungan Sungai Code. Dengan menggunakan program HEC-RAS 5.0.7 ?
3. Bagaimana rencana normalisasi Sungai Code untuk penanggulangan banjir ?

Tujuan

1. Menghitung debit banjir rencana yang terjadi dengan priode kala ulang 25 tahun.
2. Menghitung kapasitas tampung Sungai Code dengan priode kala ulang 25 tahun.
3. Mendapatkan hasil untuk penanggulangan banjir pada Sungai Code.

Manfaat Penelitian

1. Untuk Pemerintah Daerah penelitian ini bisa dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan evaluasi suatu sistem pengendali banjir di Sungai Code.
2. Untuk ilmu pengetahuan penelitian ini bisa dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.
3. Untuk mahasiswa bisa dijadikan bahan referensi dalam merencanakan penanggulangan banjir.

TINJAUAN PUSTAKA

Umum

Sungai adalah suatu jalur lintasan air dari hulu menuju ke hilir. Bukan hanya kendaraan yang membutuhkan sistem transportasi, tetapi air pun juga membutuhkan sistem transportasi menuju daerah rendah yaitu laut. Sungai juga dapat diartikan sebagai bagian permukaan bumi yang letaknya lebih rendah dari tanah disekitarnya dan menjadi tempat mengalirnya air tawar menuju laut, danau, rawa atau ke Sungai yang lain. Sungai adalah bagian dari permukaan bumi yang sifatnya menjadi tempat untuk mengalir. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Sungai adalah bagian dari daratan yang menjadi tepat aliran air yang merupakan berasal dari mata air atau curah hujan (Syarifuddin, dkk, 2000)

Uji Kecocokan

Untuk menentukan kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang di perkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi disebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan. (Hadisusanto Nugroho, 2011)

Dengan Uji Kecocokan menggunakan :

1. Chi – Kuadrat (chi-square)
2. Smirnov – Kolmogorov

Langkah – Langkah Pengoprasian HEC - RAS

1. Pilih file, *New Project*. Masukkan nama project
2. Pilih *Oprions*, *Unite System* pilih system internasional untuk membuat data dalam satuan SI.
3. Pilih *edit / enter geometric data*. Gambar sket saluran yang di tinjau.
4. Pilih *cross section, options, add new cross section*. Masukkan data untuk masing – masing cross section

5. Pilih *edit / enter unsteady flow data*. Masukkan data debit yang akan dihitung
6. Pilih *initial conditions unsteady flow data*, pilih kedalaman aliran yang sesuai dengan saluran yang dianalisis

