

Pemetaan Banjir Kawasan Sungai Gajah Putih dan Evaluasi Kinerja Saluran Drainase RW 14, Sumber, Banjarsari, Surakarta

Flood Mapping in the Gajah Putih River Area and Evaluation of Drainage Channel Performance RW 14, Sumber, Banjarsari, Surakarta

Isma Nurul Fadhilah¹, Marita Putri Handayani¹, Mirza Ghulam Al-Farrasi¹, & Kusumaningdyah Nurul Handayani^{2*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jalan Ir. Sutami Nomor 36 A, Surakarta, Jawa Tengah 57126; ²Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jalan Ir. Sutami Nomor 36 A, Surakarta, Jawa Tengah 57126; *Penulis Korespondensi.

e-mail: kusumaningdyah_nh@staff.uns.ac.id
(Diterima: 20 April 2024; Disetujui: 24 Juli 2024)

ABSTRACT

Floods often occur due to river water overflowing to the surface. Flooding can also be caused by land development which increases surface runoff and impacts the drainage system. This can cause a decrease in the performance of the drainage channel. This research aims to map floods caused by runoff from the Gajah Putih River, and the performance of existing drainage channels in RW 14 Sumber, Banjarsari, Surakarta. The rain data used is rain data from the Pabelan, Mojolaban, and Baki rain stations from 2000 to 2019. The Gumbel method is used to analyze rain return periods, runoff discharge analyzed by using Rational Method. Runoff discharge is explained at return periods of 2, 5, and 10 years, producing discharges of 8.15 m³/s respectively; 9.76 m³/day; and 10.61 m³/day. Floods are mapped using HEC-RAS by conducting steady flow analysis. The results of the flood mapping of the Gajah Putih River showed that the area that experienced flooding at the return period of 2, 5 and 10 years respectively was 50,326.77 m²; 56,865.37 m²; 60,756.82 m². Drainage performance analysis compares hydrology and hydraulic calculations. The analysis resulted drainage performance in RW 14 Sumber show that at the 2 year discharge period, 34 types of channels are safe, and 11 types of channels require repair; in the 5 year discharge period, 30 types of channels are safe, and 15 types of channels require repair; at the 10 year discharge period, 25 types of channels are safe, and 20 types of channels require repair.

Keywords: flood mapping, HEC-RAS, evaluation, drainage channel, Surakarta.

ABSTRAK

Banjir sering kali terjadi akibat meluapnya air sungai ke permukaan. Banjir juga dapat disebabkan oleh lahan terbangun yang mempengaruhi peningkatan limpasan permukaan (*runoff*) dan berdampak pada sistem drainase. Hal ini dapat menyebabkan menurunnya kinerja saluran drainase. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan banjir akibat limpasan Sungai Gajah Putih, serta menganalisis kinerja saluran drainase eksisting di RW 14 Kelurahan Sumber, Banjarsari, Surakarta. Data hujan yang digunakan merupakan data hujan dari stasiun hujan Pabelan, Mojolaban, dan Baki rentang tahun 2000 hingga 2019. Metode Gumbel digunakan dalam menganalisis hujan rencana, sedangkan untuk menganalisis debit limpasan digunakan Metode Rasional. Debit limpasan dianalisis pada periode ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun, menghasilkan debit berturut-turut 8.15 m³/dt; 9.76 m³/dt; dan 10.61 m³/dt. Banjir dipetakan menggunakan HEC-RAS dengan melakukan analisis *steady*

flow. Hasil pemetaan banjir limpasan Sungai Gajah Putih didapatkan luasan daerah yang mengalami banjir pada debit kala ulang 2, 5, dan 10 tahun berturut-turut adalah 50,326.77 m²; 56,865.37 m²; 60,756.82 m². Analisis kinerja saluran drainase membandingkan perhitungan hidrologi dan hidraulika saluran. Hasil analisis kinerja drainase eksisting RW 14 Kelurahan Sumber menunjukkan bahwa pada debit kala ulang 2 tahun, terdapat 34 tipe saluran yang aman, dan 11 tipe saluran yang memerlukan perbaikan; pada debit kala ulang 5 tahun, terdapat 30 tipe saluran yang aman, dan 15 tipe saluran yang memerlukan perbaikan; pada debit kala ulang 10 tahun, terdapat 25 tipe saluran yang aman, dan 20 tipe saluran yang memerlukan perbaikan.

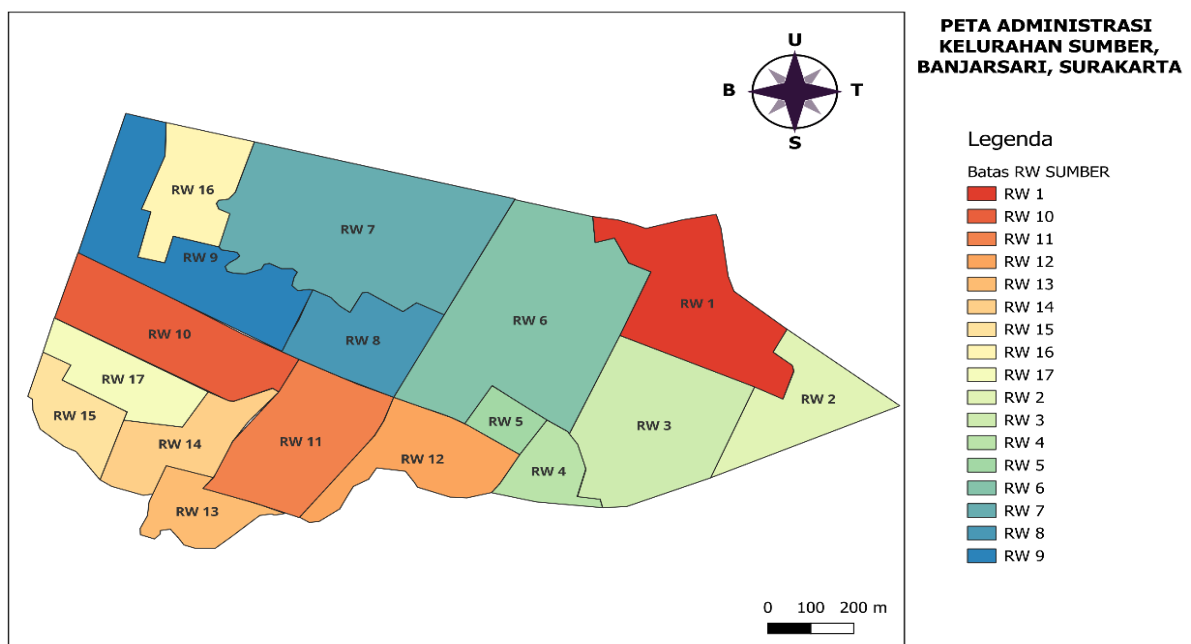
Kata kunci: evaluasi, HEC-RAS, pemetaan banjir, saluran drainase, Surakarta.

PENDAHULUAN

Air adalah sumber daya alam yang keberadaannya dibatasi oleh ruang (lokasi), mutu (kualitas), dan waktu (musim) (Limbond & Wulandari 2022). Perputaran air yang mengikuti siklus hidrologi menyebabkan terjadinya salah satu peristiwa yang dinamakan hujan. Hujan jika memiliki jumlah yang berlimpah mampu menyebabkan banjir, erosi, dan longsor (Auliyani & Wahyuningrum 2020). Banjir merupakan kondisi dimana terjadi peningkatan level air ke wilayah daratan yang biasanya kering (Bates, 2021). Faktor-faktor penyebab terjadinya banjir dapat dikategorikan menjadi beberapa hal, seperti kondisi daerah tangkapan hujan akibat urbanisasi (Nugroho & Handayani 2021), durasi dan intensitas hujan (Ginting, 2021), kondisi topografi (Syafitri &

Rochani, 2022), dan saluran drainase (Astuti & Sudarsono, 2018).

