

Simulasi Saluran Drainase di Jalan Jembangan Kecamatan Sukoharjo Menggunakan Software HEC-RAS 4.1.

Bonifasius Adwitya Praba Utama¹⁾, Paska Wijayanti^{2)*}, Herman Susila³⁾

¹⁾²⁾³⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta

E-mail: ¹⁾bonifasiusadit86@gmail.com, ²⁾paska.wijayanti@lecture.utp.ac.id,

³⁾herman.susila@lecture.utp.ac.id

*Corresponding

Abstrak

Fungsi drainase jalan sebagai saluran untuk menampung limpasan air hujan dari badan jalan dan daerah tangkapan lingkungan sekitarnya. Jalan Jembangan Kecamatan Sukoharjo merupakan jalan strategis bagi warga setempat karena menghubungkan Desa Gumpang menuju Jalan Raya Slamet Riyadi, dan jalan penting bagi truk pabrik yang melintasi jalan tersebut karena terdapat beberapa pabrik besar di sekitarnya. Pada saat musim hujan tiba Jalan Jembangan Kecamatan Sukoharjo mengalami genangan bahkan banjir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan mensimulasi kemampuan saluran drainase eksisting dalam menampung debit banjir rencana. Metode analisis pada penelitian ini meliputi metode Distribusi Log Pearson III untuk analisis hujan rencana, metode Rasional untuk analisis debit banjir rencana, persamaan hidraulika untuk analisis debit saluran drainase eksisting, dan simulasi saluran drainase menggunakan software HEC-RAS 4.1. Berdasarkan hasil analisis kapasitas saluran drainase eksisting sebesar 0,322 m³/s masih mampu menampung debit banjir rencana periode ulang 2 tahunan (Q₂), 5 tahunan (Q₅), dan 10 tahunan (Q₁₀) dengan masing-masing besaran debit banjir rencana 0,051 m³/s, 0,093 m³/s, dan 0,134 m³/s. Hasil simulasi saluran drainase bagian hilir Sta 0 didapatkan tinggi muka air saluran drainase sebesar 0,21 m pada Q₂; 0,32 m pada Q₅; dan 0,41 m pada Q₁₀. Kejadian banjir di Jalan Jembangan Kecamatan Sukoharjo dapat disebabkan oleh sampah menumpuk, tanaman pengganggu di bantaran saluran, dan elevasi jalan yang lebih rendah daripada tanggul saluran drainase. Untuk menangani kejadian banjir perlu dilakukan perawatan berkala pada saluran drainase, serta menaikkan elevasi jalan.

Kata Kunci— Saluran Drainase, Drainase Jalan, HEC-RAS 4.1.

Abstract

The road drainage function is as a channel to accommodate runoff from road body and surrounding catchment area. Jembangan Street Sukoharjo District is a strategic road for local residents because it connects Gumpang Village to Slamet Riyadi Highway, and an important road for truck factories that cross road because there are several large factories around it. During rainy season, Jembangan Street Sukoharjo District suddenly experiences inundation and even flooding. This study purpose is to analyze and simulate existing drainage channels ability to accommodate design flood. The analysis methods in this study include Log Pearson III Distribution method to analyze design rainfall, Rational method to analyze design flood, hydraulic equation to analyze existing drainage channel discharge, and drainage channel simulation using HEC-RAS 4.1 software. Based on analysis results, existing drainage channel 0,322 m³/s capacity is still able to accommodate design flood for a 2-year (Q₂), 5-year (Q₅), and 10-year (Q₁₀) return period with each design flood of 0,051 m³/s, 0,093 m³/s, and 0,134 m³/s. The simulation results of downstream drainage channel Sta 0 obtained drainage channel 0,21 m at Q₂; 0,32 m at Q₅; and 0,41 m at Q₁₀ water level. Flooding on Jembangan Street Sukoharjo District can be caused by garbage accumulation, nuisance plants on channel banks, and road elevations that are lower than drainage channel embankments. To deal with flooding, periodic maintenance is needed on drainage channels, as well as raising road elevation.

Keywords— Drainage Channel, Road Drainage, HEC-RAS 4.1.

1. Pendahuluan

Saluran drainase kini menjadi infrastruktur penting bagi masyarakat kota dalam hal membebaskan suatu lingkungan dari bencana banjir dan menjaga kualitas lingkungan perkotaan dari bahaya kesehatan masyarakat. Drainase merupakan bagian penting dari perencanaan kota dan fasilitas dasar yang dirancang sebagai suatu sistem untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan masyarakat dalam mengatasi kemungkinan masalah banjir. Bencana mutlak adanya di kehidupan manusia sehingga dapat dikatakan bencana hidup secara berdampingan dengan manusia. Sejauh ini yang dapat dilakukan oleh manusia yaitu melakukan upaya pencegahan untuk meminimalisir dampak dari terjadinya bencana. Banjir adalah keadaan air pada saluran drainase tidak dapat diserap atau aliran air tersumbat sehingga membanjiri dataran banjir di sekitarnya. Hal ini diakibatkan karena curah hujan tinggi ditambah kondisi topografi suatu daerah yang tergolong dataran rendah. Bencana banjir dapat diperkirakan dengan memperhatikan tingkat curah hujan dan aliran air pada saat musim hujan, namun juga dapat terjadi dengan tiba-tiba tanpa kita sadari dikarenakan factor alam seperti hujan badai [1]. Sistem drainase lokal adalah saluran awal yang melayani suatu kawasan kota tertentu seperti komplek, areal pasar, perkantoran, areal industri dan komersial dan pengelolaannya menjadi tanggung jawab masyarakat, pengembang atau instansi lainnya [2].