METODE PENELITIAN

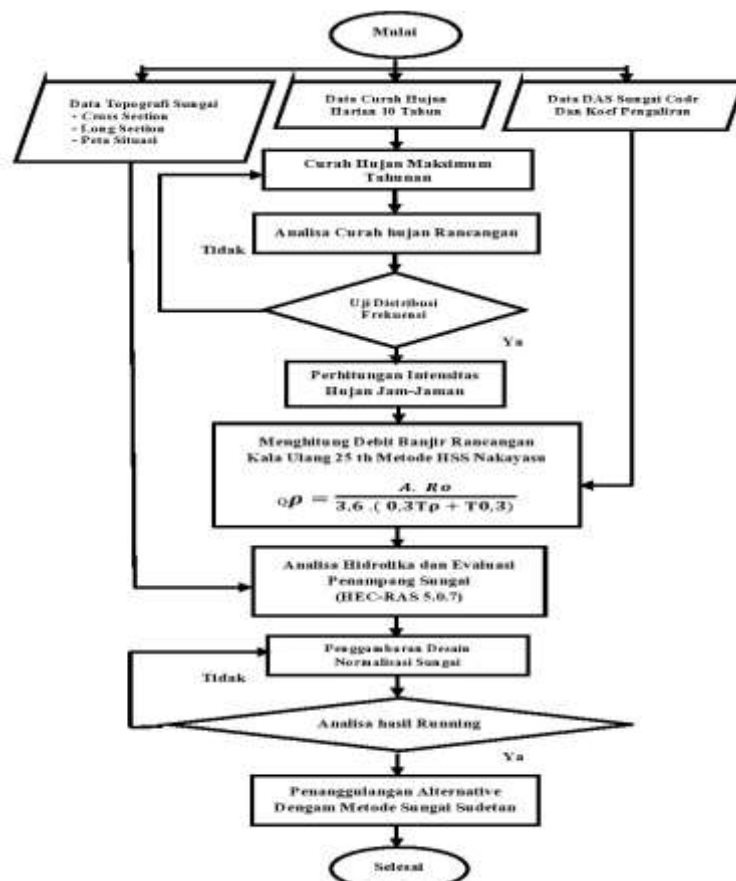
Lokasi Penelitian

Wilayah DAS Sungai terletak di Provinsi Daerah istimewa Yogyakarta Kabupaten Sleman Kota Yogyakarta dan Kabupaten Bantul. yang meliputi Kecamatan Mlati, Kecamatan Sleman.

Pengumpulan Data

1. Data saluran eksisting
2. Data curah hujan
3. Data banjir
4. Peta topografi antara lain :
 - Kedalaman yang dianalisa
 - Kontur tanah
 - Mengetahui luas daerah DAS

Bagan Alir Penelitian



ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisa Hidrologi

Dalam penelitian normalisasi sungai, langkah awal harus dilakukan analisis hidrologi. Dalam hal ini, analisis yang dilakukan adalah menghitung besarnya debit banjir rancangan pada Sungai Code dari aliran air banjir di DAS Code yang terlebih dahulu perlu dihitung besar curah hujan rancangan tiap kala ulang.

Pada tuda ini, data yang diperlukan adalah data hujan dari stasiun penakar hujan yang berpengaruh pada daerah aliran sungai (DAS). Stasiun hujan yang berpengaruh adalah Stasiun Godean dan Stasiun Pajangan, dengan data curah hujan harian pada stasiun hujan yang digunakan adalah ntara tahun 2012 sampai 2021 (10 tahun).

Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Tabel 1. Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Tahun	Stasiun 1	Kumulatif	Tahun	Stasiun 2	Kumulatif
2012	1223,1	1223,1	2012	1210,2	1210,2
2013	1151,6	2374,7	2013	864,3	2074,5
2014	1711,9	4086,6	2014	1408,5	3483
2015	1371,1	5457,7	2015	1344	4827
2016	2051,8	7509,5	2016	1101	5928
2017	1315,9	8825,4	2017	1533,9	7461,9
2018	1510,1	10335,5	2018	1991,8	9453,7
2019	2306,8	12642,3	2019	2165,7	11619,4
2020	3539,6	16181,9	2020	2330	13949,4
2021	2761,3	18943,2	2021	2384,5	16333,9

Sumber : BBWS Serayu Opak, 2022.

Menentukan Curah Hujan Maksimum Harian Rata – rata

Tabel 2. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Rata-Rata Daerah

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)		Jumlah	Curah Hujan Maksimum per hari (mm)
	Pajangan	Godean		
2012	92,5	103	195,5	97,75
2013	99	92,5	191,5	95,75
2014	84	54	138	69
2015	71	67	138	69
2016	67,8	22,5	90,3	45,15
2017	127,3	55	182,3	91,15
2018	80,6	60	140,6	70,3
2019	75,6	44,3	119,9	59,95
2020	128	57,3	185,3	92,65
2021	166	93,6	259,6	129,8

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022.

Perhitungan Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel

Perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Gumbel dilakukan dengan rumus-rumus berikut:

$$X_T = \bar{X} + S \times K \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

X_T = hujan rencana atau debit rencana dengan periode ulang T.

$\bar{X}$ = nilai rata-rata dari data hujan (X).

S = Standar deviasi dari data hujan (X).

K = Faktor Frekuensi Gumbel

$$K = \frac{Y_t Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2)$$

Y_t = Reduced Variate

$$-Ln - Ln \frac{T-1}{T} \dots\dots\dots (3)$$

S_n = Reduced standard deviasi.

Y_n = Reduced mean.