Indonesia mengalami bencana banjir sebanyak 351 kali di tahun 2023, dengan kejadian sebanyak 50 kali di Jawa menurut data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB, 2023). Salah satu daerah yang rawan terkena banjir adalah Kota Surakarta yang diakibatkan oleh luapan dari Sungai Bengawan Solo (Candraningtyas *et al.*, 2023). Pemerintah Kota Surakarta (2017) melalui website resmi pemerintahan menyatakan bahwa 25 dari 51 kelurahan di Surakarta merupakan daerah rawan banjir, salah satunya adalah Kelurahan Sumber, Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta. Daerah Kelurahan Sumber memiliki beberapa batas area dan aliran sungai yang dijadikan batasan wilayah administrasi. Peta Kelurahan Sumber dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Administrasi Kelurahan Sumber, Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta

Kelurahan Sumber terletak di antara pertemuan 3 sungai yaitu Sungai Gajah Putih, Sungai Sumber, dan Sungai Pepe yang ketiganya bermuara ke Sungai Bengawan Solo. Upaya pencegahan dan pengendalian banjir perlu dilakukan untuk menurunkan risiko kerugian jiwa dan harta benda (Gunawan *et al.*, 2020). Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengendalikan banjir adalah dengan merencanakan sistem drainase yang baik (Yulius, 2018), pembuatan lubang biopori (Sutandi *et al.*, 2013), penggunaan sumur resapan (Nurwidyaningrum *et al.*, 2023), dan normalisasi sungai (Cressendo *et al.*, 2023).

Peta genangan banjir berguna untuk menunjukkan kawasan-kawasan yang mungkin tergenang saat terjadi hujan. Peta tersebut nantinya dapat digunakan sebagai bahan edukasi dan peningkatan *awareness* masyarakat terkait bencana banjir yang mungkin terjadi. Percobaan visualisasi peta genangan banjir telah berhasil dilakukan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) (Matondang *et al.*, 2022). Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah teknologi spasial yang dapat digunakan untuk pemodelan bahaya banjir berdasarkan beberapa faktor penyebab banjir, seperti curah hujan, elevasi, tutupan lahan, dan jarak (Rakuasa *et al.*, 2023). Hasil yang didapatkan berupa peta kerawanan banjir dan prediksi kawasan warga yang akan terdampak bila banjir terjadi (Rakuasa & Latue, 2023).

Penggunaan SIG perlu disertai dengan model hidraulika untuk memprediksi profil banjir yang terjadi pada periode ulang tertentu (Demir & Kisi, 2016), salah satu model yang paling populer adalah HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's River Analysis System*) (Matondang *et al.*, 2022). HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's River Analysis System*) merupakan program yang dirancang untuk menganalisis profil permukaan air secara 1 dimensi atau 2 dimensi dengan simulasi aliran *steady* maupun *unsteady*.

Salah satu upaya penanganan banjir adalah dengan membangun saluran drainase yang memiliki prinsip eko-drainase. Aplikasi penggunaan eko-drainase berusaha

mengendalikan kelebihan air hujan dengan memaksimalkan penyerapan air ke dalam tanah (Idfi *et al.*, 2018). Penggunaan eko-drainase memiliki bermacam jenis, seperti kolam retensi, sumur resapan, sumur injeksi, dan lubang biopori (Dharsika *et al.*, 2022; Idfi *et al.*, 2018; Suleman *et al.*, 2023; Tamelan *et al.*, 2020).

Drainase merupakan rangkaian bangunan air berupa saluran yang bertujuan mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan (Yulius, 2018). Evaluasi kinerja saluran drainase dibutuhkan untuk mengukur kemampuan drainase dalam mengakomodasi air akibat hujan ke saluran yang lebih besar. Kinerja saluran drainase dapat dikatakan menurun jika kapasitasnya berkurang, yaitu akibat dari adanya sedimentasi, penumpukan sampah, jumlah dan dimensi inlet yang tidak memadai, serta kemiringan saluran yang tidak sesuai (Nabila Jifa *et al.*, 2019). Saluran drainase di kawasan RW 14 Kelurahan Sumber, Kota Surakarta dipilih karena merupakan daerah yang cukup padat penduduk sehingga tutupan lahan juga tinggi. Kawasan RW 14 Kelurahan Sumber berbatasan langsung dengan Sungai Gajah Putih, sehingga adanya kinerja drainase yang baik diperlukan agar air lebih cepat dialirkan ke sungai untuk minimalisasi genangan.

Tujuan penelitian ini adalah memetakan banjir di kawasan Sungai Gajah Putih menggunakan simulasi HEC-RAS serta mengevaluasi kinerja saluran drainase di RW 14 Kelurahan Sumber, sehingga dapat diidentifikasi potensi genangan akibat saluran drainase yang kurang efektif.

METODOLOGI

Penelitian berlokasi di Kelurahan Sumber, Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta. Pemetaan banjir dilakukan di daerah kawasan Sungai Gajah Putih, sedangkan penilaian kinerja drainase secara khusus bertempat di RW 14.

Pemetaan banjir dilakukan menggunakan bantuan *software* HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's River Analysis System*). Pemetaan banjir pada daerah aliran sungai

(DAS) Gajah Putih membutuhkan perhitungan hidrologi untuk mendapatkan debit periode ulang, yang nantinya akan digunakan sebagai input saat *running analysis*. Data curah hujan yang dipakai untuk analisis hidrologi merupakan data sekunder yang didapat dari stasiun hujan Baki, Mojolaban, dan Pabelan rentang waktu 20 tahun, yaitu tahun 2000 hingga 2019.

Analisis pemetaan banjir dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.

- 1) membuat peta daerah aliran sungai (DAS) Gajah Putih dengan SIG (Sistem Informasi Geografis),
- 2) menganalisis hujan harian maksimum tahunan dengan pengaruh masing-masing stasiun hujan,
- 3) menganalisis distribusi probabilitas menggunakan Metode Gumbel dan uji kecocokan distribusi dengan Metode Smirnov-Kolmogorov untuk mendapat nilai hujan rencana, analisis distribusi probabilitas Metode Gumbel dengan persamaan berikut (Kamiana, 2011),

$$X_T = \bar{X} + S_d \times K \quad (1)$$

dengan,

X_T : hujan/debit periode ulang T

\bar{X} : nilai rata-rata dari data hujan (X)

S_d : standar deviasi

K : faktor frekuensi Gumbel

- 4) menghitung waktu konsentrasi menggunakan metode Kirpich, analisis intensitas hujan dengan metode Mononobe dan debit periode ulang dengan metode Rasional (Triatmodjo, 2019),

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \quad (2)$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (3)$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (4)$$

dengan,

t_c : waktu konsentrasi (jam)

L : panjang lintasan air (km)

S : kemiringan dasar saluran

I : intensitas hujan (mm/jam)

C : koefisien aliran

A : luas daerah tangkapan (km²)

Q : debit banjir rancangan (m³/detik)

- 5) melakukan *running analysis* dengan input debit periode ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun pada HEC-RAS dengan skema aliran *steady*.

Analisis kinerja saluran drainase menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer berupa dimensi saluran drainase dengan survei langsung di lapangan. Data sekunder yang dipakai merupakan elevasi dan panjang saluran, diperoleh melalui pengukuran di Google Earth.

Tahapan analisis hidrolika saluran drainase adalah sebagai berikut.

- 1) survei dimensi saluran drainase eksisting di lapangan (nama saluran, dimensi, dan jenis), sedangkan nilai beda tinggi elevasi dan panjang saluran drainase diukur melalui Google Earth,
- 2) perhitungan hidrolika saluran drainase yang terdiri dari luas dan keliling penampang saluran, perhitungan jari-jari hidraulik, kecepatan aliran, serta debit aliran pada saluran dengan persamaan-persamaan sebagai berikut,

$$R = \frac{A}{P} \quad (5)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

$$Q_s = V \times A \quad (7)$$

dengan,

R : jari-jari hidraulika (m)

A : luas penampang basah (m²)

P : keliling penampang basah (m)

S : kemiringan dasar saluran

n : koefisien Manning

V : kecepatan aliran (m/detik)

Q_s : debit aliran pada saluran (m³/detik)

- 3) perhitungan selanjutnya adalah perhitungan hidrologi menggunakan Persamaan 1 hingga Persamaan 4,
- 4) kinerja saluran drainase dievaluasi dengan membandingkan debit yang diperoleh dari perhitungan hidraulika dan hidrologi, jika hasil perhitungan hidraulika lebih besar dari

hidrologi maka saluran eksisting dimensinya aman dari potensi luapan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pemetaan Banjir

Perhitungan hidrologi saluran dilakukan menggunakan data curah hujan selama 20 tahun (2000 hingga 2019) dari pos hujan Pabelan, Mojolaban, dan Baki. Peta DAS Gajah Putih dihasilkan dari GIS dengan koefisien Thiessen masing-masing pos hujan yaitu Pabelan = 0.5291; Mojolaban = 0.2823; dan Baki = 0.1886.

