

Normalisasi Sungai Sanen Sebagai Solusi Penanganan Banjir Di Desa Wonoasri Jember Menggunakan HEC-RAS 6.3

Normalization of the Sanen River as a Flood Management Solution in Wonoasri Village, Jember Using HEC-RAS 6.3

Lidia Septiana Nilla Rahayu¹, Nanang Saiful Rizal², Arief Alihudin³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: septiananilla112233@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: ariefalihudien@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Pada tahun 2021 banjir merendam 13 Desa di 6 Kecamatan yang ada di Kabupaten Jember yang diakibatkan oleh tingginya curah hujan. Kecamatan yang terdampak yaitu Ambulu, Tempurejo, Tanggul, Gumukmas, Puger, Bangsalsari. Kecamatan yang terdampak paling parah yaitu Tempurejo dan Ambulu. Banjir tersebut diakibatkan oleh penampang Sungai yang tidak mampu menampung limpasan dari hulu sehingga menyebabkan sungai meluap dan merendam daratan disekitarnya. Maka dilakukan kajian kapasitas penampang sungai di Desa Wonoasri dari arah timur hingga barat Sungai Sanen menggunakan software HEC-RAS 6.3. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui debit banjir maksimum yang terjadi pada Sungai Sanen di Desa Wonoasri, menilai kapasitas penampang Sungai Sanen dengan menggunakan *software* HEC-RAS 6.3 dan mengidentifikasi solusi pengendalian banjir yang ada di sepanjang Sungai Sanen di Desa Wonoasri. Analisis debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu pada titik puncak terjadi pada saat 3,918 jam dengan periode ulang 5 tahun di dapatkan nilai $Q = 149,42 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dari analisis Hidrolika menggunakan HEC-RAS didapatkan beberapa titik yang mengalami limpasan dan R. Sta 18 merupakan titik lokasi yang mengalami limpasan terparah dengan ketinggian 7,94 meter.

Kata Kunci: Banjir, Kapasitas penampang, Normalisasi, HEC-RAS 6.3

Abstract

In 2021, floods inundated 13 villages in 6 sub-districts in Jember Regency due to high rainfall. The affected districts are Ambulu, Tempurejo, Tanggul, Gumukmas, Puger, Bangsalsari. The districts worst affected were Tempurejo and Ambulu. The flood was caused by the river section being unable to accommodate runoff from upstream, causing the river to overflow and submerge the surrounding land. So a cross-sectional capacity study was carried out in Wonoasri Village from east to west of the Sanen River using HEC-RAS 6.3 software. The aim of this research is to determine the maximum flood discharge that occurs on the Sanen River in Wonoasri Village, assess the cross-sectional capacity of the Sanen River using HEC-RAS 6.3 software and identify existing flood control solutions along the Sanen River in Wonoasri Village. Analysis of the planned flood discharge using the HSS Nakayasu method at the peak point occurring at 3,918 hours with a return period of 5 years obtained a value of $Q = 149.42 \text{ m}^3/\text{second}$. From the hydraulics analysis using HEC-RAS, it was found that several points experienced runoff and R.Sta 18 was the location point that experienced the worst runoff with a height of 7.94 meters.

Keywords: Flood, Cross-sectional capacity, Normalization, HEC-RAS 6.3

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Banjir merupakan luapan air Sungai yang diakibatkan oleh tingginya curah hujan atau kiriman dari dataran yang lebih tinggi. Banjir merupakan kejadian umum di banyak wilayah di Indonesia dan biasanya terjadi karena operasi konversi lahan yang terjadi di daerah hulu Sungai. Hujan di Indonesia yang berlangsung dari Oktober hingga Februari dengan curah hujan rata-rata 2000-3000 mm/tahun dapat menyebabkan banjir. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, pada saat ini Indonesia memiliki 726 daerah rawan banjir. Bencana banjir bisa berdampak pada perekonomian dan kesehatan masyarakat.

Indeks risiko bencana alam Kabupaten Jember sebesar 158,19 mm, indeks tersebut merupakan kelas risiko tinggi. Curah hujan di Kabupaten Jember berada pada angka 1.969 mm hingga 3.394 mm. Banjir tidak bisa dihentikan namun banjir hanya dapat dikendalikan dan menfurangi kerusakan yang terjadi akibat banjir. Berbagai penelitian juga telah dilakukan untuk mengatasi banjir, meskipun sejauh ini baru terealisasi sebagian. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji daerah rawan banjir melalui metode analisa hidrologi dan hidrolika menggunakan HEC-RAS untuk menganalisa kapasitas Sungai Sanen sebagai solusi normalisasi sungai banjir di Desa Wonoasri Kecamatan Tempurejo yang merupakan daerah terparah terkena banjir pada tahun 2021, untuk mengatasi meluapnya air di sungai, perlu adanya pengendalian banjir. Penelitian analisis banjir ini perlu dilakukan untuk antisipasi warga Desa Wonoasri dan sekitarnya ketika datangnya musim penghujan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Analisis Curah Hujan

Point rainfall merupakan data curah hujan yang diukur di satu tempat atau menggunakan alat pengukur hujan tunggal. Analisis curah hujan menggunakan metode rata-rata aljabar dengan mengalikan jumlah total pengukuran yang dilakukan di semua stasiun setelah itu dibagi dengan jumlah stasiun.

$$P = \frac{1}{n}(P_1 + P_2 + \dots + P_n) \quad (1)$$

Keterangan:

- P = Curah hujan daerah
 n = Jumlah titik stasiun
 $(P_1 + P_2 + \dots + P_n)$ = Curah hujan setiap titik pengamatan

B. Analisa Frekuensi

Ilmu yang mempelajari kejadian yang berulang, termasuk jumlah kejadian per satuan waktu dan periode kejadian, dikenal sebagai analisis frekuensi. Untuk menyelesaikan analisis frekuensi ini memerlukan pemahaman tentang parameter statistik. Istilah ini mencakup beberapa hal, yaitu:

1. Rata-rata (*mean*)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (2)$$

2. Standar deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

3. Koefisien variasi

$$C_v = \frac{Sd}{\bar{X}} \quad (4)$$

4. Koefisien kemencengan (*Skewness*)

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)\sigma^3} \sum (x - \bar{x})^3 \quad (5)$$

5. Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)\sigma^4} \sum (x - \bar{x})^4 \quad (6)$$