Adapun tahapan perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Distribusi Frekuensi Gumbel

No	Tahun	Curah Hujan Harian Xi (mm)	Xi-Xrt	(Xi-Xrt) ²
1	2012	97.75	15.685	246.019
2	2013	95.75	13.685	187.279
3	2014	53.10	-28.965	838.971
4	2015	64.65	-17.415	303.282
5	2016	118.85	36.785	1353.136
6	2017	69.25	-12.815	164.224
7	2018	76.95	-5.115	26.163
8	2019	76.40	-5.665	32.092
9	2020	70.10	-11.965	143.161
10	2021	97.85	15.785	249.166
Jumlah		820.65		3543.495
Rata-rata (Xrt)		82.065		
Standar Deviasi (S)		19.842		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2022.

Tabel 4 Hujan Efektif Pada Kemungkinan Kala Ulang

jam	rasio	Hujan jam-jaman (mm/jam)	Rasio %	Kumulatif %
1	0.585	0.587	58.66	58.66
2	0.152	0.152	15.25	73.90
3	0.107	0.107	10.69	84.60
4	0.085	0.085	8.51	93.11
5	0.072	0.072	7.19	100.30
CH rancangan		133.736		
C pengaliran		0.75		
Hujan efektif jam		100.302		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2022.

Perhitungan Debit Banjir Rancangan

Berdasarkan pada hasil nilai curah hujan rencana dapat dicari debit banjir rencana Sungai Code dengan menggunakan metode Nakayasu, Diketahui :

- Luas DAS (A) = 41 km²
- Panjang sungai Utama (L) = 41 km
- Ro = 1 (asumsi)

Adapun untuk tahap perhitungan debit banjir rencana sebagai berikut ini:

Dengan:
$$Qp = \frac{A \cdot Ro}{3,6 \cdot (0,3Tp + T0,3)}$$

Dimana:

Q_p = debit puncak banjir(m³/dt/mm)

A = luas daerah pengaliran (km²)

Ro = curah hujan satuan (mm)

T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan pada penurunan debit puncak sampai ke debit sebesar 30% dari debit puncak (jam) untuk menentukan

T_p dan $T_{0,3}$ digunakan rumus:

$$T_p = T_g + 0,8 T_r$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g$$

T_g dihitung berdasarkan rumus:

$$T_g = 0,40 + 0,058 L, \text{ untuk } L > 15 \text{ km}$$

$$T_g = 0,21 L^{0,70}, \text{ untuk } L < 15 \text{ km}$$

Dimana:

T_g = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang alur sungai (km)

T_r = satuan waktu hujan (jam)

α = parameter yang bernilai antara 1,5 – 3,5 diambil

1. Sebelum menentukan debit puncak banjir, maka perlu diketahui nilai T_p dan $T_{0,3}$, dengan perhitungan seperti dibawah ini:

- Waktu Konsentrasi (T_g)

$$T_g = 0,4 + 0,058 \times L$$

$$= 0,4 + 0,058 \times 41 = 2,778 \text{ jam}$$

- Lama hujan efektif yang menyebabkan limpasan permukaan (T_r)

$$T_r = 0,75 \times T_g$$

$$= 0,75 \times 2,778$$

$$= 2,0835 \text{ jam}$$

- Waktu ketika terjadi debit tertinggi (T_p)

$$T_p = T_g + 0,8 T_r$$

$$= 2,778 + (0,8 \times 2,0835)$$

$$= 4,4448 \text{ jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (data asumsi)}$$

$$T_{0,3} = \alpha \times T_g = 2 \times 2,778 = 5,556 \text{ jam}$$

$$T_p + T_{0,3} = 4,4448 + 5,556 = 10,0008 \text{ jam}$$

$$0,5, T_{0,3} = 0,5 \times 5,556 = 2,778 \text{ jam}$$

$$1,5, T_{0,3} = 1,5 \times 5,556 = 8,334 \text{ jam}$$

$$2, T_{0,3} = 2 \times 5,556 = 11,112 \text{ jam}$$

$$T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 4,4448 + 5,556 + 8,334 = 18,3348 \text{ jam}$$

2. Selanjutnya menghitung debit puncak banjir menggunakan metode yang ditentukan oleh Dr. Nakayasu dengan perhitungan seperti dibawah ini:

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

$$= \frac{0,75 \times 41 \times 1}{3,6 \times (0,3 \times 4,4448 + 5,556)} = 57,99 \text{ m}^3/\text{dt}$$

3. Bagian lengkung naik (*rising climb*) hidrograf satuan, yaitu mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$0 \leq t \leq T_p$$

$$0 \leq t \leq 5$$

Di mulai dari $t = 1$

$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4}$$

$$Q_a = 57,99 \left(\frac{1}{4,4448}\right)^{2,4}$$

$$= 57,992 \text{ m}^3/\text{dt}$$

4. Sedangkan untuk bagian lengkung turun (*decreasing climb*) hidrograf satuan mempunyai persamaan sebagai berikut:

a. Untuk batasan

$$T_p < t \leq (T_p + T_{0,3})$$

$$6 < t < 10$$

Dimulai dari $t = 6$

$$\begin{aligned} Q_{d1} &= Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-t_p}{T_{0,3}} \right) \\ &= 59,77 \times 0,3 \left(\frac{6-4,4448}{5,556} \right) \\ &= 41,400 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

b. Untuk batasan $(T_p + T_{0,3}) \leq t (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$11 < t < 18$

Dimulai dari $t = 11$

$$\begin{aligned} Q_{d2} &= Q_p \times 0,3 \left[\frac{t-T_p+0,5 T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}} \right] \\ &= 57,99 \times 0,3 \left[\frac{11-4,4448+2,778}{8,334} \right] \\ &= 15,059 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Untuk batasan $t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$t > 19$

Dimulai dari $t = 19$

$$\begin{aligned} Q_{d3} &= Q_p \times 0,3 \left[\frac{t-T_p+1,5 T_{0,3}}{2, T_{0,3}} \right] \\ &= 57,99 \times 0,3 \left[\frac{19-4,4448+8,334}{11,112} \right] \\ &= 4,856 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditulis pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hidrograf Banjir HSS Nakayasu

t (jam)	Q (m ³ /det)	keterangan
0	0.000	$0 < t < t_p$
1	1.616	
2	8.531	
3	22.574	
4	45.026	
5	76.921	
6	41.400	$t_p < t < t_{0,3}$
7	33.334	
8	26.840	
9	21.611	
10	17.400	
11	15.059	$t_{0,3} < t < 1,5 t_{0,3}$
12	13.033	
13	11.280	
14	9.763	
15	8.450	
16	7.313	
17	6.329	
18	5.478	
19	4.856	$t > 1,5 t_{0,3}$
20	4.358	
21	3.910	
22	3.509	
23	3.148	
24	2.825	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022.

Perhitungan debit banjir rencana kala ulang 25 tahun (Q_{25})

1. Indeks kerapatan sungai code

$$D = \frac{1st}{A} = \frac{40,4038}{41} = 0,985$$

2. Menghitung besar aliran dasar (base flow)

$$Q_b = 0,4715 \times A^{0,6444} \times D^{0,9403}$$

$$= 0,4715 \times 41^{0,6444} \times 0,985^{0,9403} = 5,126 \text{ m}^3/\text{det}$$

3. Perhitungan debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun dalam waktu 1 jam

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

$$= 0,948 + 5,126$$

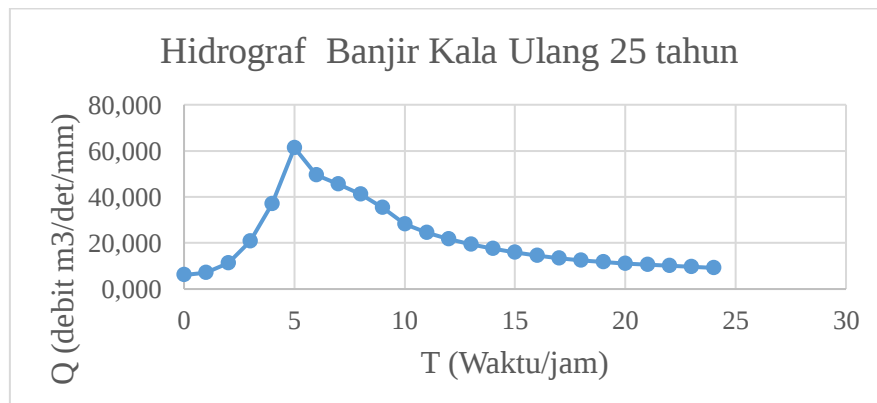
$$= 6,074 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk perhiungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.32. selengkapnya dapat dilihat pada **Table 5**