Tabel 1. Hujan harian maksimum tahunan

Tahun	Curah Hujan (mm)	Tahun	Curah Hujan (mm)
2000	62.89	2010	57.88
2001	77.08	2011	80.95
2002	51.76	2012	75.31
2003	53.84	2013	64.51
2004	71.59	2014	99.83
2005	65.90	2015	99.80
2006	61.49	2016	73.01
2007	110.87	2017	64.13
2008	67.61	2018	44.88
2009	88.90	2019	74.60

Data hujan kemudian diuji parameter statistik dengan metode Gumbel dan diuji kecocokan distribusinya menggunakan metode Smirnov-Kolmogorof dengan persamaan (1). Hujan rancangan yang dihitung dengan metode Gumbel disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hujan rancangan

Kala Ulang (Tr)	R _{rencangan} (mm)
2	72.34
5	86.68
10	94.17

Panjang sungai Gajah Putih adalah sepanjang 3.91 km dengan beda elevasi antara hulu dan hilir yaitu 10 m. Menggunakan persamaan (2) maka didapat waktu konsentrasi hujan sebesar 1.89 jam atau 113.2 menit. Besaran intensitas hujan dihitung menggunakan persamaan (3).

Tabel 3. Intensitas hujan

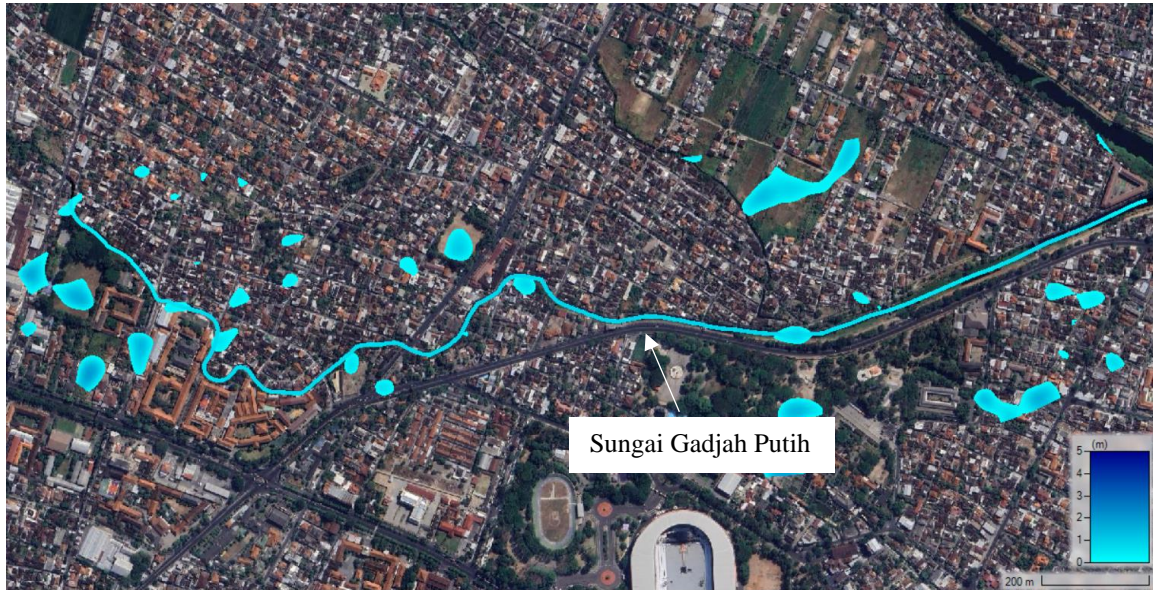
Kala Ulang (Tr)	Intensitas Hujan (mm/jam)
2	16.43
5	19.68
10	21.38

Debit rancangan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun diperoleh dengan menggunakan persamaan (4), dengan nilai luas DAS sebesar 2.38 km². Nilai koefisien tutupan lahan (C) yang dipakai sebesar 0.75 untuk daerah perkotaan.

Tabel 4. Debit periode ulang

Kala Ulang (Tr)	Debit (m ³ /detik)
2	8.15
5	9.76
10	10.61

Hasil perhitungan debit periode ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun disimulasikan pada program HEC-RAS untuk mengetahui luas daerah banjir dan ketinggian banjirnya. Gambar 2 menampilkan daerah di sekitar Sungai Gajah Putih yang berpotensi mengalami banjir, dengan ketinggian banjir maksimum hasil analisis sebesar 2 m.



Gambar 2. Kawasan di sekitar Sungai Gajah Putih yang berpotensi banjir hasil analisis HEC-RAS

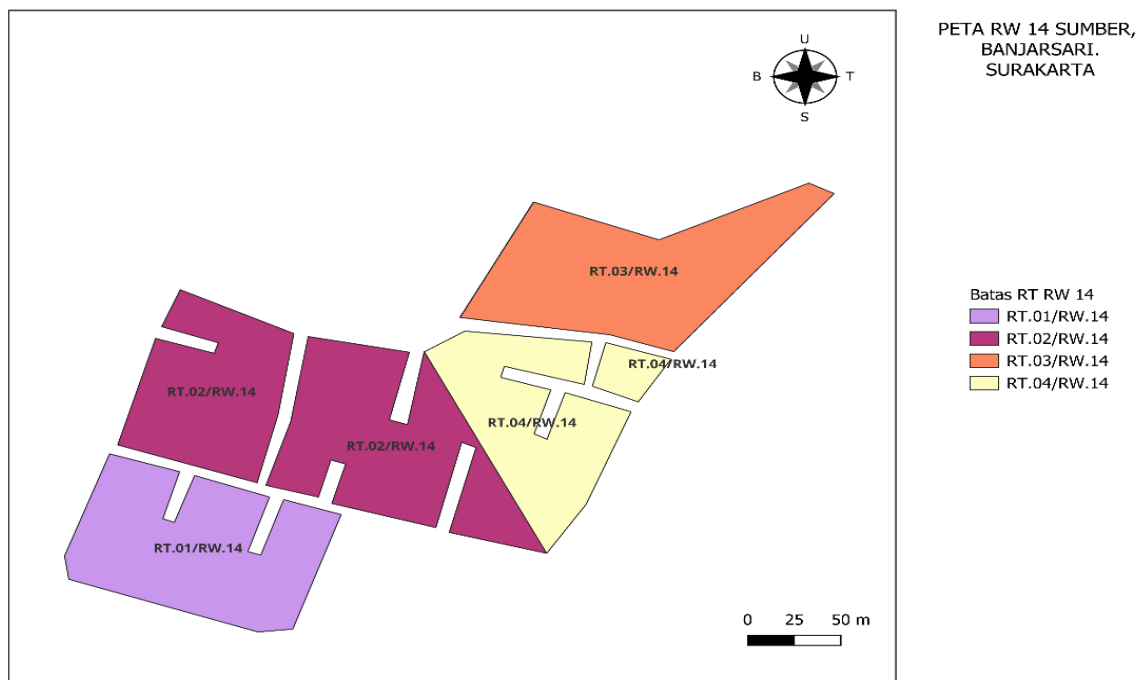
Pemodelan pada HEC-RAS dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun menghasilkan luas area banjir yang berbeda-beda, seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Debit periode ulang

Kala Ulang (th)	Luas Area Banjir (m ²)		Total
	Kedalaman < 1 m	Kedalaman 1 – 2 m	
2	44,139.83	6,186.94	50,326.77
5	49,837.76	7,027.61	56,865.37
10	53,360.24	7,396.58	60,756.82