Sejumlah teknik analisis distribusi tersedia untuk memperkirakan kejadian dengan frekuensi tertentu. Dengan menggunakan Metode Gumbel, persamaan distribusi frekuensi empiris diterapkan untuk menentukan perkiraan curah hujan (Soemarto, 1999):

$$Y_T = \bar{X} + \frac{S}{Sn} (Y_T - Y_n) \quad (7)$$

$$S = \frac{\sum (X_t - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (8)$$

Keterangan:

- Y_T = Nilai *reduced variate* yang lebih rendah diinginkan terjadi pada periode ulang T tahun.
 Y_n = Nilai rata-rata dari reduksi variat (*reduce mean*) dengan nilai tergantung jumlah data (n)
 S_n = Deviasi standar dari reduksi variat (*reduced standart deviation*) dan nilai tergantung jumlah data (n)

C. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi bertujuan untuk menentukan apakah distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik dari sampel data yang diteliti dengan tepat. Untuk melakukan uji kesesuaian distribusi terdapat dua cara, yaitu metode *Chi-Square* dan metode *Sminov Kolmogrof*.

D. Debit Banjir Rencana

Distribusi yang digunakan dalam studi proyeksi distribusi curah hujan harus sesuai untuk digunakan dalam curah banjir rencana. Oleh karena itu, dilakukan uji kelayakan distribusi. Selanjutnya dilakukan analisis debit banjir ekspektasian dengan menggunakan data curah hujan rencana yang diperoleh. Metode HSS Nakayasu adalah salah satu contoh metode untuk menganalisis debit banjir yang diantisipasi. Rumus dari hidrograf satuan Nakayasu adalah:

$$Q_p = \frac{A \cdot R_o}{3,6 (0,3 \cdot T_p + T_{0,3})} \quad (10)$$

Keterangan:

Q_p = Debit puncak saat terjadi banjir (m^3/det)

R_o = Hujan satuan (mm)

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

$T_{0,3}$ = Lamanya waktu yang diperlukan agar debit turun dari puncak menjadi 30% dari titik puncak

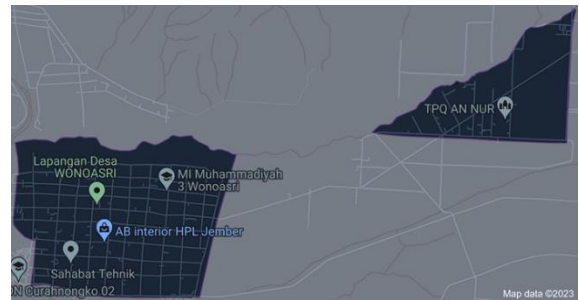
E. HEC-RAS

HEC-RAS atau *River Analysis System* (RAS) adalah *software* yang diciptakan untuk mensimulasikan pergerakan air di sungai. Menurut (Shahnaz, 2020) HEC-RAS adalah *software* yang mengintegrasikan analisis hidrolis, manajemen data visual, penyimpanan, dan pelaporan dengan fitur *graphical user interface*. HEC-RAS 2D memiliki kemampuan untuk memodelkan banjir atau aliran sungai menggunakan skema solusi *finite volume*.

3. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Studi

Gambar 1 merupakan lokasi administratif Desa Wonoasri, Kecamatan Tempurejo, Kabupaten Jember.



Gambar 1. Peta Desa Wonoasri
 Sumber: Google Maps, 2023

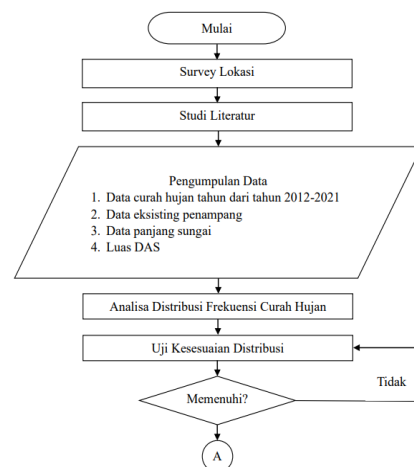
B. Data

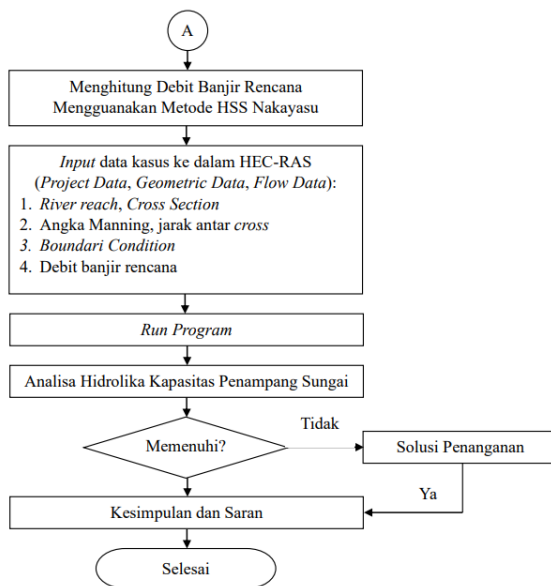
Pengumpulan data pada penelitian kajian normalisasi Sungai Sanen sebagai solusi penanganan banjir di Desa Wonoasri Jember menggunakan Salah satu cara memperoleh data adalah melalui pendekatan kepustakaan atau studi literatur, yaitu pengumpulan, pengorganisasian dan analisis data tekstual sebelum menggunakan metode kerja. Sumber data penelitian ini hanya mencakup data sekunder.

Peneliti mengumpulkan informasi untuk penelitian ini dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Sumber Daya Air, Inageoportal, Google Earth, dan Inageospatial. Data sekunder yang diperlukan untuk penelitian ini meliputi:

1. Data curah hujan dari tahun 2012- tahun 2021.
2. Data eksisting penampang
3. Data panjang sungai
4. Luas daerah aliran Sungai Sanen (DAS)
5. Data tutupan lahan

C. Diaram Alur Penelitian





Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Hidrologi

Pada Tabel 3 menunjukkan rekapitulasi data curah hujan maksimum harian yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Sumber Daya Air.

