

Analisa Debit Banjir Rencana DAS Rejoso Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Zainal Arifin¹, Afrikhatul Maulidiyah²

^{1,2} Afiliasi: Program Studi Teknik Sipil, Universitas Yudharta Pasuruan
Email: za120501.arif@gmail.com; afrikha@yudharta.ac.id

ABSTRAK

Banjir merupakan kejadian meluapnya air di sungai melebihi batas kapasitas. Beberapa wilayah di Indonesia terutama kabupaten pasuruan sering terjadi banjir, salah satunya yaitu DAS Rejoso yang sering terjadi banjir tiap tahunnya. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk segera meminimalisir terjadinya bencana banjir. Dengan merencanakan bangunan air dibutuhkan data debit banjir rencana sebagai dasar perencanaan dimensi dan stabilitas bangunan air. Dalam penelitian ini analisa hidrologi dimulai dengan menghitung hujan rata-rata kawasan menggunakan metode poligon Thiessen, analisa hujan kala ulang menggunakan metode Gumbel yang di uji menggunakan metode *chi kuadrat*, kemudian analisa intensitas hujan menggunakan metode Mononobe, dan analisa hidrograf menggunakan metode HSS Nakayasu. Hasil penelitian menyatakan bahwa debit puncak DAS Rejoso periode ulang 2, 5, dan 10 tahun berturut-turut yaitu 769,32 m³/det; 971,62 m³/det dan 1116,96 m³/det. Pada periode 25, 50 dan 100 tahun berturut-turut yaitu sebesar 1274,80 m³/det; 1400,35 m³/det dan 1524,97 m³/det. Debit banjir rencana DAS Rejoso mulai mengalami kenaikan kurva pada jam 0 hingga jam ke 2. Sedangkan debit puncaknya terjadi pada jam ke 2. Di jam ke 3 debit banjir DAS Rejoso mulai terjadi penurunan kurva sampai pada jam ke 13.

Kata Kunci: Debit Banjir Rencana, HSS Nakayasu, DAS Rejoso.

ABSTRACT

Flood is an event where water overflows in a river beyond its capacity. Several areas in Indonesia, especially Pasuruan Regency, often experience flooding, one of which is the Rejoso Watershed which often experiences flooding every year. Therefore, efforts need to be made to immediately minimize the occurrence of flood disasters. By planning water structures, planned flood discharge data is needed as a basis for planning the dimensions and stability of water structures. In this study, the hydrological analysis begins by calculating the average rainfall in the area using the Thiessen polygon method, the analysis of return period rainfall using the Gumbel method which is tested using the chi-square method, then the analysis of rainfall intensity using the Mononobe method, and the hydrograph analysis using the HSS Nakayasu method. The results of the study stated that the peak discharge of the Rejoso Watershed for return periods of 2, 5, and 10 years, respectively, was 769.32 m³/sec; 971.62 m³/sec and 1116.96 m³/sec. In the period of 25, 50 and 100 years respectively, namely 1274.80 m³/sec; 1400.35 m³/sec and 1524.97 m³/sec. The planned flood discharge of the Rejoso watershed began to experience an increase in the curve at hour 0 to hour 2. While the peak discharge occurred at hour 2. At hour 3, the flood discharge of the Rejoso watershed began to experience a decrease in the curve until hour 13.

Key words: Flood Discharge, HSS Nakayasu, Rejoso Watershed.

Submitted:	Reviewed:	Revised	Published:
26 Agustus 2024	06 September 2024	09 September 2024	07 Februari 2025

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai merupakan daerah yang mempunyai batasan yang berupa alam atau buatan. Batasan daerah aliran sungai dapat berupa gunung, bukit, tanggul, atau jalan. Dengan batasan wilayah tersebut air hujan yang turun memberi sumbangan aliran menuju titik control (*outlet*). Daerah Aliran Sungai juga diartikan sebagai sebuah daerah tatanan air yang secara alami terbentuk, daerah tersebut menangkap air hujan kemudian mengalir menuju kearah sungai. Daerah aliran sungai terdiri dari tiga wilayah yaitu, daerah hulu, daerah tengah, dan daerah hilir. DAS tidak hanya diartikan sebuah

badan sungai, tetapi semua ekosistem yang dipisah oleh batas wilayah. Biasanya wilayah yang menjadi batas paling tinggi suatu DAS berupa punggung bukit (Saifudin et al., 2017).

Banjir merupakan peristiwa meluapnya sungai melebihi kapasitas yang dapat mengakibatkan kerugian dari segi sosial dan ekonomi (Andhini, 2017; Satriadi, 2017). Menurut istilah dalam teknik, peristiwa banjir merupakan aliran yang ada di sungai yang telah melampaui kapasitas tampungan sungai (Norma, 2020). Berbagai penyebab terjadinya banjir diantaranya yaitu curah hujan tinggi, keadaan kawasan dataran yang

rendah atau cekung, dan kemampuan tanah yang rendah dalam berinfiltrasi (Dori, 2020; Saputra et al., 2018).