Tabel 5. Hidrograf Banjir Untuk Kala Ulang 25 Tahun

t (jam)	Q (m3/det)	Akibat Hujan jam-jaman					Qb (m3/det)	Debit Banjir rancangan (m3/det)
		0.587	0.152	0.107	0.085	0.072		
0	0.000	0.000					6.074	6.074
1	1.616	0.948	0.000				6.074	7.022
2	8.531	5.004	0.246	0.000			6.074	11.324
3	22.574	13.241	1.301	0.173	0.000		6.074	20.789
4	45.026	26.411	3.442	0.912	0.138	0.000	6.074	36.977
5	76.921	45.120	6.865	2.414	0.726	0.116	6.074	61.315
6	41.400	24.284	11.728	4.815	1.922	0.613	6.074	49.437
7	33.334	19.553	6.312	8.227	3.834	1.623	6.074	45.622
8	26.840	15.744	5.082	4.428	6.549	3.237	6.074	41.114
9	21.611	12.676	4.092	3.565	3.525	5.531	6.074	35.463
10	17.400	10.207	3.295	2.870	2.838	2.977	6.074	28.261
11	15.059	8.833	2.653	2.311	2.285	2.397	6.074	24.553
12	13.033	7.645	2.296	1.861	1.840	1.930	6.074	21.646
13	11.280	6.617	1.987	1.611	1.482	1.554	6.074	19.324
14	9.763	5.727	1.720	1.394	1.282	1.251	6.074	17.447
15	8.450	4.956	1.488	1.206	1.110	1.083	6.074	15.918
16	7.313	4.290	1.288	1.044	0.960	0.937	6.074	14.593
17	6.329	3.713	1.115	0.904	0.831	0.811	6.074	13.447
18	5.478	3.213	0.965	0.782	0.719	0.702	6.074	12.456
19	4.856	2.849	0.835	0.677	0.623	0.608	6.074	11.665
20	4.358	2.556	0.740	0.586	0.539	0.526	6.074	11.021
21	3.910	2.294	0.664	0.519	0.466	0.455	6.074	10.473
22	3.509	2.058	0.596	0.466	0.413	0.394	6.074	10.002
23	3.148	1.847	0.535	0.418	0.371	0.349	6.074	9.594
24	2.825	1.657	0.480	0.375	0.333	0.313	6.074	9.233

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022.