Tabel. 3 Rekapitulasi data Curah Hujan Maksimum Harian

No.	Tahun	C.H (mm)	C.H Maksimum
1	2012	1.860	107,00
2	2013	3.052	109,00
3	2014	2.216	148,00
4	2015	1.548	119,00
5	2016	2.881	125,00
6	2017	2.031	84,00
7	2018	1.559	105,00
8	2019	1.333	105,00
9	2020	1.364	86,00
10	2021	2.798	120,00

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Data curah hujan maksimum digunakan dalam analisa alternatif penanggulangan banjir. Tujuannya adalah agar hasil analisis yang dilakukan oleh peneliti sesuai atau mendekati kondisi asli pada lapangan.

Untuk menentukan sebuah metode yang akan digunakan yaitu dengan cara menghitung beberapa nilai parameter dari nilai C_s , C_k , dan C_v dan membandingkan nilai masing-masing parameter yang akan digunakan untuk studi antisipasi curah hujan. Tabel 4 menunjukkan hasil dari analisis frekuensi data rekapitulasi

curah hujan yang merupakan tahap setelah menentukan besar statistik data.

Tabel 4. Nilai Analisa Frekuensi Curah Hujan

Nilai rata-rata	\bar{X}	110,8 mm
Standar Diviasi	Sd	46,80 mm
Koefisien Variasi	C_v	0,17 mm
Koefisien Skewness	C_s	0,70 mm
Koefisien Kurtoses	C_k	3,77 mm

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Nilai Analisa frekuensi curah hujan pada tabel 4, dapat digunakan untuk pemilihan distribusi. Jenis distribusi yang memenuhi syarat $C_s < 1,1396$, $C_k < 5,4002$ yaitu Distribusi Gumbel Type I.

Perhitungan Distribusi Probabilitas Gumbel Type-I maka nilai rata-rata (\bar{X}) debit hujan harian maksimum tahunan di Kecamatan Tempurejo Jember, nilainya (\bar{X}) = 110,80 mm dan untuk standar deviasi (S) nilainya = 18,725 mm.

Setelah distribusi probabilitas Gumbel Tipe I dihitung, Langkah selanjutnya yaitu menghitung curah hujan rencana untuk Y_n 0,5952 dan S_n 0,9496.

Tabel 8. Curah Hujan Rencana Berdasarkan Kala Ulang

Kala Ulang	Y_t	k	S	X_t /mm
5	1,4999	0,9527	110,80	129
10	2,2502	1,7428	110,80	143
20	2,9606	2,4909	110,80	157
50	3,9019	3,4822	110,80	176
100	4,6001	4,2175	110,80	190

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Hasil dari perhitungan curah hujan rencana dengan kala ulang 5 tahun mendapatkan nilai sebesar 129 mm, kala ulang 10 tahun sebesar 143 mm, kala ulang 20 tahun sebesar 157 mm, kala ulang 50 tahun sebesar 176 mm, dan kala ulang 100 tahun sebesar 190 mm.

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai X^2 yaitu 2,0. Sedangkan 5,991 merupakan nilai X^2 pada tabel uji Chi-Square. Karena nilai X^2 hitung lebih kecil dari X^2 tabel maka uji kelayakan distribusi Gumbel valid.

Setelah perhitungan Distribusi Gumbel selesai, dilanjutkan dengan memperkirakan debit banjir untuk periode ulang 5 tahun. Curah hujan efektif selama periode ulang harus dihitung oleh peneliti sebelum menentukan

debit banjir. Koefisien pengaliran di daerah Sungai Sanen sebesar 0,18 berdasarkan hasil perhitungan menggunakan bantuan aplikasi *ArcGIS*. Tabel 10 merupakan hasil perhitungan distribusi tinggi hujan efektif dengan periode ulang 5 tahun.

Tabel 10. Distribusi Tinggi Hujan Efektif Periode Ulang 5 Tahun

Jam Ke-	Koefisien Rt	C	ΔRt (mm)	Re (mm)
1	0,585	0,18	44,60	7,80
2	0,151		11,59	2,03
3	0,107		8,13	1,42
4	0,085		6,47	1,13

Jam Ke-	Koefisien Rt	C	ΔRt (mm)	Re (mm)
5	0,072		5,47	0,96

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Sungai Sanen merupakan sungai yang debit airnya dapat berubah dari waktu ke waktu dan tidak konstan. Oleh karena itu, untuk menentukan debit banjir rencana diperlukan perhitungan analisis Hidrograf Satuan Sintetis. Tujuan menggunakan metode HSS Nakayasu yaitu untuk mengetahui satuan hidrograf di DAS Sungai Sanen.

Tabel 11. Hidrograf Debit Banjir Rencana Dengan Kala Ulang 5 Tahun

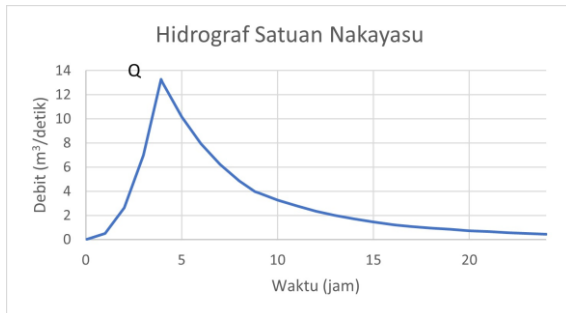
t (jam)	Q HSS (m ³ /detik)	Distribusi Hujan Jam-Jaman					Qtotol (m ³ /detik)
		Hidrograf Satuan (m ³ /detik) Kala Ulang 5 Tahun					
		8,22	2,14	1,50	1,19	1,01	
0	0,00	-	-	-	-	-	-
1	0,50	3,91	-	-	-	-	3,91
2	2,64	20,63	1,02	-	-	-	21,64
3	6,99	54,58	5,36	0,71	-	-	60,66
3,918	13,28	103,62	14,19	3,76	0,57	-	122,13
4	13,01	101,56	26,93	9,95	2,99	0,48	141,92
5	10,18	79,43	26,40	18,89	7,92	2,53	135,17
6	7,96	62,12	20,65	18,52	15,04	6,69	123,01
7	6,22	48,58	16,15	14,48	14,74	12,70	106,65
8	4,87	37,99	12,63	11,33	11,53	12,45	85,93
8,816	3,98	31,09	9,88	8,86	9,02	9,74	68,57
9	3,87	30,16	8,08	6,93	7,05	7,61	59,84
10	3,28	25,61	7,84	5,67	5,51	5,95	50,58
11	2,78	21,73	6,66	5,50	4,51	4,66	43,06
12	2,36	18,45	5,65	4,67	4,38	3,81	36,96
13	2,01	15,66	4,80	3,96	3,72	3,70	31,83
14	1,70	13,29	4,07	3,36	3,15	3,14	27,02
15	1,45	11,28	3,46	2,86	2,68	2,66	22,94
16	1,23	9,58	2,93	2,42	2,27	2,26	19,47
16,164	1,19	9,33	2,49	2,06	1,93	1,92	17,72
17	1,08	8,41	2,42	1,75	1,64	1,63	15,85
18	0,95	7,44	2,19	1,70	1,39	1,38	14,10
19	0,84	6,58	1,93	1,53	1,35	1,17	12,58
20	0,75	5,82	1,71	1,36	1,22	1,14	11,25
21	0,66	5,15	1,51	1,20	1,08	1,03	9,97
22	0,58	4,55	1,34	1,06	0,96	0,91	8,82
23	0,52	4,03	1,18	0,94	0,84	0,81	7,80
24	0,46	3,56	1,05	0,83	0,75	0,71	6,90
			0,93	0,73	0,66	0,63	2,95
				0,65	0,58	0,56	1,79
					0,52	0,49	1,01
						0,44	0,44
Q Puncak							141,92