Panji Wireska (2023), melakukan simulasi genangan drainase menggunakan *software* HEC-RAS di Jalan Perjuangan Khatib Sulaiman Kota Padang dimulai dengan mengukur dan mengambil elevasi pada setiap STA serta mengambil data curah hujan pada stasiun hujan terdekat. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa di Jalan Perjuangan Khatib Sulaiman Kota Padang tidak mampu mengalirkan air pada periode ulang 10 tahun [3]. Diyanti, Fani Yayuk S, Yandi A (2022), melakukan analisis kapasitas saluran drainase pada Perumahan Mustika Tigaraksa Kabupaten Tangerang dengan *software* HEC RAS 4.1. Hasil analisis didapatkan debit banjir rancangan periode ulang 5 tahunan sebesar 1,2964 m³/detik. Dimensi saluran yang sesuai dengan debit banjir rancangan hasil analisis dengan program *hec ras* 4.1, yaitu 0,8x0,8 cm untuk saluran primer dan 0,6x0,6 cm untuk saluran sekunder [4].

Cristiyanti (2023), melakukan analisis kapasitas tampung saluran drainase eksisting sebagai solusi pengendalian banjir perkotaan menggunakan *software* HEC-RAS (Studi Kasus: Jalan Pulau Sebesi, Kec. Sukarame, Kota Bandar Lampung). Hasil analisis debit banjir rancangan untuk drainase eksisting kanan yaitu 6,2830 m³ /detik dan sisi kiri sebesar 0,6097 m³ /detik dengan kala ulang 10 tahun. Hasil simulasi *software* HEC-RAS didapatkan *water surface* untuk drainase eksisting sisi kanan dan kiri melebihi atau meluap dari bank sta. Drainase yang ada pada jalan tersebut tidak dapat menampung limpasan hujan sehingga perlu dilakukan perbesaran dimensi agar dapat menampung debit banjir kala ulang 10 tahun [5].

Pada Oktober 2016 hujan deras selama 2 jam menjadikan banjir disejumlah titik, salah satunya daerah Jembatan Kecamatan Sukoharjo [6]. Pada Januari tahun 2022 terdapat aduan dari masyarakat Sukoharjo setiap hujan deras kampung Jembatan banjir di sepanjang jalan [7]. Lokasi penelitian berada di Jalan Jembatan Desa Pabelan, Kecamatan Sukoharjo, Kabupaten Sukoharjo seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis dan menyimulasi kemampuan saluran drainase eksisting dalam menampung debit banjir rencana periode ulang 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2. Metode Penelitian

a. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini meliputi data primer dan sekunder. Data primer antara lain pengukuran panjang saluran drainase, pengamatan kondisi saluran drainase diperoleh dari kegiatan survei lokasi saluran drainase di jalan jembatan Kecamatan Sukoharjo, dan pengukuran elevasi daerah tangkapan air diperoleh dari pengamatan menggunakan alat Theodolite. Data sekunder antara lain data curah hujan selama 20 tahun (2004-2023) stasiun hujan pabelan diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo dan data luas daerah tangkapan air saluran drainase diperoleh dari *Google Earth*.

b. Periode Ulang

Periode ulang adalah waktu perkiraan di mana suatu kejadian dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui minimal satu kali dalam ukuran waktu tertentu. Besarnya debit rencana fasilitas drainase tergantung pada interval kejadian atau periode ulang yang dipakai [2].

Tabel 1. Periode Ulang Hujan Rencana [2]

Tipe Kota	Jumlah Penduduk (jiwa)	Daerah Tangkapan Air (ha)			
		<10	10-100	101-500	>500
Metropolitan	>1.000.000	2 tahun	2-5 tahun	5-10 tahun	10-25 tahun
Kota besar	500.000 – 1.000.000	2 tahun	2-5 tahun	2-5 tahun	5-20 tahun
Kota sedang	100.000 – 500.000	2 tahun	2-5 tahun	2-5 tahun	5-10 tahun
Kota kecil	20.000 – 100.000	2 tahun	2 tahun	2 tahun	2-5 tahun

Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Sukoharjo, jumlah penduduk Kecamatan Sukoharjo tahun 2023 sebesar 99.642 jiwa [8]. Luas daerah tangkapan air saluran drainase di jalan Jembatan sebesar 0,311 ha. Berdasarkan Tabel 1 periode ulang pada saluran drainase di jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo adalah 2 tahunan. Namun periode ulang yang digunakan pada penelitian ini adalah 2, 5, dan 10 tahunan.