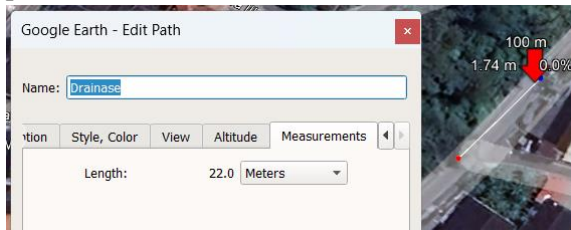
b. Evaluasi Kinerja Saluran Drainase

Evaluasi kinerja saluran drainase dilakukan secara khusus di RW 14 Kelurahan Sumber, yang terdiri dari 4 rukun tetangga (RT) seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Survei secara langsung di lapangan dan melalui Google Earth terkait dimensi, panjang saluran, dan kemiringan drainase disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

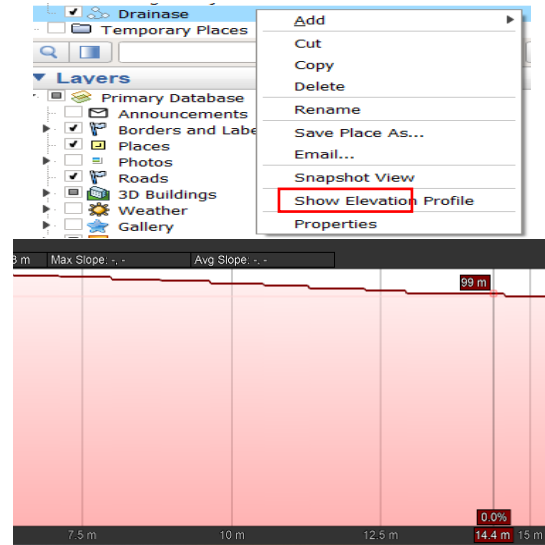


Gambar 3. Peta RW.14 Kelurahan Sumber, Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta

Pengukuran panjang saluran dan elevasi saluran pada Google Earth menggunakan tools bernama "Add Path", kemudian digambarkan garis sesuai dengan saluran drainase eksisting, secara otomatis pada kolom "Measurements" akan terukur panjang saluran, seperti pada Gambar 4. Pengukuran elevasi juga menggunakan metode yang sama, menggunakan perintah "Show Elevation Profile", maka akan terdeteksi elevasi saluran drainasenya, seperti pada Gambar 5.