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Berdasarkan tabel 11, debit banjir rencana menggunakan Metode Nakayasu pada titik

puncak terjadi pada saat 3,918 jam dengan periode ulang 5 tahun nilai Q = 141,92 m³/detik.

Peneliti menggunakan kala ulang ulang 5 tahun untuk penelitian. Hasil perhitungan pada tabel 11 kemudian dimasukkan ke dalam aplikasi HEC-RAS pada menu *Unsteady Flow Data*. Berikut ini merupakan grafik HSS Nakayasu periode ulang 5 tahun.

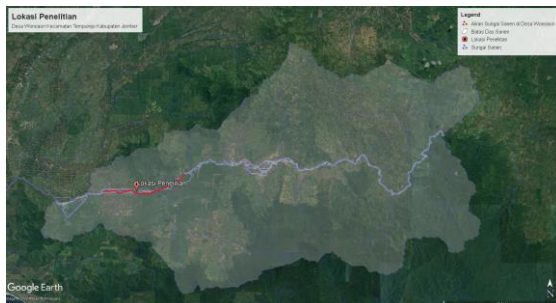


Gambar 3. Hidrograf Banjir Rencana HSS Nakayasu

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

B. Analisa Hidrolika

Panjang utama Sungai Sanen dari hulu menuju hilir adalah 35,3 km. Analisa hidrolika pada penelitian menghitung DAS Sanen yang melalui Desa Wonoasri Kecamatan Tempurejo dengan Panjang Sungai 6,35 km. Gambar lokasi penelitian di sajikan pada Gambar 3.



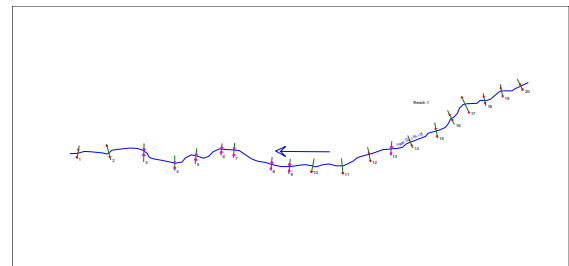
Gambar 4. Lokasi Penelitian Saluran Sungai Sanen di Desa Wonoasri

Sumber: Google Earth, 2023

Dengan diketahui debit rencana, selanjutnya peneliti melakukan penelitian banjir dengan program HEC-RAS 6.3. Dengan data *cross section* yang ada, aplikasi HEC-RAS dapat menampilkan bentuk penampang Sungai Sanen. Selain itu, kita juga bisa mengetahui wilayah mana saja yang terendam banjir dan mana yang tidak. Dengan normalisasi atau peninggian tanggul di sisi kanan dan kiri sungai, banjir dapat dihindari berdasarkan luas penampang banjir yang diketahui.

Angka *manning* yang digunakan pada penelitian ini untuk input data pada HEC-RAS yaitu dengan angka manning bantaran kiri = 0,04 angka manning bantaran kanan = 0,03 dan angka manning saluran utama = 0,045.

Gambar 5 merupakan hasil skema alur Sungai Sanen dari input data pada *RasMapper* aplikasi HEC-RAS 6.3.



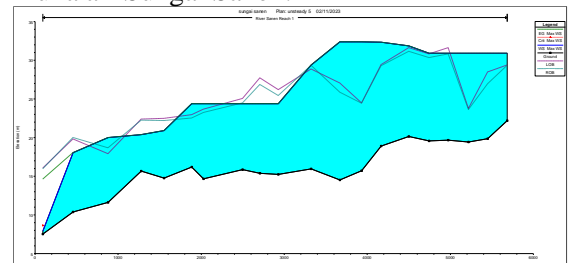
Gambar. 5 Skema Sungai Sanen Desa Wonoasri

Sumber: Program HEC-RAS, 2023

Alur Sungai Sanen pada gambar 5 didapatkan dengan cara *ploting area* menggunakan fitur *Ras Mapper* yang terdapat pada aplikasi HEC-RAS.

Pemodelan berbentuk profil tinggi muka air yang ditunjukkan oleh hasil *Running Program* dapat dikatakan berhasil ketika dari awal hingga akhir pada selang waktu tertentu semua proses dilakukan dengan benar. Hasil perhitungan curah hujan rencana 5 tahun menunjukkan debit tertinggi sebesar 149,42 m³/s.

Beberapa titik lokasi R.Sta yang mengalami limpasan hasil identifikasi menggunakan program HEC – RAS. Hasil *output* aplikasi HEC-RAS adalah *River Sta* 20, 19, 18, 16, 15, 14, 13, 12, 7, 6 dan 3 termasuk lokasi yang mengalami limpasan. Gambar 6 menampilkan hasil dari analisa profil tinggi muka air Sungai Sanen.