c. Uji Konsistensi Data Hujan

Uji kepenggahan atau uji konsistensi data hujan pada suatu stasiun hujan dengan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Metode RAPS menggunakan nilai kumulatif penyimpangan seri data hujan terhadap nilai rata-rata hujan. Persamaan yang digunakan dalam metode uji konsistensi data RAPS sebagai berikut:

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad (1)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y} \quad (2)$$

$$D_y^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n} \quad (3)$$

Setelah nilai S_k^{**} diperoleh untuk setiap k , tentukan nilai Q dan R dihitung menggunakan persamaan:

$$Q = \max_{0 \leq k \leq n} |S_k^{**}| \quad (4)$$

$$R = \max_{0 \leq k \leq n} S_k^{**} - \min_{0 \leq k \leq n} S_k^{**} \quad (5)$$

Keterangan:

S_k^* = nilai kumulatif penyimpangannya terhadap nilai rata-rata, Y_i = nilai data Y ke- i , \bar{Y} = nilai Y rata-rata, n = jumlah data Y , S_k^{**} = *Rescaled Adjusted Partial Sums*, dan D_y = deviasi standar seri data Y .

Setelah melakukan perhitungan diatas, selanjutnya melakukan perbandingan hasil perhitungan sesuai dengan jumlah data (n) dan derajat kepercayaan (α) tertentu, kriteria yang harus dibandingkan adalah:

1. Jika Q terhitung $< (Q \text{ kritis} \times \sqrt{n})$ maka data konsisten.
2. Jika R terhitung $< (R \text{ kritis} \times \sqrt{n})$ maka data konsisten.

d. Hujan Rencana

Analisis frekuensi terhadap curah hujan bertujuan untuk menghitung hujan rencana dengan periode ulang (2, 5, 10, 20, dan 25 tahun), dapat dilakukan dengan menggunakan metode Distribusi Frekuensi Log Pearson Tipe III [2].

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } \bar{X}} + K \cdot S \text{Log } X \quad (6)$$

$$X_T = \text{anti Log } X_T \quad (7)$$

Keterangan:

X_T = curah hujan periode ulang T tahunan (mm), $\text{Log } X_T$ = logaritma curah hujan periode ulang T tahunan (mm), $\overline{\text{Log } \bar{X}}$ = logaritma curah hujan rata-rata (mm), K = koefisien untuk distribusi frekuensi Log Pearson III, dan $S \text{Log } X$ = standar deviasi logaritma curah hujan (mm).

e. Luas Daerah Tangkapan Air (A)

Daerah tangkapan air (DTA) atau daerah pengaliran saluran (DPS) merupakan daerah yang mengalirkan air hujan ke dalam saluran dan/atau badan air penerima lainnya [2]. Luas daerah pengaliran saluran disebut juga dengan catchment area yaitu luas daerah yang berperan dalam mengalirkan air ke saluran drainase. Penentuan luas DTA menggunakan bantuan *Google Earth*.

$$A_{total} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + \dots + A_n \quad (8)$$

Keterangan:

A_{total} = Total luas DTA (km²), dan A_1, A_2, A_3, A_4, A_n = Luas jenis penutup lahan/karakter permukaan n (km²).

f. Koefisien Limpasan (C)

Koefisien limpasan digunakan untuk mengetahui besarnya debit aliran air yang akan melewati saluran drainase dan ditentukan berdasarkan tata guna lahan daerah tangkapan air seperti yang ditampilkan pada Tabel 2. Jika Daerah Tangkapan Air terdiri dari lebih satu jenis lahan dengan koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka koefisien C yang digunakan adalah C gabungan.

$$C_{gabungan} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (9)$$

Keterangan:

A_i = luas lahan dengan jenis penutup tanah i (m²), C_i = koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i, dan n = jumlah jenis penutup lahan.

Tabel 2. Koefisien Limpasan [9]

No	Jenis lahan/karakter permukaan	Koefisien Limpasan (C)
1	Bussines Perkotaan	0,70 - 0,95
2	Bussines Pinggiran	0,50 - 0,70
3	Perumahan - Rumah Tunggal	0,30 - 0,50
4	Perumahan - Perkampungan	0,25 - 0,40
5	Industri Ringan	0,50 - 0,80
6	Industri Berat	0,60 - 0,90
7	Perkerasan Aspal dan beton	0,50 - 0,80
8	Perkerasan Batu bata, paving	0,60 - 0,90
9	Taman, perkuburan	0,10 - 0,25

g. Intensitas Hujan (I)

Intensitas hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air itu terkonsentrasi dan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan mm/jam [10]. Perhitungan intensitas hujan dihitung menggunakan metode Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (10)$$

Keterangan:

I = intensitas curah hujan (mm/jam), R_{24} = curah hujan harian maksimum tahunan untuk periode ulang T tahunan (mm), dan tc = waktu konsentrasi (jam).