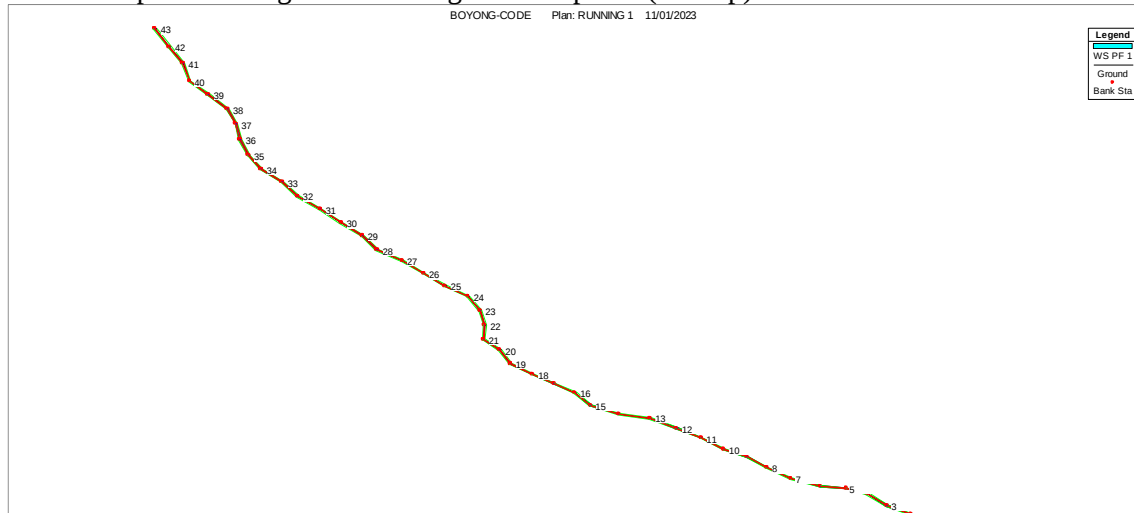


Gambar 1. Hubungan Antara Antara Debit Banjir Kala Ulang 25 Tahun Dengan T Waktu (jam)
Metode HSS Nakayasu

Berdasarkan grafik hidrograf banjir di atas dapat disimpulkan bahwa terjadinya debit puncak pada jam ke 5 dengan besaran debit air adalah 61,315 m³/det. Dalam hal ini, analisis hidrograf dapat membantu upaya antisipasi kejadian banjir.

Hasil Running HEC-RAS Penampang Exsisting

Dari hasil running HEC-RAS dapat di ketahui bahwa kapasitas penampang sungai tidak mampu menampung debit kala ulang tertentu . Hal tersebut di tunjukan oleh gambar 3 dimana kapasitas Sungai Code mengalami limpasan (meluap).



Gambar 2. Kondisi Eksisting sungai Code pada Q25 th
Sumber : Analisa Program HEC-RAS

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perhitungan yang digunakan dalam penyelasan “Studi Alternatif Penanggulangan Banjir Sungai Code Dengan Metode Sudetan Di Daerah Istimewa Yogyakarta Menggunakan Program *HEC-RAS 5.0.7*”, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan debit banjir kala ulang 25 tahun didapat debit sebesar 61,315 m³/det.
2. Dari hasil output software *HEC-RAS* diperoleh analisis Sungai Code terhadap kapasitas tampungan terdapat 6 titik yang tidak mampu menampung debit rancangan dengan kala ulang 25 tahun.
3. Rencana normalisasi Sungai Code untuk penanggulangan banjir dengan menggunakan sungai Sudetan..

Saran

Dengan melihat nilai daya tampung Sungai Code dan mengetahui strategi untuk penanggulangan banjir di Sungai Code. Dapat disarankan bagi peneliti selanjutnya, yakni :

1. Diharapkan ada penggunaan program aplikasi selain *HEC-RAS* seperti halnya *ArcGIS* untuk Analisa daerah rawan banjir.
2. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah sudetan sungai, untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan perhitungan sedimentasi.
3. Perlu adanya kerjasama antara instansi terkait dan masyarakat sekitar agar langkah penanggulangan banjir dapat terlaksana dengan baik dan berkesinambungan.
4. Perlunya penyuluhan kepada masyarakat sekitaran Sungai Code di bagian hulu sampai hilir tentang pembangunan berwawasan lingkungan seperti membuat sumur resapan air hujan pada setiap bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Peneliti Keairan *et al.* (2019) ‘Analisis Transpor Sedimen Serta Pengaruh Aktivitas Penambangan Pada Sungai Sombe, Kota Palu, Sulawesi Tengah’, *Jurnal Teknik Pengairan*, 10(2), pp. 84–96. doi: 10.21776/ub.pengairan.2019.010.02.02.
- Peraturan Pemerintah RI No.35 (1991).
- Priyantoro, D. (1987) *Teknik Pengangkutan Sedimen*. Himpunan Mahasiswa Pengairan Fakultas Teknik Unibraw Malang.
- Utomo, D. R. (2020) *Studi Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Kening Kabupaten Bojonegoro dengan Menggunakan Metode HEC-RAS*. Universitas Islam Malang.
- S. Jaya, B. Suprpto, and A. Rachmawati (2021) ‘Normalisasi Sungai Winongo Untuk Penanggulangan Banjir di Kecamatan Mlati Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta Menggunakan Program *HEC – RAS 5.0.7*’, Universitas Islam Malang, p. 19