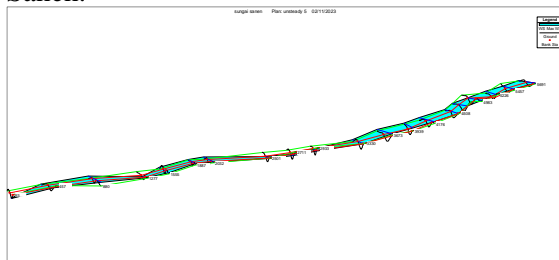


Gambar 6. Profil Muka Air Sungai Sanen (Eksisting) dengan Periode Ulang 5 Tahun

Sumber: Program HEC-RAS, 2023

Gambar 6 menunjukkan bahwa hampir seluruh titik R.Sta yang mengalami banjir berada di bawah elevasi muka air Sungai Sanen. Hal ini menunjukkan bahwa perlu dilakukan upaya untuk mencegah banjir karena Sungai Sanen sudah tidak mampu lagi menopang beban air sesuai debit banjir yang direncanakan.

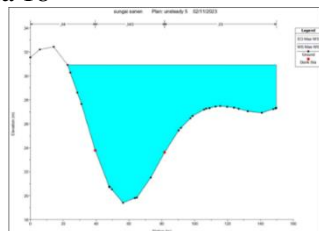
Setelah semua data sudah selesai dimasukkan pada program HEC-RAS, selanjutnya akan dilakukan program *running* pada *unsteady flow analysis*, sehingga didapatkan hasil tampilan 3D situasi Sungai Sanen.



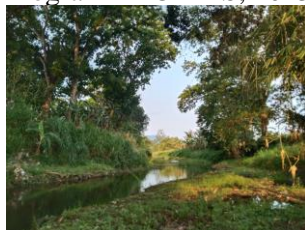
Gambar 7. Tampilan 3D Situasi Sungai Sanen dengan Kala Ulang 5 Tahun
 Sumber: Program HEC-RAS, 2023

Pada gambar 6 dan gambar 7 menunjukkan bahwa *River Sta* yang mengalami limpasan diantaranya adalah *River Sta* 20, 19, 18, 16, 15, 14, 13, 12, 7, 6, dan 3. *River Sta* yang mengalami limpasan yang mengenai rumah warga yaitu R. Sta 18, 16, 14, 7, 6 dan 3.

1. *River Sta* 18



Gambar 8. Profil Melintang Penampang *River Sta*. 18
 Sumber: Program HEC-RAS, 2023

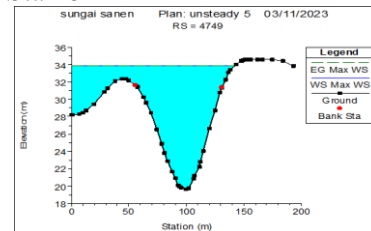


Gambar 9. Kondisi Lapangan Pada *River Sta*. 18

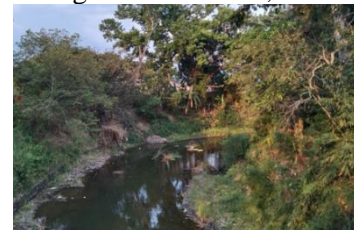
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023

Air sungai yang terlihat pada Gambar 8 mengalir melewati tebing di kiri dan kanan, dengan tinggi muka air permukaan 30,92 meter. Hal ini menunjukkan bahwa banjir terjadi di tepi kiri sungai hingga ketinggian $30,92 \text{ m} - 23,78 \text{ m} = 7,14 \text{ m}$, dan di tepi kanan hingga ketinggian $30,92 \text{ m} - 23,63 \text{ m} = 7,29 \text{ m}$.

2. *River Sta* 16



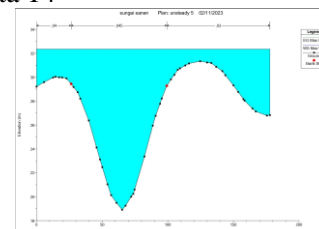
Gambar 10. Profil Melintang Penampang *River Sta*. 16
 Sumber: Program HEC-RAS, 2023



Gambar 11. Kondisi Lapangan Pada *River Sta*. 16
 Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023

Dari gambar 10, terlihat aliran air sungai melimpas pada bagian tebing kanan dan dan tebing kiri dengan tinggi air permukaan setinggi 30,92 meter. Hal ini menunjukkan bahwa banjir terjadi di tepi kiri Sungai hingga ketinggian $30,92 \text{ m} - 30,81 \text{ m} = 0,11 \text{ m}$ dan tebing kanan hingga ketinggian $30,92 \text{ m} - 30,31 \text{ m} = 0,61 \text{ m}$.

3. *River Sta* 14



Gambar 12. Profil Melintang Penampang *River Sta*. 14
 Sumber: Program HEC-RAS, 2023

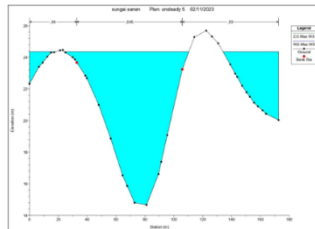


Gambar 13. Kondisi Lapangan Pada *River* Sta. 14

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023

Air sungai melimpas melewati kiri dan kanan tebing pada Gambar 12, dengan ketinggian air permukaan 32,35 meter. Hal ini menunjukkan terjadi banjir setinggi 32,35 m – 29,44 m = 2,91 m di tepi kiri dan 32,35 m – 29,28 m = 3,07 m di tepi kanan.

4. *River* Sta 7



Gambar 14. Profil Melintang Penampang *River* Sta. 7

Sumber: Program HEC-RAS, 2023

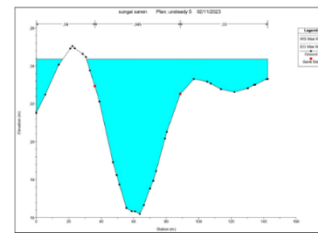


Gambar 15. Kondisi Lapangan Pada *River* Sta. 7

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023

Air sungai yang terlihat pada Gambar 14 mengalir melewati tebing di kiri dan kanan, dengan tinggi muka air permukaan 24,36 meter. Hal ini menunjukkan bahwa banjir terjadi di tepi kiri sungai hingga ketinggian 24,36 m – 23,62 m = 0,74 m, dan di tepi kanan hingga ketinggian 24,36 m – 23,24 m = 1,12.