Banjir sering terjadi di beberapa daerah aliran sungai di Kabupaten Pasuruan. DAS Rejoso merupakan salah satu daerah aliran sungai yang sering terdampak banjir. DAS Rejoso berlokasi di Kabupaten Pasuruan dan mempunyai luas 267,8 Km², yang terdiri dari daerah hutan, persawahan, ladang, pemukiman, dll. Banjir pada DAS Rejoso terjadi setiap tahun yang menggenangi beberapa wilayah antara lain Desa Prodo, Desa Bandaran, Desa Sidepan, dan yang terparah di Desa Kedawung Kulon dan Kedawung Wetan dengan tinggi banjir mencapai 70 cm (Arifin, 2024; Suyanto & Maulidiyah, 2023). Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu diupayakan bagaimana solusi untuk mengatasinya. Beberapa solusi yang bisa menjadi rekomendasi dalam mengatasi banjir yaitu dengan merencanakan bangunan air yang berfungsi sebagai pengendali banjir seperti bendungan, tanggul, kolam retensi, dll. Dalam perencanaan bangunan air, data debit banjir rencana merupakan parameter yang harus dipenuhi sebelum dilakukan kegiatan perencanaan. Debit banjir rencana adalah debit maksimal yang ada di sungai yang telah ditentukan berdasarkan hasil perhitungan dan dapat mengalir tanpa membahayakan stabilitas bangunan air (Maulidiyah, 2019; Taqwa, 2017) Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa debit banjir rencana yang dapat dijadikan sebagai dasar perencanaan bangunan air pada DAS Rejoso.

METODE PENELITIAN

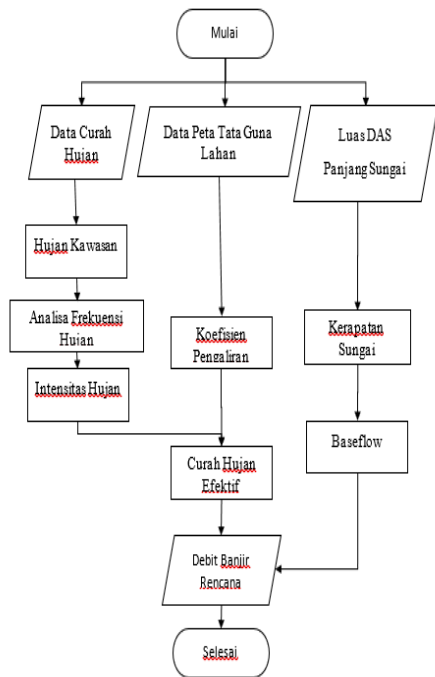
Penelitian ini berlokasi di DAS Rejoso di Kabupaten Pasuruan Provinsi Jawa Timur. DAS Rejoso memiliki luas 360,21 km², panjang sungai utama 15,36 km dan panjang sungai beserta anaknya 1004,14 km. yang meliputi wilayah Kecamatan Puspo, Kecamatan Lumbang, Kecamatan Grati, Kecamatan Gondang Wetan, Kecamatan Tosari, Kecamatan Rejoso, Kecamatan Winongan, Kecamatan Pasrepan, Kecamatan Lekok, dan Kecamatan Nguling. Berikut ini merupakan peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Peta DAS Rejoso

(sumber : UPT PSDA WS Welang Pekalen)

Penelitian ini berfokus pada analisa debit banjir rencana pada DAS Rejoso. Dalam penelitian ini membutuhkan beberapa data antara lain data curah hujan selama 10 tahun yaitu data curah hujan tahun 2013 - 2023, data peta penggunaan lahan, dan data topografi DAS Rejoso yang meliputi luas dan panjang sungai. Analisa hidrologi dimulai dengan menghitung hujan rata-rata kawasan dengan menggunakan metode poligon Thiessen, dalam menganalisa luas daerah tangkapan hujan per stasiun digunakan *software ArcGIS* dengan data peta daerah aliran sungai dan titik stasiun hujan. analisa hujan kala ulang menggunakan metode Gumbel yang di uji menggunakan metode chi kuadrat, kemudian analisa intensitas hujan menggunakan metode Mononobe. Data peta penggunaan lahan digunakan sebagai parameter untuk mengetahui nilai koefisien pengaliran, dan nilai koefisien pengaliran tersebut dijadikan parameter pengukuran curah hujan efektif. Data topografi digunakan untuk menentukan nilai *baseflow*. Hasil perhitungan curah hujan *netto* atau hujan efektif dan *baseflow* digunakan untuk menganalisa debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu. Hasil akhir dari penelitian ini adalah debit puncak dan grafik hidrograf DAS Rejoso. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Alur Penelitian (sumber: hasil pemikiran, 2024)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hujan Rata-Rata

Curah hujan rata-rata kawasan merupakan curah hujan yang ditinjau dari beberapa stasiun yang mencakup wilayah DAS. Metode yang digunakan dalam menganalisa hujan kawasan adalah metode poligon Thiessen. Metode poligon Thiessen menggunakan parameter luas daerah tangkapan masing – masing stasiun (Ramadi, 2023). Untuk mencari luas daerah tangkapan tiap stasiun hujan dapat digunakan *software arcgis*. Curah hujan rata-rata kawasan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