Waktu konsentrasi dihitung dengan rumus Kirpich seperti ditampilkan pada rumus (6) Pengukuran kemiringan saluran berupa elevasi hulu dan elevasi hilir saluran drainase di Jalan Jembatan menggunakan alat Theodolite.

$$tc = 0,0195 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \quad (11)$$

Keterangan:

tc = waktu konsentrasi (menit), L = panjang aliran maksimum air (m), dan S = kemiringan DTA.

h. Debit Banjir Rencana (Qr)

Debit banjir rencana adalah debit maksimum dari suatu sistem drainase yang didasarkan periode ulang tertentu yang dipakai dalam perencanaan [2]. Rumus:

$$Q_T = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (12)$$

Keterangan:

Q_T = debit banjir rencana pada periode ulang T tahunan (m^3/s), C = koefisien limpasan, I = intensitas hujan pada periode ulang T tahunan (mm/jam), dan A = luas DTA (km^2)

i. Debit Saluran Drainase (Qs)

Debit saluran drainase adalah debit saluran yang sudah ada di DTA untuk mengetahui kapasitas tampung saluran drainase dengan menghitung parameter geometrik saluran drainase, seperti dimensi saluran, luas DTA, koefisien limpasan, dan kemiringan DTA. Debit saluran drainase menggunakan rumus berikut ini.

$$Q_s = A \cdot V \quad (13)$$

Keterangan:

Q_s = debit eksisting saluran drainase (m^3/s), A = luas penampang saluran (m^2), V = kecepatan aliran (m/s)

j. Penampang Saluran Drainase

Dari hasil peninjauan dilapangan diperoleh dimensi jalan dan dimensi eksisting drainase, setelah itu dilakukan perhitungan luas dan debit saluran yang ada. Adapun rumus-rumus yang digunakan pada saluran berbentuk segi empat sebagai berikut:

$$A = b \cdot h \quad (14)$$

$$P = b + 2h \quad (15)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (16)$$

Keterangan:

A = luas penampang saluran (m^2), b = lebar saluran (m), h = kedalaman saluran (m), P = keliling basah (m), dan R = jari-jari hidraulik (m).

k. Kecepatan Aliran

Kecepatan saluran rata-rata dihitung dengan rumus Manning seperti pada persamaan (17). Untuk mengetahui koefisien kekasaran dinding saluran n Manning dapat dilihat dari Tabel 3.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (17)$$

Keterangan:

V = kecepatan aliran (m/s), n = koefisien kekasaran dinding saluran, dan R = jari-jari hidraulik (m).

Tabel 3. Koefisien Kekasaran Dinding Saluran n Manning [11]

No	Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
1	Beton			
	Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
	Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit gangguan	0,011	0,013	0,014
	Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
	Saluran pembuangan dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
2	Tanah, lurus, dan seragam			
	Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
3	Saluran alam			
	Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
	Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,080
	Dataran banjir berumput pendek dan tinggi	0,025	0,030	0,035
	Saluran di belukar	0,035	0,050	0,070

l. Aliran Permanen (*Steady Flow*) pada Simulasi Software HEC-RAS 4.1

HEC-RAS adalah perangkat lunak yang *integrated* dari analisa hidraulik yang dapat berinteraksi dengan pengguna melalui antarmuka pengguna grafis (GUI). HEC-RAS mampu melakukan perhitungan profile muka air untuk kondisi aliran permanen (*steady flow*), aliran tidak permanen (*unsteady flow*), desain hidraulik, dan sediment transport [12]. Aliran permanen merupakan parameter aliran (kedalaman, kecepatan, dan debit aliran) yang tidak berubah terhadap waktu [13].

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis saluran drainase di Jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo menggunakan 3 tahap yaitu analisis hidrologi, analisis hidraulika, dan simulasi saluran drainase dengan HEC-RAS 4.1. Pada tahap pertama yaitu analisis hidrologi yang meliputi uji konsistensi data hujan pada stasiun hujan Pabelan, analisis frekuensi, analisis hujan rencana, dan analisis debit banjir rencana. Tahap kedua yaitu analisis hidraulika yang meliputi analisis penampang saluran drainase, analisis kecepatan saluran rata-rata, dan analisis debit saluran drainase eksisting. Tahap ketiga yaitu simulasi saluran drainase dengan HEC-RAS 4.1 untuk mengetahui ketinggian muka air pada saluran drainase di Jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo.

a. Analisis Hidrologi

Uji konsistensi data hujan pada Stasiun Pabelan menggunakan metode RAPS.

Tabel 4. Data Hujan Total Tahunan Stasiun Pabelan [14]

Tahun	Ptotal (mm)						
2004	2534,00	2009	2050,00	2014	1484,00	2019	2084,00
2005	2094,00	2010	3234,00	2015	2320,00	2020	2158,00

2006	2247,00	2011	3811,00	2016	4259,00	2021	2122,00
2007	2397,00	2012	2241,00	2017	2964,00	2022	3286,00
2008	2431,00	2013	2646,00	2018	2581,00	2023	2465,00

Berdasarkan Tabel 4 didapatkan hujan rerata sebesar 2570,40 mm dan nilai D_y sebesar 637,46 mm. Perbandingan hasil perhitungan sesuai dengan jumlah data dan derajat kepercayaan 95% sebagai berikut.