5. *River* Sta 6



Gambar 16. Profil Melintang Penampang *River* Sta. 6

Sumber: Program HEC-RAS, 2023

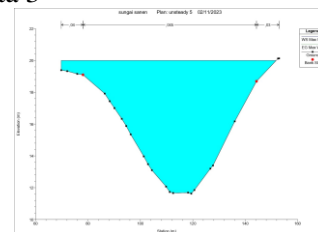


Gambar 17. Kondisi Lapangan Pada *River* Sta. 6

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023

Air sungai yang terlihat pada Gambar 16 mengalir melewati tebing di kiri dan kanan, dengan tinggi muka air permukaan 24,36 meter. Hal ini menunjukkan bahwa banjir terjadi di tepi kiri sungai hingga ketinggian 24,36 m – 22,93 m = 1,43 m dan tebing kanan 24,36 m – 22,52 m = 1,84 m.

6. *River* Sta 3



Gambar 18. Profil Melintang Penampang *River* Sta. 3

Sumber: Program HEC-RAS, 2023



Gambar 19. Kondisi Lapangan Pada *River* Sta. 3

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023

Air sungai yang terlihat pada Gambar 18 mengalir melewati tebing di kiri dan kanan, dengan tinggi muka air permukaan

24,36 meter. Hal ini menunjukkan bahwa banjir terjadi di tepi kiri sungai hingga ketinggian $19,99\text{ m} - 17,92\text{ m} = 2,07\text{ m}$ dan tebing kanan $19,99\text{ m} - 18,69\text{ m} = 1,3\text{ m}$.

Tabel 13 menunjukkan rekapitulasi tinggi muka air banjir di sepanjang Sungai Sanen.

Tabel 13. Rekapitulasi Tinggi Banjir Di Sepanjang Sungai Sanen

R. Sta	Lokasi	Tebing Kiri (m)	Tinggi Banjir	Tebing Kanan (m)	Tinggi Banjir
20	Persawahan	Meluber	1,52	Meluber	1,6
19	-	Meluber	2,46	Meluber	3,98
18	Pemukiman	Meluber	7,14	Meluber	7,29
17	-	Aman	-	Aman	-
16	-	Meluber	0,11	Meluber	0,61
15	Persawahan	Meluber	0,21	Meluber	0,68
14	-	Meluber	2,91	Meluber	3,07
13	-	Meluber	7,87	Meluber	7,94
12	-	Meluber	5,31	Meluber	6,48
11	-	Aman	-	Aman	-
10	-	Aman	-	Aman	-
9	-	Aman	-	Aman	-
8	Pemukiman Terdampak	Aman	-	Aman	-
7	-	Meluber	0,74	Meluber	1,12
6	-	Meluber	1,43	Meluber	1,84
5	-	Aman	-	Aman	-
4	-	Aman	-	Aman	-
3	-	Meluber	2,07	Meluber	1,3
2	-	Aman	-	Aman	-
1	-	Aman	-	Aman	-

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Dalam keadaan tersebut, pengendalian banjir sangatlah penting untuk dilakukan. Dalam penelitian ini penanggulangan yang dilakukan untuk pencegahan banjir di Desa Wonoasri dengan cara normalisasi Sungai dan pemberian tanggul.

C. Rencana Penanggulangan

Untuk memperbaiki titik limpasan pada R. Sta 18, 16, 14, 7, 6, dan 3 yang berdampak pada pemukiman warga harus mencari elevasi rencana terlebih dahulu. Data yang diperlukan

untuk menghitung elevasi rencana yaitu elevasi bank tertinggi dan elevasi banjir. Setelah data diinput, lakukan perhitungan untuk mencari selisih dan tinggi jagaan atau *freeboard* (1 - 1,5).

Tabel 14 Perhitungan Elevasi Rencana untuk Normalisasi

R. Sta	Elevasi Bank	Elevasi Banjir	Selisih	Freeboard	Elevasi Rencana
18	27,66	30,92	3,26	4,76	32,42
16	30,81	33,86	3,05	4,55	35,36
14	29,44	32,35	2,91	4,41	33,85
7	23,67	24,36	0,69	2,19	25,86
6	22,93	24,36	1,43	2,93	25,86
3	19,10	19,99	0,89	2,39	21,49

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

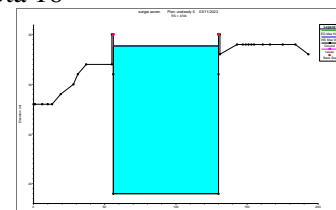
Dengan kondisi air yang melimpas yang ada pada tabel 14, maka harus ada tindakan penanggulangan. Berdasarkan keadaan lapangan, biaya, manfaat, tahapan dan prioritas pelaksanaan pembuatan fisik konstruksi disusun.

1. Normalisasi

Normalisasi Sungai adalah proses perbaikan penampang sungai dengan mengeruknya lebih dalam dan lebar guna meningkatkan kapasitas sungai dan menangani aliran banjir.

Kondisi hasil normalisasi Sungai Sanen pada *River* Sta. 16, 14, 7, 6, dan 3 menggunakan program aplikasi HEC-RAS 6.3 pada gambar 20, 21, 22, 23 dan 24 secara berturut-turut. Normalisasi Sungai dilakukan dengan cara pengerukan tanah hingga kedalaman 1,5 meter. Sehingga R.Sta yang rawan limpasan tidak lagi tergenang air setelah normalisasi.

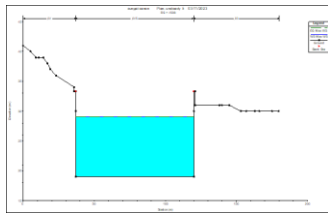
a. River Sta 16



Gambar 20. Profil Melintang River Sta. 16 Setelah Normalisasi

Sumber: Program HEC-RAS, 2023

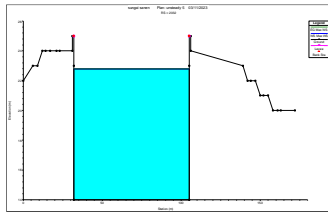
b. River Sta 14



Gambar 21. Profil Melintang River Sta. 14 Setelah Normalisasi

Sumber: Program HEC-RAS, 2023

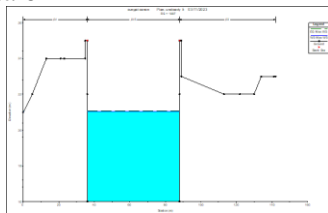
c. River Sta 7



Gambar 22. Profil Melintang Penampang River Sta. 7 Setelah Normalisasi

Sumber: Program HEC-RAS, 2023

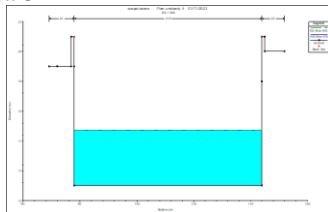
d. River Sta 6



Gambar 23. Profil Melintang Penampang River Sta. 6 Setelah Normalisasi

Sumber: Program HEC-RAS, 2023

e. River Sta 3



Gambar 24. Profil Melintang River Sta. 3 Setelah Normalisasi

Sumber: Program HEC-RAS, 2023

2. Pemberian Tanggul

Hasil perhitungan HEC-RAS pada R.STA 18 menunjukkan bahwa tinggi muka air yang melewati tebing adalah 3,05 cm, dengan tinggi tebing Sungai Sanen 30,81 m.