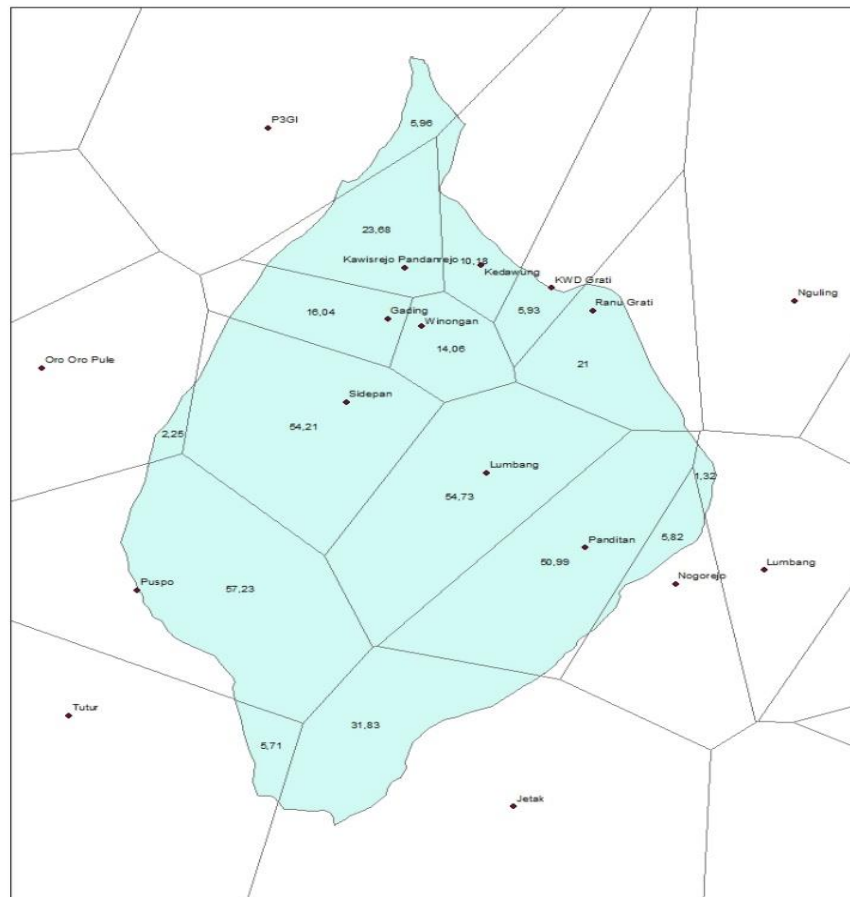
$$\bar{R} = \frac{R_1A_1 + R_2A_2 + .. R_nA_n}{A_1 + A_2 + ... A_n} \quad \dots (1)$$

Keterangan:

- \bar{R} = Rerata hujan (mm)
- $R_1, R_2, \dots dst.$ = Nilai pengukuran curah hujan (mm)
- $A_1, A_2, \dots dst.$ = Luas tangkapan hujan tiap pos hujan (km²)

(Ramadi, 2023)

Berikut ini merupakan hasil analisa luas daerah tangkapan hujan menggunakan *software arcgis*.



Gambar 3. Peta Luas Poligon Thiessen DAS Rejoso (sumber : hasil analisa)

Hasil analisa curah hujan rata-rata kawasan tahun 2013 - 2023 ditampilkan pada tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil dari Menghitung Rerata Hujan

Tahun	Rmax
2013	59,75
2014	28,9
2015	53,06
2016	58,79
2017	43,32
2018	33,19
2019	46,18
2020	59,92
2021	43,51
2022	55,32

(sumber: hasil perhitungan, 2024)

Analisa Hujan Kala Ulang

Analisa hujan kala ulang dimulai dengan analisa frekuensi hujan, kemudian analisa pengujian distribusi dan perhitungan hujan kala ulang. Analisa frekuensi hujan dilakukan dengan tujuan untuk mencari ikatan antara besarnya peristiwa ekstrim yang mempengaruhi siklus hidrologi dengan frekuensi kejadiannya. Analisa frekuensi hujan dilakukan dengan cara pengukuran parameter statistik yang meliputi pengukuran nilai

Tabel 3. Pemilihan Metode Distribusi Hujan

Jenis Sebaran	Syarat	Parameter Statistik	Kesimpulan
Normal	$Cs \approx 0$	0	Cs -0,61 Tidak Memenuhi
	$Ck \approx 0$	0	Ck 3,2 Tidak Memenuhi
Gumbel	$Cs \leq 1,1396$	1,1396	Cs -0,61 Memenuhi
	$Ck \leq 5,4002$	5,4002	Ck 3,2 Memenuhi
Log Normal	$Cs \approx Cv^3 + 3Cv$	0,1979	Cs -0,9314 Tidak Memenuhi
	$Ck \approx 3Ck$	11,5347	Ck 3,8449 Tidak Memenuhi
Log Pearson III	$Cs \neq 0$	0	Cs -0,9314 Memenuhi

(sumber: hasil perhitungan, 2024)

Dari tabel 3 dapat diambil kesimpulan bahwa distribusi hujan yang memenuhi adalah metode Gumbel dan log pearson III. Namun penelitian ini menggunakan metode gumbel sebagai metode analisa distribusi hujan. Langkah selanjutnya yaitu menghitung hujan kala ulang menggunakan metode Gumbel dengan persamaan berikut.