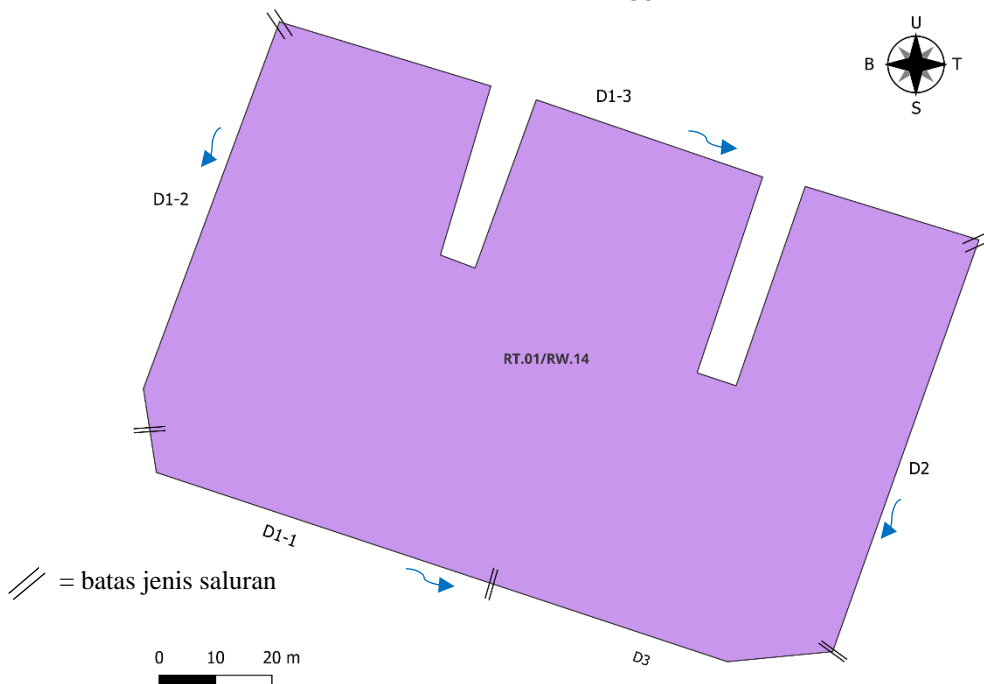


Gambar 4. Pengukuran panjang saluran pada Google Earth

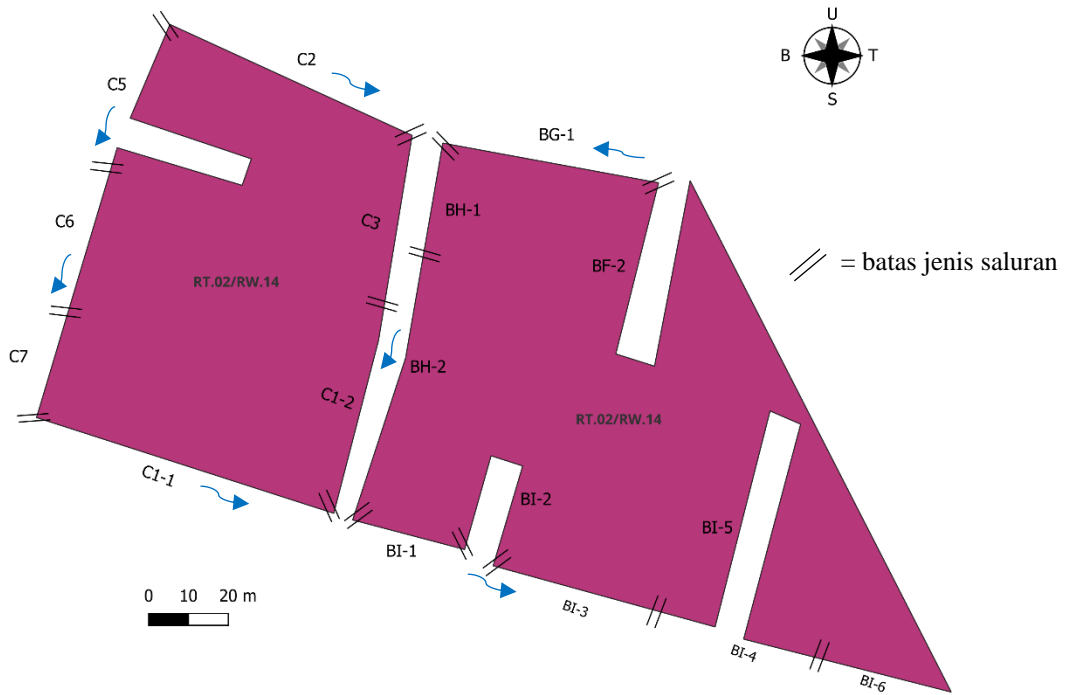


Gambar 5. Pengukuran elevasi saluran pada Google Earth

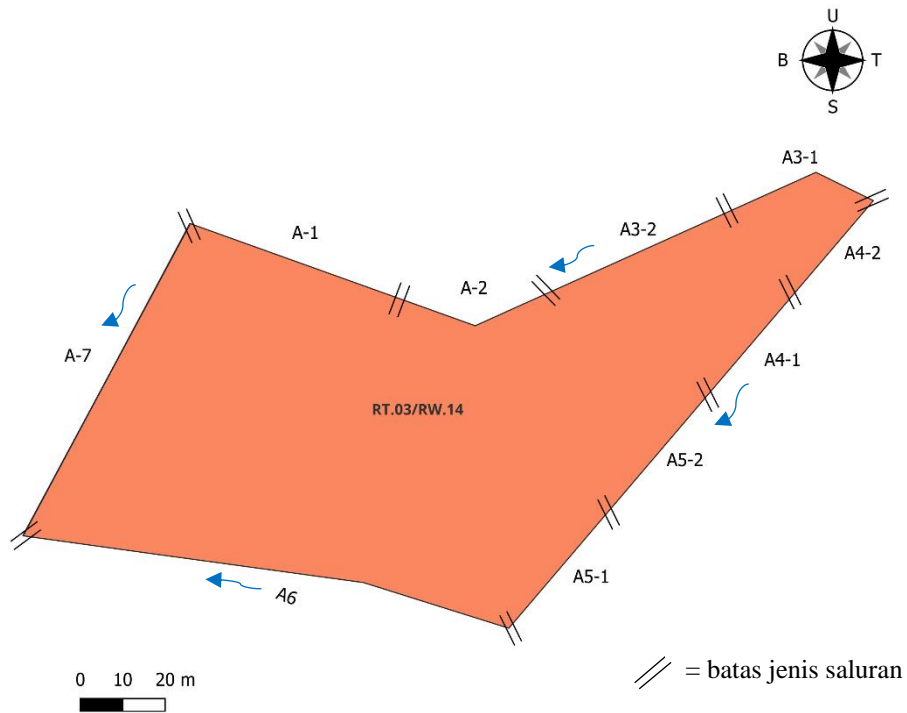
Wilayah drainase RW 14 Kelurahan Sumber dibagi menjadi 4 bagian dan diberi kode A, B, C, dan D. Saluran drainase terbagi menjadi 45 saluran. Detail saluran drainase di RT.01 hingga RT.04 ditunjukkan pada Gambar 6 hingga Gambar 9.



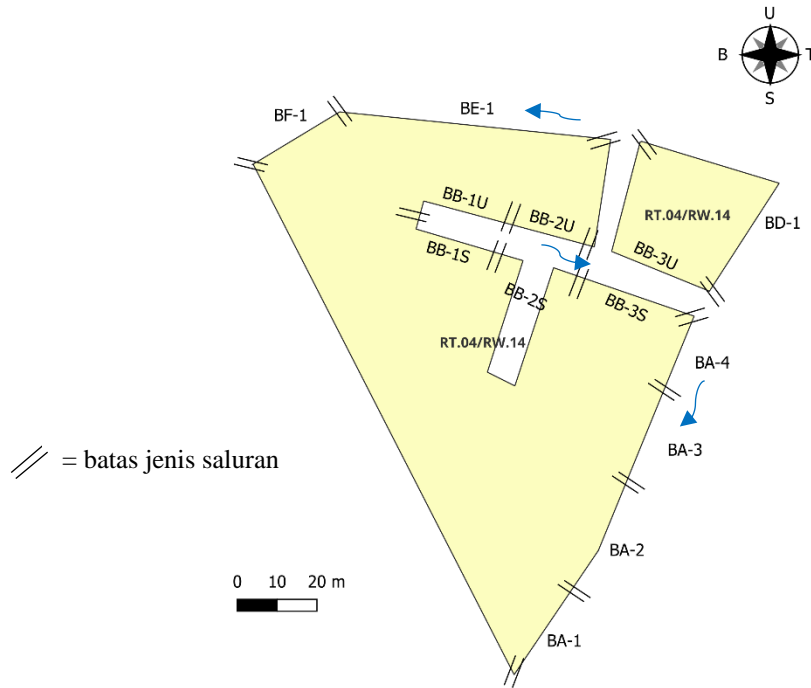
Gambar 6. Detail Peta Drainase RT.01/RW.14, Kelurahan Sumber, Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta



Gambar 7. Detail Peta Drainase RT.02/RW.14, Kelurahan Sumber, Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta



Gambar 8. Detail Peta Drainase RT.03/RW.14, Kelurahan Sumber, Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta



Gambar 9. Detail Peta Drainase RT.04/RW.14, Kelurahan Sumber, Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta

Tabel 6. Dimensi dan Tipe Saluran Drainase

Lokasi RT/RW	Nama	Panjang* (m)	Kedalaman* (m)	Lebar**		Luas Penampang (m ²)	Keliling Penampang (m)	Tipe**
				Bawah (m)	Atas (m)			
03/14	A1	44.0	0.43	0.78	0.52	0.28	1.60	Trapesium
03/14	A2	24.5	0.26	0.20	0.20	0.05	0.72	"U"
03/14	A3-1	37.5	0.56	0.67	0.67	0.38	1.79	Persegi
03/14	A3-2	61.5	0.13	0.41	0.41	0.05	0.67	"U"
03/14	A4-1	38.6	0.23	0.46	0.46	0.11	0.92	Persegi
03/14	A4-2	46.0	0.06	0.14	0.14	0.01	0.26	"U"
03/14	A5-1	25.1	0.27	0.52	0.52	0.14	1.06	Persegi
03/14	A5-2	19.7	0.10	0.12	0.12	0.01	0.32	"U"
03/14	A6	119.0	0.20	0.26	0.26	0.05	0.66	Persegi
03/14	A7	84.2	0.22	0.30	0.30	0.07	0.74	Persegi
04/14	BA-1	30.0	0.26	0.31	0.31	0.08	0.83	Persegi
04/14	BA-2	17.8	0.09	0.26	0.26	0.02	0.44	Persegi
04/14	BA-3	16.0	0.08	0.05	0.05	0.004	0.21	Persegi
04/14	BA-4	42.7	0.23	0.36	0.36	0.08	0.82	Persegi
04/14	BB-1U	24.8	0.13	0.29	0.29	0.04	0.55	Persegi
04/14	BB-1S	20.9	0.13	0.29	0.29	0.04	0.55	Persegi
04/14	BB-2U	19.4	0.23	0.23	0.23	0.05	0.69	Persegi
04/14	BB-2S	25.7	0.23	0.23	0.23	0.05	0.69	Persegi
04/14	BB-3U	21.4	0.23	0.23	0.23	0.05	0.69	Persegi
04/14	BB-3S	32.0	0.32	0.46	0.46	0.15	1.10	Persegi
04/14	BC-1	24.0	0.13	0.11	0.11	0.01	0.37	Persegi
04/14	BC-2	23.0	0.20	0.20	0.20	0.04	0.60	Persegi
04/14	BD-1	26.6	0.31	0.26	0.26	0.08	0.88	Persegi
04/14	BF-2	239.0	0.40	0.30	0.30	0.12	1.10	Persegi
02/14	BG-1	55.8	0.28	0.30	0.30	0.08	0.86	Persegi
02/14	BH-1	50.6	0.21	0.33	0.33	0.07	0.75	Persegi
02/14	BH-2	43.9	0.21	0.33	0.33	0.07	0.75	Persegi
02/14	BI-1	30.2	0.70	0.55	0.55	0.39	1.95	Persegi
02/14	BI-2	46.0	0.60	0.50	0.50	0.30	1.70	Persegi
02/14	BI-3	32.6	0.41	0.15	0.15	0.06	0.97	Persegi

Lokasi RT/RW	Nama	Panjang* (m)	Kedalaman* (m)	Lebar**		Luas Penampang (m ²)	Keliling Penampang (m)	Tipe**
				Bawah (m)	Atas (m)			
02/14	BI-4	36.3	0.44	0.45	0.45	0.20	1.33	Persegi
02/14	BI-6	53.9	0.38	0.36	0.36	0.14	1.12	Persegi
02/14	C1-1	73.2	0.25	0.30	0.30	0.08	0.80	Persegi
02/14	C1-2	51.0	0.25	0.30	0.30	0.08	0.80	Persegi
02/14	C2	65.5	0.40	0.30	0.30	0.12	1.10	Persegi
02/14	C3	44.6	0.20	0.25	0.25	0.05	0.65	Persegi
02/14	C4	57.5	0.07	0.20	0.20	0.01	0.34	Persegi
02/14	C5	27.0	0.20	0.30	0.30	0.06	0.70	Persegi
02/14	C6	62.3	0.25	0.30	0.30	0.08	0.80	Persegi
02/14	C7	80.8	0.70	0.35	0.35	0.25	1.75	Persegi
01/14	D1-1	75.0	0.40	0.30	0.30	0.12	1.10	"U"
01/14	D1-2	79.7	0.40	0.30	0.30	0.12	1.10	Persegi
01/14	D1-3	124.0	0.40	0.30	0.30	0.12	1.10	Persegi
01/14	D2	71.9	0.65	0.60	0.60	0.39	1.90	Persegi
01/14	D3	44.5	0.60	0.85	0.85	0.51	2.05	Persegi

Catatan:

* : data sekunder diambil dari Google Earth

** : data primer diambil dari survei di lokasi

Analisis kapasitas saluran kemudian dilanjutkan dengan menghitung kemiringan saluran, jari-jari hidraulis dan kecepatan aliran, hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan nilai debit yang dapat ditampung oleh saluran eksisting. Nilai koefisien Manning (n) yang

digunakan senilai 0.02. Rekapitulasi perhitungan disajikan pada Tabel 7. Lalu rekapitulasi hasil perhitungan debit periode ulang pada Tabel 8.