1. Q terhitung sebesar $2,62 < (Q \text{ kritis} \times \sqrt{n})$ sebesar 5,46 maka data konsisten.
2. R terhitung sebesar $3,77 < (R \text{ kritis} \times \sqrt{n})$ sebesar 6,40 maka data konsisten.

Analisis hidrologi dilakukan dengan menggunakan data hujan maksimum tahunan Stasiun Pabelan selama 20 tahun (2004-2023).

Tabel 5. Curah Hujan Maksimum Stasiun Pabelan [14]

No	Tahun	P (mm)	Log P (mm)	No	Tahun	P (mm)	Log P (mm)
1	2004	104	2,017	11	2014	123	2,0899
2	2005	89	1,9494	12	2015	166	2,2201
3	2006	92	1,9638	13	2016	138	2,1399
4	2007	133	2,1239	14	2017	118	2,0719
5	2008	126	2,1004	15	2018	69	1,8388
6	2009	142	2,1523	16	2019	116	2,0645
7	2010	103	2,0128	17	2020	335	2,525
8	2011	114	2,0569	18	2021	461,8	2,6645
9	2012	99	1,9956	19	2022	469,6	2,6717
10	2013	76	1,8808	20	2023	414,6	2,6176

Berdasarkan Tabel 5 didapatkan hasil parameter statistik antara lain jumlah hujan sebesar 43,157 mm, log rerata (log P_T) sebesar 2,158 mm, log standard deviasi (S LogP) sebesar 0,255 mm, dan koefisien kemencengan (Cs atau G) sebesar 1,165 mm.

Analisis curah hujan rencana menggunakan periode ulang 2, 5, dan 10 tahunan. Metode yang digunakan adalah metode distribusi Log Pearson III berdasarkan parameter statistik hujan Stasiun Pabelan.

Tabel 6. Hujan Rencana Metode Distribusi Frekuensi Log Pearson III

Periode ulang T	$\overline{\text{Log} X}$ (mm)	K	S LogP (mm)	Log P_T (mm)	P_T (mm)
2 tahunan	2,158	-0,184	0,255	2,11	129,081
5 tahunan	2,158	0,824	0,255	2,37	233,188
10 tahunan	2,158	1,450	0,255	2,527	336,743

Berdasarkan Tabel 5 didapatkan curah hujan rencana periode ulang 2 tahunan sebesar 129,081 mm, curah hujan rencana periode ulang 5 tahunan sebesar 233,188 mm, dan curah hujan rencana periode ulang 10 tahunan sebesar 336,743 mm.

Selanjutnya dilakukan analisis debit banjir rencana periode ulang 2, 5, dan 10 tahunan menggunakan metode Rasional. Parameter debit banjir rencana meliputi panjang saluran, elevasi hulu, elevasi hilir, luas daerah tangkapan air, dan koefisien limpasan. Hasil survey lokasi saluran drainase di Jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo didapatkan panjang saluran sebesar 243 m dan koefisien limpasan gabungan sebesar 0,654. Pengukuran kemiringan saluran menggunakan alat Theodolite didapatkan nilai elevasi hulu sebesar 2,23 m dan elevasi hilir sebesar 2,03 m.

Hasil penentuan luas DTA saluran drainase menggunakan bantuan *Google Earth* ditampilkan pada Gambar 2 dan Tabel 7.



Gambar 2. Luas Daerah Tangkapan Air Saluran Drainase di Jalan Jembangan

Tabel 7. Luas Daerah Tangkapan Dan Koefisien Limpasan

No	Penggunaan lahan	A (m ²)	C
1	Daerah industri ringan	28,15	0,7
2	Daerah perkampungan	842,90	0,3
3	Lahan kosong	217,20	0,2
4	Jalan aspal	2018,00	0,85
Total		3106,25	0,654

Berdasarkan parameter debit banjir rencana (Q_T) didapatkan kemiringan saluran (S) sebesar 0,000823, waktu konsentrasi (t_c) metode Kirpich sebesar 0,344 jam, intensitas hujan (I) metode Mononobe dan debit banjir rencana metode Rasional disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Debit Banjir Rencana Metode Rasional

Periode ulang T	I (mm/jam)	Q_T (m ³ /s)
2 tahunan	91,177	0,051
5 tahunan	164,713	0,093
10 tahunan	237,860	0,134

b. Analisis Hidraulika

Bentuk penampang saluran drainase di Jalan Jembangan Kecamatan Sukoharjo adalah segi empat, dimana lebar saluran sebesar 0,9 m, kedalaman saluran sebesar 0,8 m, dan koefisien kekasaran dinding n Manning n Manning sebesar 0,028. Sehingga, didapatkan luas saluran sebesar 0,72 m², keliling basah saluran sebesar 2,5 m, dan jari-jari hidraulik sebesar 0,288 m. Analisis kecepatan saluran rata-rata di Jalan Jembangan Kecamatan Sukoharjo menggunakan rumus Manning dan didapatkan hasil sebesar 0,447 m/s. Analisis debit saluran drainase eksisting di Jalan Jembangan Kecamatan Sukoharjo menggunakan metode Rasional dan didapatkan hasil sebesar 0,322 m³/s.