Peneliti menggunakan tiga jenis tanah granuler dengan sudut 32° , 35° dan 37° untuk perhitungan stabilitas tanggul. Dalam analisis stabilitas tanggul tersebut peneliti

menggunakan analisis *Slope/W* pada *software GeoStudio*. Dari analisis 3 jenis tanah tersebut, tanah granuler dengan 37° memiliki nilai intensitas longsor yang jarang terjadi.

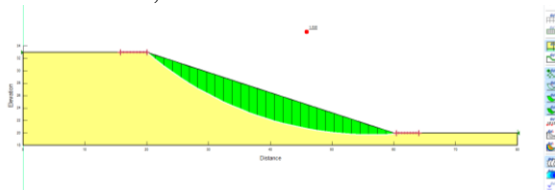
Tabel 14. Nilai-Nilai Faktor Keamanan Lereng Tanah

Biaya dan konsekuensi dari kegagalan lereng	Tingkat ketidakpastian kondisi analisis	
	Rendah ^a	Tinggi ^b
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif.	1,25	1,5
Biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif tidak sebanding dengan biaya perbaikan.	1,5	2,0 atau lebih

^a Jika kondisi geologi dapat dipahami, kondisi tanah seragam, dan penyelidikan tanah konsisten, lengkap, dan logis terhadap kondisi lapangan, ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan rendah.

^b Dalam situasi di mana kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan, tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi.

Sumber: SNI, 2017



Gambar 26. Tampilan Hasil *Slope/W* dengan Contur Tanggul dengan Sudut Geser 37°

Sumber: Program GeoStudio, 2024

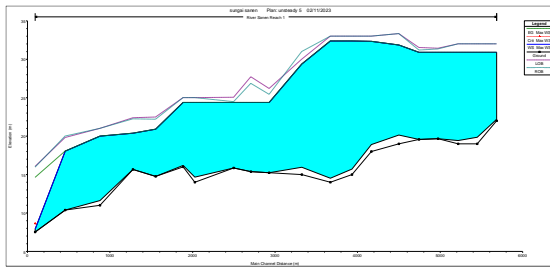
Tabel 16. Hasil Analisis Stabilitas Tanggul

Analisis	F of S	R Critical	Hasil Analisis	Faktor Keamanan	Intensitas Longsor
Granuler 32°	1,092	26,65	1,12	$1,12 < 1,25$	Tinggi ^a
Granuler 35°	1,160	26,303	1,16	$1,21 < 1,16$	Tinggi ^a
Granuler 37°	1,463	26,66	1,52	$1,25 > 1,52$	Tinggi ^b

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

Dari hasil perhitungan *Geo-Slope* pada tabel 16, menurut metode Morgenshtern, faktor keamanan lebih dari 1. Angka keamanan untuk tanah granuler dengan sudut geser 32° adalah 1,121, sudut geser 35° adalah 1,160, dan sudut geser 37° adalah 1,522. Oleh karena itu, tanah granuler dengan sudut geser 37° dapat digunakan untuk keamanan tanggul.

Gambar 27 menunjukkan profil muka air Sungai Sanen setelah normalisasi pada titik genangan.



Gambar 27. Profil Muka Air Sungai Sanen Periode 5 Tahun Setelah Normalisasi
Sumber: Program HEC-RAS, 2023

Pada gambar 27 menunjukkan bahwa kondisi hidrolika Sungai Sanen yang mengalir melewati Desa Wonoasri setelah dilakukan normalisasi tidak ada yang meluap.

5. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian ini, berikut merupakan beberapa hal yang dapat disimpulkan:

1. Debit Banjir Rencana Menggunakan Metode Nakayasu pada titik puncak terjadi pada saat 3,918 jam dengan periode ulang 5 tahun nilai $Q = 141,92 \text{ m}^3/\text{detik}$.
2. Hasil analisis kapasitas penampang Sungai Sanen dengan HEC-RAS 6.3 menunjukkan bahwa beberapa titik di sungai mengalami banjir. Banjir tertinggi mencapai 7.29 meter di *River Sta.* 18.
3. Solusi untuk menanggulangi banjir pada R. Sta 20, 19, 16, 15, 14, 13, 12, 7, 6 dan 3 adalah dengan memperdalam atau melakukan pengerukan. Sedangkan pada R.Sta 18 dilakukan penanggulangan dengan cara pemberian tanggul menggunakan tanah granular dengan sudut geser 37° , nilai kohesi 0, berat volume 20 kN/m^3 . Pada analisis menggunakan geoslope didapatkan nilai kritikal keamanan 1,522, Dimana hasil tersebut merupakan hasil analisis yang aman.

B. Saran

Berdasarkan pada Tugas Akhir “Normalisasi Sungai Sanen Sebagai Solusi Penanganan Banjir di Desa Wonoasri Jember Menggunakan HEC-RAS 6.3, penyusun ingin memberikan beberapa saran yang relevan.

Adapun saran yang dapat penulis berikan antara lain:

1. Untuk penelitian selanjutnya, dapat melakukan perhitungan sedimen yang ada di Sungai Sanen Jember dan melakukan pengecekan kondisi tanah di sekitar Sungai Sanen.
2. Untuk pemerintah setempat sebaiknya melakukan normalisasi sungai pada titik-titik pemukiman atau perumahan warga yang terdampak banjir.
3. Sungai harus dipelihara secara rutin dan teratur agar tampak lebih bersih dan berfungsi dengan baik.
4. Data geometri seperti cross-section, skema alur sungai, dan kondisi alur sungai harus tersedia untuk input ketika program HEC-RAS digunakan untuk menganalisis sungai.