Tabel 7. Perhitungan hidraulika saluran

Nama Saluran	Elevasi*		Kemiringan Dasar*	Jari-Jari Hidraulis (m)	Kecepatan Aliran (m/dt)	Debit Saluran (m ³ /dt)
	Hulu (mdpl)	Hilir (mdpl)				
A1	100	101	0.0227	0.1747	2.3557	0.6584
A2	101	100	0.0408	0.0722	1.7519	0.0911
A3-1	100	99.5	0.0133	0.2096	2.0373	0.7644
A3-2	99.5	99	0.0081	0.0796	0.8339	0.0444
A4-1	99	99.5	0.0130	0.1150	1.3457	0.1424
A4-2	99.5	100	0.0109	0.0323	0.5288	0.0044
A5-1	100	100.5	0.0199	0.1325	1.8337	0.2574
A5-2	100.5	101	0.0254	0.0375	0.8924	0.0107
A6	100	101	0.0084	0.0788	0.8424	0.0438
A7	100	99	0.0119	0.0892	1.0877	0.0718
BA-1	100	100.25	0.0083	0.0971	0.9643	0.0777
BA-2	100.25	100.5	0.0140	0.0532	0.8380	0.0196
BA-3	100.5	100.75	0.0156	0.0190	0.4458	0.0018
BA-4	100.75	101	0.0059	0.1010	0.8296	0.0687
BB-1U	102	101.5	0.0202	0.0685	1.1891	0.0448
BB-1S	102	101	0.0478	0.0685	1.8318	0.0691
BB-2U	101.5	101	0.0258	0.0767	1.4486	0.0766
BB-2S	101	100.5	0.0195	0.0767	1.2586	0.0666
BB-3U	102	99	0.1402	0.0767	3.3785	0.1787
BB-3S	100.5	100	0.0156	0.1338	1.6351	0.2407
BC-1	102	101	0.0417	0.0386	1.1667	0.0167
BC-2	102	101	0.0435	0.0667	1.7141	0.0686
BD-1	100	99	0.0376	0.0916	1.9698	0.1588
BF-2	102	100	0.0084	0.1091	1.0443	0.1253
BG-1	100	102	0.0358	0.0977	2.0077	0.1686

Nama Saluran	Elevasi*		Kemiringan Dasar*	Jari-Jari Hidraulis (m)	Kecepatan Aliran (m/dt)	Debit Saluran (m ³ /dt)
	Hulu (mdpl)	Hilir (mdpl)				
BH-1	100	103	0.0593	0.0924	2.4883	0.1724
BH-2	103	101	0.0456	0.0924	2.1812	0.1512
BI-1	101	100	0.0331	0.1974	3.0850	1.1877
BI-2	101	100	0.0217	0.1765	2.3194	0.6958
BI-3	100	101	0.0307	0.0634	1.3924	0.0856
BI-4	101	100.5	0.0138	0.1489	1.6483	0.3264
BI-6	100.5	100	0.0093	0.1221	1.1855	0.1622
C1-1	101	102	0.0137	0.0938	1.2060	0.0905
C1-2	102	103	0.0196	0.0938	1.4449	0.1084
C2	101	100	0.0153	0.1091	1.4105	0.1693
C3	103	101	0.0448	0.0769	1.9151	0.0958
C4	102	101	0.0174	0.0412	0.7863	0.0110
C5	101	102	0.0370	0.0857	1.8706	0.1122
C6	102	103	0.0161	0.0938	1.3073	0.0980
C7	102	101	0.0124	0.1400	1.4997	0.3674
D1-1	100	99	0.0133	0.1091	1.3182	0.1582
D1-2	100	101	0.0125	0.1091	1.2787	0.1534
D1-3	101	100	0.0081	0.1091	1.0251	0.1230
D2	101	100	0.0139	0.2053	2.0519	0.8002
D3	101	100	0.0225	0.2488	2.9648	1.5121

Catatan:

* : data sekunder diambil dari Google Earth

** : data primer diambil dari survei di lokasi

Tabel 8. Debit periode ulang 2, 5, dan 10 tahun

Nama Saluran	t_c (jam)	Intensitas (mm/jam)			Luas Daerah Tangkapan (km ²)	Debit Periode Ulang (m ³ /dt)		
		2 Th	5 Th	10 Th		2 Th	5 Th	10 Th
A1	0.026	287.99	345.07	374.89	0.0014	0.0814	0.0975	0.1059
A2	0.013	452.05	541.63	588.45	0.0008	0.0737	0.0884	0.0960
A3-1	0.028	272.63	326.66	354.89	0.0019	0.1063	0.1274	0.1384
A3-2	0.049	186.27	223.19	242.48	0.0019	0.0727	0.0870	0.0946
A4-1	0.029	266.63	319.47	347.08	0.0010	0.0557	0.0668	0.0725
A4-2	0.035	232.94	279.11	303.23	0.0010	0.0487	0.0583	0.0634
A5-1	0.018	371.39	444.99	483.45	0.0013	0.0989	0.1185	0.1287
A5-2	0.013	447.55	536.24	582.59	0.0013	0.1192	0.1428	0.1551
A6	0.081	133.87	160.40	174.26	0.0021	0.0591	0.0708	0.0770
A7	0.054	174.72	209.35	227.44	0.0018	0.0660	0.0791	0.0860
BA-1	0.028	270.97	324.68	352.74	0.0006	0.0335	0.0401	0.0436
BA-2	0.015	405.03	485.30	527.25	0.0005	0.0381	0.0456	0.0495
BA-3	0.014	439.68	526.82	572.36	0.0007	0.0606	0.0727	0.0789
BA-4	0.042	206.48	247.40	268.79	0.0006	0.0274	0.0329	0.0357
BB-1U	0.017	374.84	449.13	487.95	0.0005	0.0355	0.0425	0.0462
BB-1S	0.011	510.89	612.14	665.05	0.0007	0.0740	0.0886	0.0963
BB-2U	0.013	452.87	542.62	589.52	0.0003	0.0309	0.0370	0.0402
BB-2S	0.018	364.69	436.97	474.74	0.0008	0.0636	0.0762	0.0828
BB-3U	0.007	665.10	796.90	865.78	0.0005	0.0633	0.0759	0.0824
BB-3S	0.023	308.04	369.09	400.99	0.0007	0.0472	0.0565	0.0614
BC-1	0.013	459.28	550.30	597.87	0.0033	0.3165	0.3792	0.4119
BC-2	0.012	474.58	568.63	617.78	0.0033	0.3270	0.3918	0.4257
BD-1	0.014	424.31	508.40	552.34	0.0047	0.4173	0.5000	0.5432
BF-2	0.139	93.48	112.01	121.69	0.0058	0.1133	0.1358	0.1475
BG-1	0.026	286.55	343.34	373.01	0.0014	0.0815	0.0976	0.1061
BH-1	0.020	342.85	410.80	446.31	0.0017	0.1219	0.1461	0.1587
BH-2	0.020	344.67	412.98	448.68	0.0012	0.0845	0.1012	0.1099
BI-1	0.017	384.80	461.06	500.91	0.0004	0.0326	0.0391	0.0425