$$X_T = \bar{x} + K x S_d \quad \dots (2)$$

Keterangan

- X_T = Hujan kala ulang
- \bar{x} = Nilai rerata
- K = Nilai variabel reduksi
- S_d = Standar deviasi

Hasil perhitungan hujan kala ulang metode Gumbel ditampilkan pada tabel 4 sebagai berikut.

rata-rata, koefisien kemencengan, standar deviasi, dan koefisien kurtosis (Yuliana, 2023). Parameter statistik diukur pada metode normal, log normal, gumbel, dan log pearson III. Hasil perhitungan parameter statistik ditampilkan pada tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil dari Menghitung Parameter Statistik Hujan

Parameter Statistik	Distribusi Normal & Gumbel	Distribusi Log Normal & Log Pearson III
n	10	
X	48,19	1,6713
Sd	11,08	0,1101
Cs	-0,61	-0,9314
Ck	3,2	3,8449
Cv	0,23	0,0659

(sumber: hasil perhitungan, 2024)

Setelah pengukuran parameter statistik selanjutnya membandingkan antara syarat dengan hasil perhitungan parameter statistik untuk menentukan metode distribusi hujan yang akan digunakan (Junaedi & Hidayati, 2011). Hasil perbandingan antara syarat dengan hasil perhitungan parameter statistik DAS Rejoso ditampilkan pada tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 4. Perhitungan Hujan Kala Ulang Menggunakan Metode Gumbel

Rata-Rata	x	48,19	
Standar Deviasi	Sd	11,08	
Tr	Yt	K	Rmax (mm)
2	0,3665	-0,135	46,70
5	1,4999	1,058	59,92
10	2,2502	1,848	68,68
25	3,1985	2,847	79,74
50	3,9019	3,588	87,95
100	4,6001	4,323	96,10

(sumber: hasil perhitungan, 2024)

Dalam analisa frekuensi terdapat banyak kemungkinan penggambaran terjadi kesalahan. Maka dari itu perlu dilakukan pengujian keselarasan distribusi. Dengan dilakukan pengujian keselarasan distribusi, maka dapat diketahui tingkat pendekatan dari hasil

penggambaran tersebut. Sehingga dalam memilih metode distribusi peluang dapat mewakili perhitungan distribusi statistik (Junaedi & Hidayati, 2011). Metode yang digunakan dalam uji kesesuaian distribusi yaitu metode chi kuadrat. Perhitungan uji kesesuaian distribusi metode chi kuadrat menggunakan persamaan berikut.

$$f^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \dots (3)$$

Keterangan:

- f^2 = Nilai chi kuadrat yang terhitung
- O_i = Total data yang ada dilapangan berdasarkan kelas
- E_i = Nilai frekuensi yang diharapkan berdasarkan kelas yang telah dibagi

Hasil perhitungan uji kesesuaian chi kuadrat dengan hujan kala ulang metode gumbel dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Pengujian Metode Distribusi Menggunakan Metode Chi Kuadrat

Nilai Batas Tiap Kelas	Ei	Oi	Ei-Oi ²	(Ei-Oi ²)/Ei
> 59,92	2	0	0	0
50,26	2	4	4	2
43,44	2	3	1	0,5
36,87	2	2	0	0
< 36,87	2	1	1	0,5
Jumlah	10	10	6	3
Chi Kritis 5,991	Chi Hitung 3	Kesimpulan Diterima		

(sumber: hasil perhitungan, 2024)

Intensitas Hujan

Intensitas hujan merupakan besarnya curah hujan dalam kurun waktu tertentu. Intensitas hujan dianalisa dengan menggunakan metode Mononobe. Umumnya intensitas hujan yang tinggi durasinya berlangsung pendek dan daerah yang tidak luas (Hendri, 2015). Intensitas hujan menggunakan metode Mononobe dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \quad \dots (4)$$

Keterangan:

- I = Intensitas hujan (mm)
- t = Lama curah hujan (jam)
- R_{24} = Curah hujan maksimal dalam kurun waktu 24 jam (mm)

(Ramadi, 2023)

Hasil perhitungan intensitas hujan DAS Rejoso ditampilkan pada tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Perhitungan Intensitas Hujan

T (Jam)	Periode Ulang					
	2	5	10	25	50	100
1	16,19	20,77	23,81	27,64	30,49	33,31
2	10,20	13,09	15,00	17,42	19,21	20,99
3	7,78	9,99	11,45	13,29	14,66	16,02
4	6,42	8,24	9,45	10,97	12,10	13,22
5	5,54	7,10	8,14	9,45	10,43	11,39
6	4,90	6,29	7,21	8,37	9,23	10,09

(sumber: hasil perhitungan, 2024)

Dengan menggunakan asumsi nilai t = 6 jam karena waktu tersebut merupakan jumlah rata – rata waktu hujan di Indonesia (Pramessti et al., 2023). Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menganalisa intensitas hujan selama 6 jam.

$$R_T = (t \times Rt) - ((t - 1)(Rt - 1) \dots (5)$$

Keterangan:

- R_T = Curah hujan jam ke t
- Rt = Intensitas hujan
- t = Waktu hujan

Hasil dari analisis hujan jam-jaman DAS Rejoso dapat dilihat pada tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7. Perhitungan Hujan Jam-Jaman