Selanjutnya melakukan tinjauan debit saluran drainase eksisting (Q_s) terhadap debit banjir rencana (Q_T) untuk mengetahui kapasitas saluran drainase eksisting dalam kemampuan menampung debit banjir rencana periode ulang 2, 5, dan 10 tahunan. Tinjauan debit diuraikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Tinjauan Debit Saluran Drainase Eksisting Terhadap Debit Banjir Rencana

Q_T (m ³ /s)	Tinjauan	Q_s (m ³ /s)	Keterangan
$Q_2 = 0,051$	<	0,322	Aman terhadap banjir
$Q_5 = 0,093$	<	0,322	Aman terhadap banjir
$Q_{10} = 0,134$	<	0,322	Aman terhadap banjir

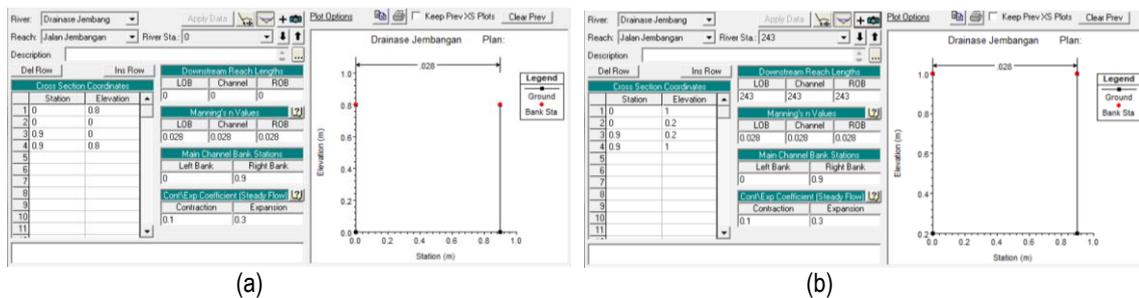
Berdasarkan Tabel 9 saluran drainase eksisting di Jalan Jembangan Kecamatan Sukoharjo masih mampu menampung debit banjir rencana periode ulang 2, 5, dan 10 tahunan. Kejadian genangan maupun

banjir yang terjadi di Jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo bukan disebabkan oleh kapasitas saluran drainase, melainkan adanya sedimen, sampah, tanaman pengganggu di bantaran saluran, elevasi jalan yang lebih rendah daripada tanggul saluran drainase, dan kemiringan jalan yang kurang maksimal sehingga air hujan yang jatuh di bagian jalan tidak dapat segera mengalir ke saluran drainase. Untuk menangani kejadian genangan maupun banjir yang terjadi di Jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo perlu dilakukan perawatan dan pembersihan berkala pada saluran drainase, serta menaikkan elevasi jalan.

c. Simulasi Saluran Drainase di Jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo

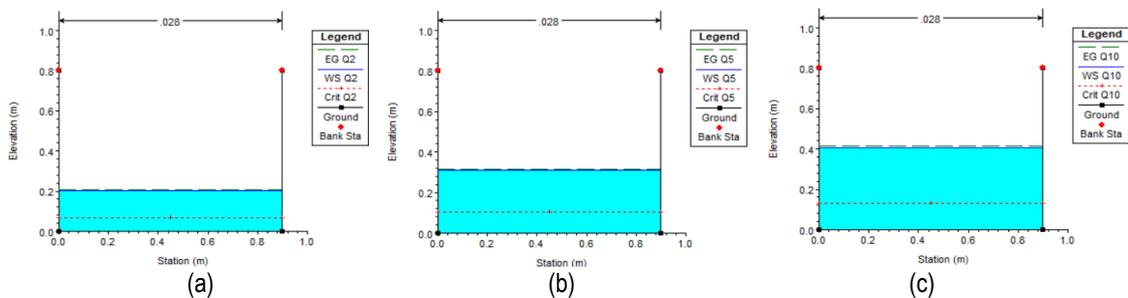
Langkah-langkah simulasi saluran drainase di Jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo menggunakan *software* HEC-RAS meliputi pemodelan geometri saluran drainase, memasukkan data aliran, syarat batas hidraulika aliran permanen, analisis hidraulika aliran, dan tampilan hasil hitungan hidraulika aliran berupa profil muka air aliran permanen.