Nama Saluran	t_c (jam)	Intensitas (mm/jam)			Luas Daerah Tangkapan (km ²)	Debit Periode Ulang (m ³ /dt)		
		2 Th	5 Th	10 Th		2 Th	5 Th	10 Th
BI-2	0.027	278.30	333.46	362.28	0.0009	0.0533	0.0638	0.0694
BI-3	0.018	362.80	434.70	472.27	0.0009	0.0677	0.0811	0.0882
BI-4	0.027	279.54	334.94	363.89	0.0032	0.1865	0.2235	0.2428
BI-6	0.042	206.18	247.04	268.40	0.0009	0.0389	0.0466	0.0506
C1-1	0.046	194.61	233.18	253.33	0.0019	0.0771	0.0924	0.1003
C1-2	0.030	257.05	307.99	334.61	0.0016	0.0852	0.1021	0.1109
C2	0.041	212.00	254.01	275.97	0.0011	0.0482	0.0577	0.0627
C3	0.020	340.50	407.98	443.24	0.0005	0.0333	0.0399	0.0433
C4	0.035	234.37	280.81	305.09	0.0005	0.0239	0.0286	0.0311
C5	0.015	419.46	502.59	546.03	0.0003	0.0240	0.0288	0.0313
C6	0.038	220.34	264.00	286.82	0.0009	0.0418	0.0501	0.0544
C7	0.052	180.36	216.10	234.78	0.0017	0.0648	0.0777	0.0844
D1-1	0.048	191.00	228.86	248.64	0.0018	0.0732	0.0877	0.0953
D1-2	0.051	182.27	218.39	237.27	0.0015	0.0552	0.0661	0.0718
D1-3	0.085	129.69	155.39	168.82	0.0035	0.0950	0.1138	0.1236
D2	0.045	197.31	236.42	256.85	0.0013	0.0516	0.0618	0.0672
D3	0.026	285.50	342.08	371.65	0.0005	0.0311	0.0373	0.0405

Hasil perhitungan hidraulika debit saluran kemudian dibandingkan dengan debit periode ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun. Saluran drainase eksisting dapat dikatakan aman dan dapat menampung besaran hujan yang terjadi jika debit saluran eksisting lebih besar dari debit

periode ulang. Hasil rekapitulasi perbandingan debit saluran dengan debit periode ulang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Evaluasi saluran drainase

Nama Saluran	Debit Saluran Eksisting (m ³ /dt)	Debit Periode Ulang (m ³ /dt)			Kesimpulan		
		2 Th	5 Th	10 Th	2 Th	5 Th	10 Th
A1	0.6584	0.0814	0.0975	0.1059	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
A2	0.0911	0.0737	0.0884	0.0960	Memenuhi	Memenuhi	Perlu Perbaikan
A3-1	0.7644	0.1063	0.1274	0.1384	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
A3-2	0.0444	0.0727	0.0870	0.0946	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan
A4-1	0.1424	0.0557	0.0668	0.0725	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
A4-2	0.0044	0.0487	0.0583	0.0634	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan
A5-1	0.2574	0.0989	0.1185	0.1287	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
A5-2	0.0107	0.1192	0.1428	0.1551	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan
A6	0.0438	0.0591	0.0708	0.0770	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan
A7	0.0718	0.0660	0.0791	0.0860	Memenuhi	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan
BA-1	0.0777	0.0335	0.0401	0.0436	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
BA-2	0.0196	0.0381	0.0456	0.0495	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan
BA-3	0.0018	0.0606	0.0727	0.0789	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan
BA-4	0.0687	0.0274	0.0329	0.0357	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
BB-1U	0.0448	0.0355	0.0425	0.0462	Memenuhi	Memenuhi	Perlu Perbaikan
BB-1S	0.0691	0.0740	0.0886	0.0963	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan

Nama Saluran	Debit Saluran Eksisting (m ³ /dt)	Debit Periode Ulang (m ³ /dt)			Kesimpulan		
		2 Th	5 Th	10 Th	2 Th	5 Th	10 Th
BB-2U	0.0766	0.0309	0.0370	0.0402	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
BB-2S	0.0666	0.0636	0.0762	0.0828	Memenuhi	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan
BB-3U	0.1787	0.0633	0.0759	0.0824	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
BB-3S	0.2407	0.0472	0.0565	0.0614	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
BC-1	0.0167	0.3165	0.3792	0.4119	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan
BC-2	0.0686	0.3270	0.3918	0.4257	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan
BD-1	0.1588	0.4173	0.5000	0.5432	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan
BF-2	0.1253	0.1133	0.1358	0.1475	Memenuhi	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan
BG-1	0.1686	0.0815	0.0976	0.1061	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
BH-1	0.1724	0.1219	0.1461	0.1587	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
BH-2	0.1512	0.0845	0.1012	0.1099	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
BI-1	1.1877	0.0326	0.0391	0.0425	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
BI-2	0.6958	0.0533	0.0638	0.0694	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
BI-3	0.0856	0.0677	0.0811	0.0882	Memenuhi	Memenuhi	Perlu Perbaikan
BI-4	0.3264	0.1865	0.2235	0.2428	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
BI-6	0.1622	0.0389	0.0466	0.0506	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
C1-1	0.0905	0.0771	0.0924	0.1003	Memenuhi	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan
C1-2	0.1084	0.0852	0.1021	0.1109	Memenuhi	Memenuhi	Perlu Perbaikan
C2	0.1693	0.0482	0.0577	0.0627	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
C3	0.0958	0.0333	0.0399	0.0433	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
C4	0.0110	0.0239	0.0286	0.0311	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan	Perlu Perbaikan
C5	0.1122	0.0240	0.0288	0.0313	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
C6	0.0980	0.0418	0.0501	0.0544	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
C7	0.3674	0.0648	0.0777	0.0844	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
D1-1	0.1582	0.0732	0.0877	0.0953	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
D1-2	0.1534	0.0552	0.0661	0.0718	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
D1-3	0.1230	0.0950	0.1138	0.1236	Memenuhi	Memenuhi	Perlu Perbaikan
D2	0.8002	0.0516	0.0618	0.0672	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
D3	1.5121	0.0311	0.0373	0.0405	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi

Perbandingan debit saluran eksisting dengan debit periode ulang pada Tabel 9 menunjukkan bahwa beberapa saluran dari saluran A hingga D masih memerlukan adanya perbaikan berupa perubahan dimensi maupun kedalaman. Beberapa saluran debit eksistingnya masih memenuhi debit banjir di kala ulang 2 tahun, tetapi tidak memenuhi jika banjir yang terjadi diakibatkan oleh kala ulang lainnya. Tabel 9 menunjukkan semakin besar hujan maupun debit yang terjadi, semakin besar genangan yang ditimbulkan, sehingga kapasitas saluran menjadi tidak mampu untuk

menampung dan nantinya akan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mengalirkan air ke saluran pembawa.

Saluran yang memerlukan perbaikan jika banjir yang terjadi merupakan banjir rencana kala ulang 2 tahun sebanyak 11 saluran, yaitu saluran A3-2, A4-2, A5-2, A6, BA-2, BA-3, BB-1S, BC-1, BC-2, BD-1, dan C4, sedangkan sisanya sebanyak 34 saluran debit eksistingnya masing memenuhi debit banjir kala ulang 2 tahun. Saluran yang memerlukan perbaikan jika banjir kala ulang 5 tahun terjadi sebanyak 15 saluran, yaitu A3-2, A4-2, A5-2, A6, A7, BB-

2S, BF-2, BA-2, BA-3, BB-1S, BC-1, BC-2, BD-1, C1-1 dan C4, saluran lain sebanyak 30 saluran masih mampu menampung debit banjir yang terjadi. Saluran yang tidak mampu menampung debit banjir kala ulang 10 tahun terdapat 20 tipe, yaitu 15 saluran, yaitu A2, A3-2, A4-2, A5-2, A6, A7, BB-1U, BB-2S, BF-2, BA-2, BA-3, BB-1S, BC-1, BC-2, BD-1, BI-3, C1-1, C1-2, C4, dan D1-3.