Jam ke	Hujan Jam Jaman Periode Ulang (Tahun)					
	2	5	10	25	50	100
1	16,19	20,77	23,81	27,64	30,49	33,31
2	4,21	5,40	6,19	7,19	7,93	8,66
3	2,95	3,79	4,34	5,04	5,56	6,07
4	2,35	3,02	3,46	4,01	4,43	4,84
5	1,98	2,55	2,92	3,39	3,87	4,35
6	1,73	2,23	2,55	2,96	3,39	3,87

(sumber: hasil perhitungan, 2024)

Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan nilai kecepatan maksimal yang mengalir pada daerah tangkapan hujan. Nilai koefisien pengaliran dipengaruhi oleh beberapa karakteristik daerah tangkapan hujan. Pengaruh penggunaan lahan pada daerah pengaliran dinyatakan dalam bilangan perbandingan antara besarnya nilai aliran permukaan dengan curah hujan. Sebelum menghitung koefisien pengaliran, perlu diketahui luas peta tata guna lahan (Fattah, 2018). Untuk memudahkan dalam analisa maka digunakan *software arcgis*, dalam menentukan nilai koefisien pengaliran pada DAS dirumuskan dengan rumus sebagai berikut.

$$C = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + \dots + C_n \times A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots (6)$$

Keterangan:

$A_1, A_2, \dots dst.$ = Curah hujan jam ke t

$C_1, C_2, \dots dst.$ = Intensitas hujan

Hasil perhitungan koefisien pengaliran DAS Rejoso ditunjukkan pada tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8. Perhitungan Koefisien Pengaliran

Tata Guna Lahan	Luas (Ha)	Nilai Koefisien Pengaliran	Luas Koefisien Pengaliran
Hutan Bakau	18,13	0,6	10,88
Hutan Rimba	1411,84	0,6	847,11
Padang Rumput	33,91	0,6	20,34
Kebun	5339,00	0,8	4271,20
Pemukiman & Tempat Kegiatan	2106,87	0,95	2001,53
Persawahan	7008,41	0,56	3924,71
Sawah	468,53	0,56	262,37
Tadah Hujan			
Semak	4606,91	0,5	2303,45
Tegalan	14206,11	0,7	9944,28
Total	35199,70	Total	23585,87
Koefisien Pengaliran Gabungan			0,67

(sumber: hasil perhitungan, 2024)

Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif atau hujan *netto* adalah sebagian air dari hujan yang menjadi limpasan secara langsung (*direct run-off*) (Wibisono et al., 2023). Persamaan hujan *netto* dinyatakan sebagai berikut.

$$R_n = C \cdot R \dots (7)$$

Keterangan

R_n = Hujan efektif

C = Nilai koefisien aliran

R = Intensitas hujan

Hasil perhitungan hujan efektif DAS Rejoso dapat dilihat pada tabel 9 sebagai berikut.

Tabel 9. Perhitungan Hujan Efektif

Jam ke	Hujan Netto Periode Ulang (Tahun)					
	2	5	10	25	50	100
1	10,847	13,919	15,953	18,524	20,430	22,323
2	2,819	3,618	4,147	4,815	5,310	5,802
3	1,978	2,538	2,909	3,377	3,725	4,070
4	1,574	2,020	2,316	2,689	2,965	3,240
5	1,330	1,706	1,955	2,271	2,740	2,736
6	1,162	1,491	1,709	1,985	-1,047	2,392

(sumber: hasil perhitungan, 2024)

Kerapatan Sungai

Kerapatan sungai merupakan nilai yang menunjukkan seberapa banyak anak sungai dalam daerah aliran sungai (Utama, 2018). DAS Rejoso mempunyai luas 360,21 km² dan panjang sungai utama 15,36 km dan panjang sungai beserta anaknya 1004,14 km. Kerapatan sungai dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut) (Utama, 2018).

$$Dd = L/A \dots (8)$$

Keterangan:

Dd = Kerapatan sungai (km/km²)

L = Panjang sungai beserta anaknya (km)

A = Luas daerah aliran sungai (km²)

$$Dd = 1004,14/360,21$$

$$Dd = 2,7877 \text{ km/km}^2$$

Baseflow

Baseflow merupakan aliran dasar pada sungai. *Baseflow* dibagi menjadi aliran antara dan aliran dasar. Dalam hidrograf *baseflow* merupakan aliran yang berbentuk datar (Karina et al., 2019). *Baseflow* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Qb = 0,4715 \times A^{0,6444} \times D^{0,9430} \dots (9)$$

Keterangan

Qb = *Baseflow*

A = Luas daerah aliran sungai (km²)

D = Kerapatan sungai (km/km²)

$$Qb = 0,4715 \times 360,21^{0,6444} \times 2,7877^{0,9430}$$

$$Qb = 55,05 \text{ m}^3/\text{det}$$

Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Hidrograf satuan sintetik nakayasu adalah salah satu metode perhitungan debit banjir rencana. Metode nakayasu merupakan metode yang berbentuk hidrograf satuan yang terukur dengan penggunaan data curah hujan dan sungai sebagai parameter perhitungan (Yuliana, 2023). Rumus yang digunakan dalam analisa debit banjir menggunakan metode HSS Nakayasu yaitu sebagai berikut.