Pemodelan geometri saluran drainase berupa saluran lurus dengan bentuk penampang segi empat, panjang saluran sebesar 243 m, lebar saluran sebesar 0,9 m, kedalaman saluran sebesar 0,8 m, dan koefisien kekasaran dinding *n* Manning sebesar 0,028, elevasi hulu sebesar 2,23 m, elevasi hilir sebesar 2,03 m, dan muka air di hilir berada 1 m di atas dasar saluran. Pemodelan alur saluran drainase dibuat dengan 2 titik ujung saluran yaitu Sta 0 menunjukkan saluran drainase bagian hilir dan Sta 243 menunjukkan saluran drainase bagian hulu. Input data geometri tampang lintang ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampang Lintang pada River Sta 0 (a) dan Sta 243 (b)

Selanjutnya memasukkan data aliran dan syarat batas hidraulika aliran permanen. Data aliran yang digunakan adalah debit banjir rencana periode ulang 2 tahunan (Q2) sebesar 0,051 m³/s, debit banjir rencana periode ulang 5 tahunan (Q5) sebesar 0,093 m³/s, dan debit banjir rencana periode ulang 10 tahunan (Q10) sebesar 0,134 m³/s. Syarat batas hilir yang dipilih adalah *Normal Depth*, jika muka air hilir sama dengan posisi muka air pada kedalaman normal (kedalaman aliran pada aliran seragam) dan memasukkan kemiringan dasar saluran sebesar 0,000823. Analisis hidraulika pada *software* HEC-RAS 4.1 dilakukan melalui menu *Run* kemudian dipilih *Steady Flow Analysis*. Hasil simulasi saluran drainase di Jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo menggunakan *software* HEC-RAS 4.1 berupa profil muka air aliran permanen seperti ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 5. Profil Muka Air Sta. 0 Pada Q2 (a), Q5 (b), dan Q10 (c)



HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Drainase Jembatan Reach: Jalan Jembatan											Reload Data	
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Jalan Jembatan	243	Q2	0.05	0.20	0.40		0.41	0.000823	0.28	0.18	0.90	0.20
Jalan Jembatan	243	Q5	0.09	0.20	0.51		0.52	0.000823	0.33	0.28	0.90	0.19
Jalan Jembatan	243	Q10	0.13	0.20	0.61		0.61	0.000823	0.37	0.37	0.90	0.18
Jalan Jembatan	194.4*	Q2	0.05	0.16	0.36		0.37	0.000823	0.28	0.18	0.90	0.20
Jalan Jembatan	194.4*	Q5	0.09	0.16	0.47		0.48	0.000824	0.33	0.28	0.90	0.19
Jalan Jembatan	194.4*	Q10	0.13	0.16	0.57		0.57	0.000823	0.37	0.37	0.90	0.18
Jalan Jembatan	145.8*	Q2	0.05	0.12	0.32		0.33	0.000825	0.28	0.18	0.90	0.20
Jalan Jembatan	145.8*	Q5	0.09	0.12	0.43		0.44	0.000824	0.33	0.28	0.90	0.19
Jalan Jembatan	145.8*	Q10	0.13	0.12	0.53		0.53	0.000824	0.37	0.37	0.90	0.18
Jalan Jembatan	97.2000*	Q2	0.05	0.08	0.28		0.29	0.000822	0.28	0.18	0.90	0.20
Jalan Jembatan	97.2000*	Q5	0.09	0.08	0.39		0.40	0.000823	0.33	0.28	0.90	0.19
Jalan Jembatan	97.2000*	Q10	0.13	0.08	0.49		0.49	0.000823	0.37	0.37	0.90	0.18
Jalan Jembatan	48.6000*	Q2	0.05	0.04	0.24		0.25	0.000822	0.28	0.18	0.90	0.20
Jalan Jembatan	48.6000*	Q5	0.09	0.04	0.35		0.36	0.000823	0.33	0.28	0.90	0.19
Jalan Jembatan	48.6000*	Q10	0.13	0.04	0.45		0.45	0.000823	0.37	0.37	0.90	0.18
Jalan Jembatan	0	Q2	0.05	0.00	0.20	0.07	0.21	0.000823	0.28	0.18	0.90	0.20
Jalan Jembatan	0	Q5	0.09	0.00	0.31	0.10	0.32	0.000824	0.33	0.28	0.90	0.19
Jalan Jembatan	0	Q10	0.13	0.00	0.41	0.13	0.41	0.000824	0.37	0.37	0.90	0.18