6. REFERENSI

A. Buku

- Kodoatie, R. J. (2006). *Pengelolaan Bencana Terpadu*. Jakarta: Penerbit Yarsif Watampone.
- Nursa'ban. (2010). *Kartografi Dasar*. Yogyakarta: Program Studi Pendidikan Geografi FISE.
- Prahasta, E. (2005). *Sistem Informasi Geografis*. Edisi Revisi, Cetakan Kedua. Bandung: CV. Informatika.
- Rizal, N. S. (2014). *Aplikasi Perencanaan Irigasi dan Bangunan Air*. LPPM. Universitas Muhammadiyah Jember, Jember.
- Rizal, N. S (2022). *Aplikasi HEC-RAS Versi 6.1 Untuk Rekayasa Bangunan Air*. Jember: UM Jember Press.
- Setyawan. (2014). *Pengantar Sistem Informasi Geografis (Manfaat SIG dalam Kesehatan Masyarakat)*. Surakarta: Politeknik Kesehatan Surakarta.
- Sitorus, O. (2014). *Modul I-IV Kartografi*. Kementrian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertahanan Nasional. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Pertahanan Nasional.

- Soemarto, C. D. (1999). Hidrologi Teknik. Jakarta Timur: Penerbit Erlangga.
- Sunaryo. (2015). Sistem Informasi Geografis dan Aplikasinya. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Suripin. (2004). Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Yogyakarta: Andi.
- Abadi, Taufan. ST, MT, (2005) Route Surveying dan Photogrametry, Jember: Universitas Muhammadiyah.
- Triatmodjo, B. (2015). Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Yanisiregar, I. (2021). Pemodelan Genangan Banjir Di Kecamatan Cisarua Bogor Menggunakan HEC-RAS 2D. Jakarta: Universitas Pertamina.
- B. Artikel Jurnal**
- Alexander, T. T. (2017). Aplikasi Geospasial Menggunakan ArcGIS 10.3 Dalam Pembuatan Peta Daya Hantar Listrik di Cekungan Air Tanah Sumowono. Jurnal Presipitasi Vol. 8 No. 1, 15-23.
- Alihudien, A., & Manggala, A. S. (2022). Pemodelan Plaxis Dengan FEM Terhadap Perilaku Tahanan Vertikal Grup Pile 2x2 Pada Tanah Pasir Loose Dan Medium. Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon, 7(1), 1-6.
- Antami, D. Y., Manggala, A. S., & Dewi, I. C. (2023). Kajian Perencanaan Air Bersih (Study Kasus: Dusun Krajan, Desa Sumber Tengah, Kec. Binakal, Kab. Bondowoso). Jurnal Smart Teknologi, 4(5), 646-658.
- C Yohanna, G. D. (2017). Penerapan Pembuatan Teknik Lubang Biopori Resapan Sebagai Upaya Pengendali Banjir. Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Madini, Vol. 1, No. 2.
- Findayani, A. (2015). Kesiapsiagaan Masyarakat Dalam Penanggulangan Banjir. Jurnal Geografi, 104-114.
- H. Hamdani, A. S. (2014). Analisa Daerah Rawan Banjir Menggunakan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Pulau Bangka). Jurnal Konstruksi, 12(1):2302:7312.
- Maulida, D. H., Muhtar, M., & Alihudien, A. (2023). Studi Alternatif Penanganan Stabilitas Tebing Sungai Menggunakan Tembok Penahan Tipe Kantilever Wall (Studi Kasus: Kawasan Sungan Indragiri, Desa Kampung Baru, Kecamatan Cerenti, Kabupaten Kuantan Singingi). Jurnal Smart Teknologi, 4(4), 496-512.
- Rahmania. (2016). Analisis Penyebab Bencana Alam Banjir Yang Ada Di Indonesia. Jurnal Pendidikan IPS, 50-62.
- Rejeki, A. K. (2021). Keterkaitan Periodisitas Curah Hujan Di Daerah Pesisir dan Pegunungan Provinsi Jawa Timur Dengan Variabilitas Cuaca Skala Global dan Regional. Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca, 51-59.
- Rentschler, J. M. (2022). Flood Exposure and Poverty in 188 Countries. Nature Communications, volume 13, Nomor. 3527.
- Rosyidie, A. (2013). Banjir: Fakta dan Dampaknya, Serta Pengaruh dari Perubahan Guna Lahan. Perencanaan Wilayah dan Kota, 241-249.
- Ryka, M. K. (2020). Sistem Informasi Geografis (SIG) Dengan Arcgis Dalam Pemanfaatan Analisis Banjir di Desa Wonoasri. Jurnal Transukma, 42-51.
- Sugandi, D., Ridwana, R., Ismail, A., Ismail, J. R., & Sephana, R. D. (2021). Surface Runoff Management Model of Bandung Regency Through Remote Sensing Analysis. Jurnal Geografi Gea, Vol. 21, No. 2. 123-134.
- C. Tesis atau Disertasi**
- Abdhika, R. (2016). Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Untuk Prediksi Daerah Rawan Banjir Di Kota Semarang, Skripsi. Semarang:

Teknik Informatika Fakultas Ilmu
Komputer UDINUS.

Dianasari, E. (2018). Analisis Risiko Bencana Banjir di Desa Wonoasri Kecamatan Tempurejo Kabupaten Jember. Jember: repository.unej.ac.id.

Sari, E. R. (2021). KlasifikasiI Tingkat Bahaya Bencana Banjir Berdasarkan Dampak Yang Ditimbulkan Terhadap Kehidupan Masyarakat Di Wilayah Kecamatan Mengati. Gresik: Universitas Internasional Semen Indonesia.

Shahnaz. (2020). Perbandingan Profil Muka Air Dengan Menggunakan Metode Integrasi Manual dan Program HEC-RAS (Studi Kasus Pelimpah Bendungan Bajulmati. Malang: Diss. Universitas Muhammadiyah Malang.

D. Sumber Rujukan

BNPB. (2022, 12 31). Data Informasi Bencana Indonesia. Retrieved from [dibi.bnpb.go.id: https://dibi.bnpb.go.id/](https://dibi.bnpb.go.id/)

BNPN, E. (2014, Februari 16). Banjir. Badan Nasional Penanggulangan Banjir.