$$Q_{maks} = \frac{1}{3,6} \times A \times \frac{Ro}{(0,3 \times Tp \times T_{0,3})} \quad \dots (10)$$

Keterangan

- Q = Debit pada waktu puncak (m^3/det)
- Ro = Parameter hujan satuan (mm)
- A = Luas wilayah daerah aliran sungai

$$Tp = Tg + 0,8 \text{ tr} \quad \dots (11)$$

Tp adalah waktu tenggang yang dimulai dari permukaan hujan hingga puncak (jam)

$$Tr = 0,5 \text{ tg sampai dengan tg} \quad \dots (12)$$

$$T_{0,3} = \alpha \times Tg \quad \dots (13)$$

Tg adalah waktu diantara hujan sampai dengan debit puncak banjir (jam). Tg dihitung menggunakan ketentuan berikut.

Panjang sungai lebih dari 15 km

$$Tg = 0,40 + 0,058 \times L \quad \dots (14)$$

Panjang sungai kurang dari 15 km

$$Tg = 0,21 \times L^{0,7} \quad \dots (15)$$

Keterangan:

- Tr = Satuan waktu hujan (jam)
- α = 2, digunakan pada daerah pengaliran biasa
- α = 1,5; digunakan pada bagian naik hidrograf yang lambat dan turun dengan cepat
- α = 3, digunakan pada bagian hidrograf yang cepat dan turun secara lambat

Persamaan yang digunakan dalam pembuatan grafik hidrograf metode nakayasu dirumuskan dengan rumus berikut.

Kurva pada saat waktu naik

$$Qt = \left(\frac{t}{Tp}\right)^{2,4} Qp \quad \dots (16)$$

Qp = Nilai limpasan pada saat belum diketahui debit puncaknya (m^3)

t = Panjang sungai beserta anaknya (km)

Kurva pada saat waktu turun

Nilai: $Tp \leq t \leq Tp + T_{0,3}$

$$Qt = Qp \times 0,3^{\left(\frac{t-Tp}{T_{0,3}}\right)} \quad \dots (17)$$

Nilai: $Tp + T_{0,3} \leq t \leq Tp + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$

$$Qt = Qp \times 0,3^{\left(\frac{(t-Tp)+0,5 T_{0,3}}{(1,5 \times T_{0,3})}\right)} \quad \dots (18)$$

Nilai: $t > Tp + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$

$$Qt = Qp \times 0,3^{\left(\frac{t-Tp+1,5 T_{0,3}}{2 \times T_{0,3}}\right)} \quad \dots (19)$$

(Retnowati et al., 2015)

Hasil perhitungan ordinat hidrograf DAS Rejoso dapat dilihat pada tabel 10 sebagai berikut.

Tabel 10. Perhitungan Ordinat Hidrograf

t	Ordinat Debit (m^3/det)		
	$\alpha = 1,5$	$\alpha = 2$	$\alpha = 3$
0	0	0	0
1	6,87	5,48	3,91
2	36,24	28,93	20,62
3	21,89	20,21	16,66
4	11,76	12,68	12,21
5	7,76	8,40	8,94
6	5,13	6,16	6,60
7	3,42	4,51	5,36
8	2,51	3,31	4,36
9	1,84	2,51	3,54
10	1,35	1,99	2,88
11	0,99	1,58	2,34
12	0,72	1,25	1,93
13	0,53	0,99	1,65

(sumber: hasil perhitungan, 2024)

Ordinat debit yang tepat harus memiliki volume hidrograf yang sama atau mendekati dengan nilai hujan satuan yang ideal yaitu 1 mm (Junia et al., 2015). Perhitungan volume hidrograf dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$V = (Qt + Q_{t+1}) \times (T_t - T_{t-1}) \times 0,5 \times 3600 \quad \dots (20)$$

V = Nilai volume pada aliran hidrograf (mm)

Qt = Debit yang terjadi pada waktu t (m^3/det)

Q_{t+1} = Debit yang terjadi pada waktu $t + 1$ (m^3/det)

T_t = Waktu pada debit ke t (jam)

T_{t-1} = Waktu pada debit ke $t - 1$ (jam)

(Junia et al., 2015)

Hasil perhitungan volume ordinat hidrograf DAS Rejoso dapat dilihat pada tabel 11 berikut.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Volume Hidrograf

T	Volume (m^3)		
	$\alpha = 1,5$	$\alpha = 2$	$\alpha = 3$
0	0	0	0
1	77586,14	61943,77	44143,84
2	104637,20	88460,75	67095,24
3	60571,70	59207,06	51954,12
4	35138,26	37947,47	38071,61
5	23209,28	26207,00	27974,60
6	15392,92	19204,30	21525,69
7	10673,34	14072,78	17496,24
8	7821,35	10478,27	14221,07
9	5731,43	8112,36	11558,99
10	4199,95	6425,15	9395,23
11	3077,69	5088,85	7681,69
12	2255,31	4030,47	6438,87
13	953,77	1781,35	2969,71

Total volume (m ³)	351248,34	342959,58	320526,88
Luas Das (m ²)	360210000	360210000	360210000
Hujan satuan (mm)	0,98	0,95	0,89
Hujan satuan ideal (mm)	1	1	1
Selisih (%)	2,5	4,8	11

(sumber: hasil perhitungan, 2024)

Dari hasil perhitungan ketiga nilai alpha dapat dilihat rasio volume hujan satuan tidak sama dengan 1 mm. Maka dapat disimpulkan untuk ordinat debit yang cocok dengan karakteristik DAS yaitu ordinat debit yang menggunakan nilai $\alpha = 1,5$ karena mendekati nilai hujan ideal yaitu 1 mm.

Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimal yang ada di sungai yang telah ditentukan berdasarkan hasil perhitungan dan dapat mengalir tanpa membahayakan stabilitas bangunan air (Sarminingsih, 2018) Debit banjir rencana dapat dihitung menggunakan rumus berikut

$$Q_k = B_f + \sum_{i=1}^n U_i - P_{n-(t-1)} \dots(21)$$

U_i = Nilai ordinat debit hidrograf

P_n = Nilai hujan efektif

B_f = Baseflow

(Ramadani & Warsito, 2020)

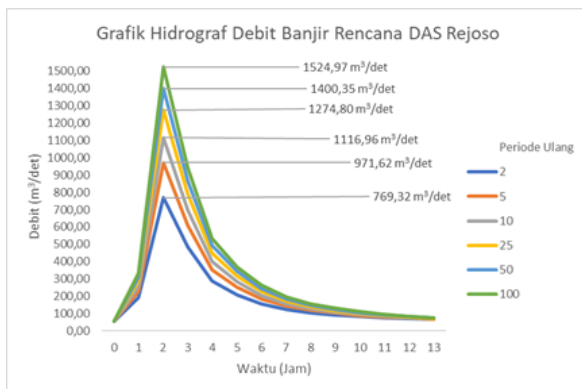
Hasil perhitungan debit banjir DAS Rejoso dapat dilihat pada tabel 12 berikut

Tabel 12. Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana DAS Rejoso

Jam	Periode Ulang					
	2	5	10	25	50	100
0	55,05	55,05	55,05	55,05	55,05	55,05
1	190,38	228,71	256,25	286,15	309,94	333,55
2	769,32	971,62	1116,96	1274,80	1400,35	1524,97
3	486,60	608,83	696,64	792,00	867,86	943,15
4	286,79	352,42	399,58	450,79	491,52	531,95
5	208,10	251,44	282,58	316,40	343,30	370,01
6	156,16	184,80	205,37	227,72	245,49	263,13
7	122,50	141,61	155,33	170,24	182,09	193,86
8	104,48	118,48	128,54	139,46	148,15	156,77
9	91,27	101,53	108,90	116,91	123,27	129,59
10	81,60	89,11	94,51	100,38	105,04	109,68
11	74,50	80,01	83,97	88,27	91,69	95,08
12	69,31	73,34	76,24	79,39	81,90	84,39
13	65,50	68,46	70,58	72,89	74,73	76,55
Q Puncak	769,32	971,62	1116,96	1274,80	1400,35	1524,97

(sumber: hasil perhitungan, 2024)

Hasil penelitian menyatakan bahwa debit puncak DAS Rejoso periode ulang 2 tahun adalah 769,32 m³/det. Pada periode 5 tahun yaitu 971,62 m³/det. Debit puncak periode ulang 10, 25 dan 50 tahun DAS Rejoso yaitu sebesar 1116,96 m³/det; 1274,80 m³/det, 1354,73 m³/det.



Gambar 4. Grafik Debit Banjir Rencana DAS Rejoso (sumber: hasil analisa, 2024)

