
ANALISIS DAN PEMODELAN BANJIR MENGGUNAKAN SIG DAN SWMM DI KELURAHAN LESANPURO, KECAMATAN KEDUNGKANDANG

Azril Agtha Arifqifadillah¹

¹Civil Engineering Departement, Malang State Polytechnic, Jl. Sukarno-Hatta No. 9 Malang 65141, Indonesia

*Corresponding Author 2141320017@student.polinema.ac.id

ABSTRAK

Kelurahan Lesanpuro di Kecamatan Kedungkandang merupakan salah satu kawasan di Kota Malang yang kerap mengalami banjir akibat keterbatasan kapasitas drainase. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memodelkan potensi banjir menggunakan integrasi Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Storm Water Management Model (SWMM). Metode analisis hidrologi menggunakan data curah hujan historis yang diuji konsistensinya dan dianalisis dengan distribusi Gumbel, Log-Normal, dan Log Pearson III untuk memperoleh curah hujan rencana. Intensitas hujan dihitung dengan rumus Mononobe, dan debit puncak dihitung menggunakan HSS Nakayasu dan SCS. Data spasial diolah dalam GIS untuk menentukan zona rawan genangan berdasarkan overlay, buffering, dan interpolasi kriging. Simulasi banjir dilakukan menggunakan SWMM berdasarkan parameter subcatchment dan jaringan saluran eksisting. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem drainase saat ini belum mampu menampung debit rencana pada kala ulang 5 tahun, sehingga diperlukan usulan dimensi saluran baru. Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk perbaikan sistem drainase juga disusun sebagai output tambahan. Penelitian ini memberikan dasar teknis perencanaan drainase berkelanjutan berbasis data spasial dan hidrologi.

Kata kunci : banjir; Storm Water Management Model; Sistem Informasi Geografis; debit puncak; simulasi drainase).

ABSTRACT

Lesanpuro Sub-District in Kedungkandang District is one of the areas in Malang City frequently affected by flooding due to limited drainage capacity. This study aims to analyze and model flood potential by integrating Geographic Information Systems (GIS) and the Storm Water Management Model (SWMM). Hydrological analysis was conducted using historical rainfall data, tested for consistency and fitted to Gumbel, Log-Normal, and Log Pearson III distributions to determine design rainfall. Rainfall intensity was calculated using the Mononobe formula, and peak discharge was estimated using the Nakayasu and SCS unit hydrograph methods. Spatial data were processed in GIS to map flood-prone zones through overlay, buffering, and kriging interpolation. SWMM simulation was performed based on subcatchment parameters and the existing drainage network. The simulation results indicate that the current drainage system is insufficient to convey the design discharge for a 5-year return period, thus requiring new drainage dimension planning. A cost estimate (RAB) for the drainage improvement plan was also developed. This study provides a technical basis for sustainable drainage planning using spatial and hydrological data integration.

Keywords: *flood; Storm Water Management Model; Geographic Information System; peak discharge; drainage simulation*

PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di kawasan perkotaan [1], termasuk di Kota Malang yang secara regional memiliki pola curah hujan tinggi sebagaimana tercatat dalam analisis pola hujan musim di Jawa Timur [2]. Salah satu wilayah yang

terdampak adalah Kelurahan Lesanpuro, Kecamatan Kedungkandang, yang mengalami genangan berulang akibat keterbatasan kapasitas saluran drainase dan perubahan tata guna lahan yang pesat [3].

Permasalahan banjir tidak hanya disebabkan oleh curah hujan tinggi, tetapi juga karena sistem drainase eksisting

yang tidak mampu mengalirkan debit puncak secara efektif [4]. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan teknis yang mampu mengintegrasikan analisis spasial dan hidrologi secara komprehensif.