Kawasan RT 01 RW 14, terdapat hanya 1 dari 5 saluran yang debitnya tidak memenuhi debit banjir kala ulang 10 tahun yaitu saluran D1-3. Saluran drainase di kawasan RT 02 RW 14 terdapat 4 dari 16 saluran yaitu BI-3, CI-1, CI-2, dan C4 yang tidak memenuhi debit yang terjadi. Saluran A2, A3-2, A4-2, A5-2, A6, dan A-7 merupakan 6 dari 10 saluran yang berada di kawasan RT 03 RW 14. Analisis kinerja drainase menghasilkan 60% dari saluran drainase di kawasan RT 03 RW 14 tidak mampu menampung air hujan dan berpotensi membuat genangan. Daerah RT 04 RW 14 memiliki 8 dari total 14 (57.14%) saluran drainase yang tidak memenuhi batas aman, yaitu saluran BA-2, BA-3, BB-1U, BB-1S, BB-2S, BC-1, BC-2, BD-1, dan BF-2.

KESIMPULAN

Analisis pemetaan kawasan banjir dan kinerja saluran drainase menghasilkan kesimpulan sebagai berikut. Analisis hidrologi menghasilkan debit periode ulang 2, 5, dan 10 tahun berturut-turut sebesar 8.15 m³/detik; 9.76 m³/detik; dan 10.61 m³/detik.

Pemetaan banjir yang dilakukan dengan *software* HEC-RAS menghasilkan luas daerah banjir di kawasan Sungai Gajah Putih yaitu,

- 50,326.77 m² pada debit kala ulang 2 tahun,
- 56,865.37 m² pada debit kala ulang 5 tahun, dan
- 60,756.82 m² pada debit kala ulang 10 tahun.

Kinerja yang dihasilkan dari saluran drainase yang ada di wilayah RW XIV Kelurahan Sumber menunjukkan bahwa,

- pada debit kala ulang 2 tahun, terdapat 34 tipe saluran yang aman, dan 11 tipe saluran yang memerlukan perbaikan,
- pada debit kala ulang 5 tahun, terdapat 30 tipe saluran yang aman, dan 15 tipe saluran yang memerlukan perbaikan,
- pada debit kala ulang 10 tahun, terdapat 25 tipe saluran yang aman, dan 20 tipe saluran yang memerlukan perbaikan,

Penerapan prinsip eko-drainase melalui lubang biopori dan sumur resapan di rumah warga bisa menjadi solusi efektif untuk mengatasi kurangnya kapasitas drainase, dengan mengalirkan air hujan dari atap ke lubang biopori atau sumur resapan, air tersebut dapat diserap ke dalam tanah. Langkah ini membantu mengurangi beban pada sistem drainase.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, A. F., & Sudarsono, H. (2018). Analisis Penanggulangan Banjir Sungai Kanci. *Jurnal Konstruksi*, 7(3), 163–170.
- Auliyani, D., & Wahyuningrum, N. (2020). Pola Hujan di Bagian Hulu Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo dalam Perencanaan Pemanfaatan Sumber Daya Air. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 4(1), 53–62.
- Bates, P. D. (2021). Flood Inundation Prediction. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 54, 287–315.
- BNPB. (2023). Statistik Bencana Menurut Jenis. Retrieved November 16, 2023, from <https://dibi.bnpb.go.id/kbencana2>
- Candraningtyas, C. F., Syahrani, L. P. W., & Luthfia. (2023). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Terhadap Fungsi Pengendalian Banjir Surakarta 2023. *Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, Dan Pendidikan*, 8(8), 2481–2496.
- Cressendo, H., Aldri Frinaldi, Rembrandt, Dasman Lanin, Genius Umar, & Mulya Gusman. (2023). Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Kuranji : Potensi Banjir Bandang Dan Upaya Mitigasi. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Nusantara (JIMNU)*, 1(3), 129–133.
- Demir, V., & Kisi, O. (2016). Flood Hazard Mapping by Using Geographic Information System and Hydraulic Model: Mert River, Samsun, Turkey. *Advances in Meteorology*, 2016.

- Dharsika, I. G. E., Nilawati, N. K. U., & Juniastra, I. M. (2022). Penerapan Lubang Resapan Biopori Untuk Resapan Air Hujan Pada Area Taman Kota. *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, 5(2), 6–9.
- Ginting, S. (2021). Analisis Curah Hujan Penyebab Banjir Bandang Di Ujung Berung, Bandung. *Akselerasi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(2).
- Gunawan, G. G., Besperi, B., & Purnama, L. (2020). Analisis Debit Banjir Rancangan Sub DAS Air Bengkulu Menggunakan Analisis Frekuensi dan Metode Distribusi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 17(1), 1–9.
- Idfi, G., Yulistyorini, A., & Apriliani, T. (2018). Injection well as an eco-drainage solution to reduce surface run-off at the State University of Malang. *MATEC Web of Conferences*, 204.
- Kamiana, I. M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencanan Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Limbong, B., & Wulandari, D. A. (2022). Reservoir Routing di Waduk Greneng, Blora Dengan Model HEC-HMS. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 230–247.
- Matondang, M. A., Perwira Mulia, A., & Faisal, M. (2022). Analisa Area Genangan Banjir Sungai Babura Berbasis Hec-Ras dan Gis. *Jurnal Syntax Admiration*, 3(1), 180–201.
- Nabila Jifa, A., Dewi Susanaati, L., & Tunggul Sutan Haji, A. (2019). Evaluation of Drainage Channels at Gajayana Street and Sumbersari Street Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 6(1), 9–17.
- Nugroho, D. A., & Handayani, W. (2021). Kajian Faktor Penyebab Banjir dalam Perspektif Wilayah Sungai: Pembelajaran Dari Sub Sistem Drainase Sungai Beringin. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota*, 17(2), 119–136.
<https://doi.org/10.14710/pwk.v17i2.33912>
- Nurwidyaningrum, D., Sari, T. W., Wulandari, L. S., Wajih, A., & Damianto, B. (2023). Penerapan Rain Water Harvesting pada Sumur Resapan untuk Kawasan Rawan Banjir. *Wikrama Parahita : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 7(1), 123–127.
- Rakuasa, H., & Latue, P. C. (2023). Analisis Spasial Daerah Rawan Banjir Di Das Wae Heru, Kota Ambon. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 10(1), 75–82.
- Rakuasa, H., Somae, G., & Latue, P. C. (2023). Pemetaan Daerah Rawan Banjir di Desa Batumerah Kecamatan Sirimau Kota Ambon Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(4), 1642–1653.
- Suleman, A. R., Badaruddin, S., Mustamin, M., Saing, Z., & Mustamin, M. R. (2023). Flood mitigation of Bila River in Sidrap Regency Indonesia based on eco-drainage retention pond. *Water Practice and Technology*, 18(5), 1184–1195.
- Surakarta, P. K. (2017). Separuh Kelurahan di Surakarta Rawan Banjir. Retrieved from <https://surakarta.go.id/?p=8253>
- Sutandi, M. C., Husada, G., Tjandrapuspa, K., W., D. R., & Susanto, T. (2013). Penggunaan Lubang Resapan Biopori untuk Minimalisasi Dampak Bahaya Banjir pada Kecamatan Sukajadi Kelurahan Sukawarna RW004 Bandung (035L). *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7)*, 9–14.
- Syafitri, A. W., & Rochani, A. (2022). Analisis Penyebab Banjir Rob di Kawasan Pesisir Studi Kasus: Jakarta Utara, Semarang Timur, Kabupaten Brebes, Pekalongan. *Jurnal Kajian Ruang*, 1(1), 16.
- Tamelan, P. G., Kapa, M. M. J., & Harijono. (2020). Rainwater Harvest Using Well Infiltration Technology in the Dry Land Rural Areas with Semi Arid Climate. *EurAsian Journal of Biosciences*, 14(2), 6577.
- Triatmodjo, B. (2019). *Hidrologi Terapan* (7th ed.). Yogyakarta: Beta Offset.
- Yulius, E. (2018). Evaluasi Saluran Drainase pada Jalan Raya Sarua-Ciputat Tangerang Selatan. *Bentang : Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 6(2), 118–130.