Debit puncak DAS Rejoso periode 100 tahun yaitu 1524,97 m³/det. Dari hasil perhitungan tabel dapat diilustrasikan dalam bentuk grafik sebagai berikut. Debit banjir rencana DAS Rejoso mulai mengalami kenaikan debit pada jam 0 hingga jam ke 2. Sedangkan debit puncaknya terjadi pada jam ke 2. Dijam ke 3 debit banjir DAS Rejoso mulai terjadi penurunan debit sampai pada jam ke 13.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian dapat disimpulkan bahwa debit puncak DAS Rejoso periode ulang 2 tahun adalah 769,32 m³/det. Pada periode 5 tahun yaitu 971,62 m³/det. Debit puncak periode ulang 10, 25 dan 50 tahun DAS Rejoso yaitu sebesar 1116,96 m³/det, 1274,80 m³/det, 1400,35 m³/det. Debit puncak DAS Rejoso periode 100 tahun yaitu 1524,97 m³/det. Dengan hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam perencanaan dan pembangunan bangunan air, sehingga banjir di DAS Rejoso dapat terminimalisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M. (2024). *Tiga Desa di Winongan Pasuruan Banjir Luapan Sungai Rejoso*. <https://www.detik.com/jatim/berita/d-7211391/tiga-desa-di-winongan-pasuruan-banjir-luapan-sungai-rejoso>
- Dori, S. A. (2020). *Identifikasi Wilayah Rawan Genangan Banjir, Penyebab dan Upaya Penanggulangannya di Nagari Campago Kabupaten Padang Pariaman*. Universitas Andalas. <http://scholar.unand.ac.id/55790/>
- Fattah, S. M. R. (2018). *Analisis Penggunaan Metode HSS Nakayasu untuk Pengendalian Banjir Kelurahan Sei Sikambang C II Kecamatan Helvetia Kota Medan* [Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara]. <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/8632?show=full>
- Hendri, A. (2015). Analisis Metode Intensitas Hujan pada Stasiun Hujan Pasar Kampar Kabupaten Kampar. *Annual Civil Engineering Seminar*, 297–304. <https://tinyurl.com/Ahendry>
- Junaedi, M., & Hidayati, N. (2011). *Perencanaan Retarding Pond Kota Purwodadi* [Universitas Diponegoro]. eprints.undip.ac.id/34478/3/2194
- Junia, N., Fauzi, M., & Suprayogi, I. (2015). Kesesuaian Model Hidrograf Satuan Sintetik Studi Kasus Sub Daerah Aliran Sungai Siak Bagian Hulu. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Fakultas Teknik*, 2(1), 1–9. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEK/NIK/article/view/6432>
- Karina, F. V., Sukarno, S., & Hendratta, L. A. (2019). Kajian Teknis Model Pengambilan Air Berdasarkan Debit Andalan di Sungai Paniki. *Jurnal Sipil Statik*, 7(2), 251–256. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v2/index.php/js/article/view/22795>
- Maulidiyah, A. (2019). Studi Potensi Debit Run Off DAS Kali Welang Menggunakan Metode Simulasi Hujan-Limpasan FJ Mock. *Jurnal Konstruksi Sipil*, 7(1), 1–11. <https://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/konstruksi/article/view/2777>
- Iqbal, T. M. (2020). Tingkat Kerentanan Wilayah terhadap Banjir di Kecamatan Rumbai. *Garuda*, 1, 1–12. https://etd.uir.ac.id/index.php?p=show_detail&id=13436&keywords=
- Pramesti, M. Y., Asmaranto, R., & Fidari, J. S. (2023). Studi Evaluasi Saluran Drainase Terhadap Genangan Banjir di Kelurahan Blimbing Menggunakan Model EPA SWMM 5.1. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 3(2), 476–489. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2023.003.02.041>
- Ramadani, A., & Warsito, A. R. (2020). Studi Perencanaan Dimensi Tubuh Bendungan pada Bendungan Logung Kabupaten Kudus. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(1), 52–64. <https://jim.unisma.ac.id/index.php/ft/article/view/5624>
- Ramadi, T. (2023). *Analisis Kebutuhan Air Irigasi Menggunakan Cropwat 8.0 pada Daerah Irigasi Siulak Deras Kabupaten Kerinci*. Universitas Jambi. <https://repository.unja.ac.id/53351/>
- Retnowati, D., Lasminto, U., & Savitri, Y. R. (2015). Studi Pengendalian Banjir dan Genangan pada Sistem Drainase Kali Pucang Sidoarjo. *Jurnal Hidroteknik*, 1(1), 21. <https://doi.org/10.12962/jh.v1i1.1660>
- Saifudin, I., Suripin, S., & Suharyanto, S. (2017). *Kajian Respon Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Karakteristik Hidrologi DAS Garang* [Universitas Diponegoro]. <http://eprints.undip.ac.id/55640/>
- Saputra, L., Hariati, F., & Alimuddin, A. (2018). Analisis Kapasitas Sungai Ciparigi Terhadap Debit Banjir Kala Ulang. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 2(2), 100. <https://doi.org/10.32832/komposit.v2i2.1556>
- Sarminingsih, A. (2018). Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(1), 53–61. <https://doi.org/10.14710/jis.v.v.i.Y.585-595>
- Satriadi, I. (2017). Analisis Hidrograf Banjir Saluran Irigasi Cibalok Bogor. *Astonjadro*, 6(1), 49–59. <https://doi.org/10.32832/astonjadro.v6i1.2261>
- Suyanto, S., & Maulidiyah, A. (2023). Analisis Kapasitas Saluran Drainase Calung Dalam Penanganan Banjir Di Kota Pasuruan. *Composite: Journal of Civil Engineering*, 2(2), 44–55. <https://doi.org/10.26905/JTSC.V2I2.10925>
- Taqwa, F. M. L. (2017). Perencanaan Normalisasi Arus Sungai Cijere di Desa Pasirmukti Kec.

- Citeureup Kab. Bogor. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 1(2), 31–43. <https://doi.org/http://doi.org/10.32832/komposit.v1i2.1544>
- Utama, L. (2018). Kajian Morphometri Pada Daerah Aliran Sungai (Das) Batang Kuranji Terhadap Debit Banjir. *Frontiers: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(April). <https://doi.org/10.36412/frontiers/001035e1/april201801.07>
- Wibisono, G. R., Paranindya, A. A., Santosa, B., & Suwarno, D. (2023). Potensi Penurunan Debit Banjir Di Sungai Jragung Akibat Pembangunan Bendungan Jragung. *G-Smart*, 7(1), 45–54. <https://doi.org/10.24167/gsmart.v7i1.10079>
- Yuliana, Y. (2023). *Analisis Banjir Rancangan Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dan Metode Rasional pada DAS Pengabuan Kabupaten Tanjung Jabung Barat* [Universitas Jambi]. <https://repository.unja.ac.id/53186/>