Gambar 6. Rincian Hasil Hitungan Q2, Q5, dan Q10 di Semua Tampang Lintang

Analisis saluran drainase secara manual sesuai dengan hasil simulasi menggunakan *software* HEC-RAS 4.1, dimana saluran drainase Jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo tidak terjadi luapan. Dapat diperhatikan pada salah satu hasil simulasi HEC-RAS (Gambar 5) bahwa profil muka air tampang lintang saluran bagian hilir (RS 0) tidak meluap, sehingga tanggul aman terhadap debit banjir Q2 sebesar 0,051 m³/s, Q5 sebesar 0,093 m³/s, maupun Q10 sebesar 0,134 m³/s.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang telah diuraikan terkait dengan Simulasi Saluran Drainase di Jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo Menggunakan *Software* HEC-RAS 4.1., peneliti dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis debit saluran drainase eksisting di Jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo menggunakan metode Rasional sebesar 0,322 m³/s, dimana masih mampu menampung debit banjir rencana periode ulang 2, 5, dan 10 tahunan masing-masing sebesar 0,051 m³/s, 0,093 m³/s, dan 0,134 m³/s. Kejadian banjir di Jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo dapat disebabkan oleh sedimen, sampah, tanaman pengganggu di bantaran saluran, dan elevasi jalan yang lebih rendah daripada tanggul saluran drainase. Untuk menangani kejadian banjir perlu dilakukan pembersihan berkala pada saluran drainase, serta menaikkan elevasi jalan.
2. Hasil simulasi kemampuan saluran drainase eksisting bagian hilir Sta 0 didapatkan tinggi muka air saluran drainase sebesar 0,2 m pada banjir rencana periode ulang 2 tahunan; 0,3 m pada banjir rencana periode ulang 5 tahunan, dan 0,38 m pada banjir rencana periode ulang 10 tahunan.
3. Analisis saluran drainase secara manual sesuai dengan hasil simulasi menggunakan *software* HEC-RAS 4.1, dimana saluran drainase Jalan Jembatan Kecamatan Sukoharjo tidak terjadi luapan.

Referensi

- [1] A. Fattah, "EFEKTIVITAS PEMBANGUNAN SALURAN DRAINASE DALAM PENCEGAHAN BANJIR DI KOTA PALANGKARAYA PROVINSI KALIMANTAN TENGAH," Institut Pemerintahan Dalam Negeri Kementerian Dalam Negeri.
- [2] M. P. U. R. I. PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM REPUBLIK INDONESIA NOMOR 12 /PRT/M/2014, Jakarta: KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM, 2014.
- [3] P. Wireska, SIMULASI GENANGAN DRAINASE MENGGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS DI JALAN PERJUANGAN KHATIB SULAIMAN KOTA PADANG, PADANG: PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI PADANG, 2023.

- [4] D. F. Y. S and Y. A, "ANALISIS KAPASITAS SALURAN DRAINASE PADA PERUMAHAN MUSTIKA TIGARAKSA KABUPATEN TANGERANG DENGAN SOFTWARE HEC RAS 4.1," *Jurnal Artesis*, vol. 1, no. 2, pp. 80-86, 2022.
- [5] C. ANALISIS KAPASITAS TAMPUNG SALURAN DRAINASE EKSISTING SEBAGAI SOLUSI PENGENDALIAN BANJIR PERKOTAAN MENGGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS (Studi Kasus: Jalan Pulau Sebesi, Kec. Sukarame, Kota Bandar Lampung), Bandar Lampung: FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG BANDAR LAMPUNG, 2023.
- [6] W. E. "Lagi-lagi Pabelan Banjir," Teropong Pabelan, Oktober 2016. [Online]. Available: <https://infopabelan.blogspot.com/2016/10/lagi-lagi-pabelan-banjir.html>. [Accessed Agustus 2024].
- [7] A. "LaporGub!," Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Tengah, Januari 2022. [Online]. Available: <https://laporgub.jatengprov.go.id/detail/LGWP24944354.html>. [Accessed Agustus 2024].
- [8] B. P. S. K. S. Kabupaten Sukoharjo Dalam Angka 2024, Sukoharjo: Badan Pusat Statistik Kabupaten Sukoharjo, 2024.
- [9] S. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Yogyakarta: Andi Press, 2004.
- [10] J. Loebis, Banjir Rencana Untuk Bangunan Air, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 1992.
- [11] V. T. Chow, Open Channel Hydraulics, Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha Book Company, Inc, 1959.
- [12] S. H. Ginting, Analisis Profil Muka Air Sungai Dengan Hec-Ras (Pelatihan Flood Modelling Development Technical Asistance 7849-INO Water Resources And River Basin Management), Bandung: Balai Hidrologi dan Tata Air Pusat Litbang Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum. hlm. 3., 2014.
- [13] B. Yulistiyanto, Hidraulika Saluran Terbuka, Yogyakarta: Beta Offset, 2019.
- [14] B. B. S. "Kementerian PUPR Ditjen Sumber Daya Air BBWS Bengawan Solo," Kementerian PUPR Ditjen Sumber Daya Air BBWS Bengawan Solo, 2024. [Online]. Available: <https://hidrologi.bbws-bsolo.net/curahhujan/4677>. [Accessed Agustus 2024].
- [15] Y. Saputra, EVALUASI SISTEM JARINGAN DRAINASE JALAN RAYA MENGGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS STUDI KASUS : JALAN KAPTEN PATTIMURA, TELANAIPURA, KOTA JAMBI, Jambi: PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL JURUSAN TEKNIK SIPIL, KIMIA, DAN LINGKUNGAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS JAMBI, 2024.