Penelitian ini memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Storm Water Management Model (SWMM) untuk menganalisis distribusi genangan banjir dan mengevaluasi kapasitas saluran [4]. SIG digunakan untuk mengolah data spasial seperti elevasi, penggunaan lahan, dan jarak terhadap badan air. Sedangkan SWMM digunakan untuk mensimulasikan respons hidrologi kawasan terhadap curah hujan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis potensi banjir, memodelkan sistem drainase eksisting, dan memberikan rekomendasi perbaikan dimensi saluran berdasarkan simulasi debit rencana.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis hidrologi dan spasial yang diterapkan pada wilayah Kelurahan Lisanpuro, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang. Data yang digunakan terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui survei langsung kondisi saluran drainase eksisting di lapangan, sedangkan data sekunder mencakup data curah hujan historis dari tiga stasiun terdekat (Kedungkandang, Jabung, dan Ciliwung), peta topografi dalam bentuk Digital Elevation Model (DEM), serta peta genangan banjir dari instansi terkait.

Tahapan awal analisis dimulai dengan pengolahan data curah hujan. Curah hujan rata-rata wilayah dihitung menggunakan metode Thiessen, dan uji konsistensi data dilakukan dengan pendekatan Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS) dengan rumus berikut ini untuk memastikan keandalan data.

$$S^*k = \sum_{i=1}^k (R_i - \bar{R})$$

Dimana :

S^* = Simpangan mutlak

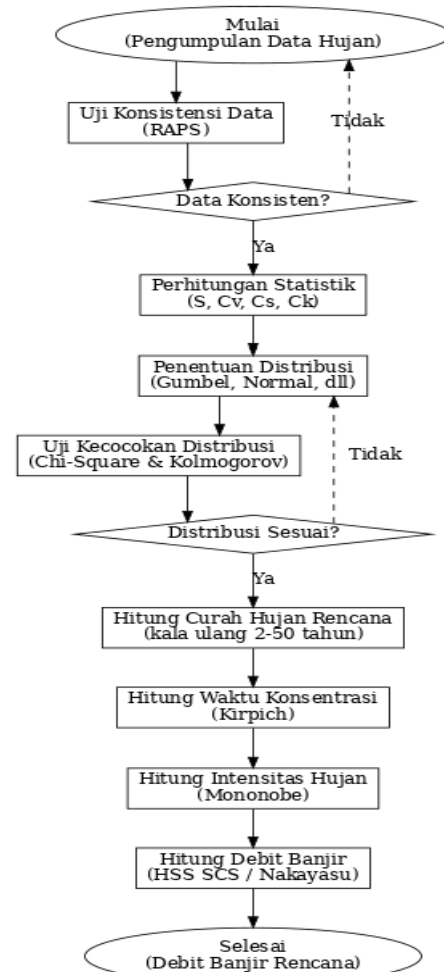
$\bar{R}$ = Nilai statistik (range)

Selanjutnya, data curah hujan dianalisis menggunakan empat jenis distribusi probabilitas Gumbel, Normal, Log-Normal, dan Log Pearson Type III [5].

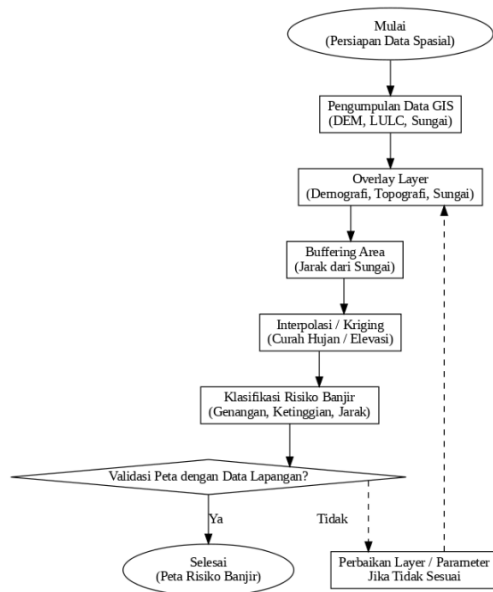
NO	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3
2	Log Normal	Ck = Cv ³ + 3Cv + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 Ck = Cv ³ + 3Cv
3	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4
4	Log Pearson III	Cs ≠ 0

Pemilihan distribusi terbaik didasarkan pada uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov dan Chi-Square [5]. Distribusi Log Pearson III terpilih sebagai model terbaik karena memiliki nilai parameter statistik yang sesuai serta memenuhi tingkat signifikansi yang disyaratkan

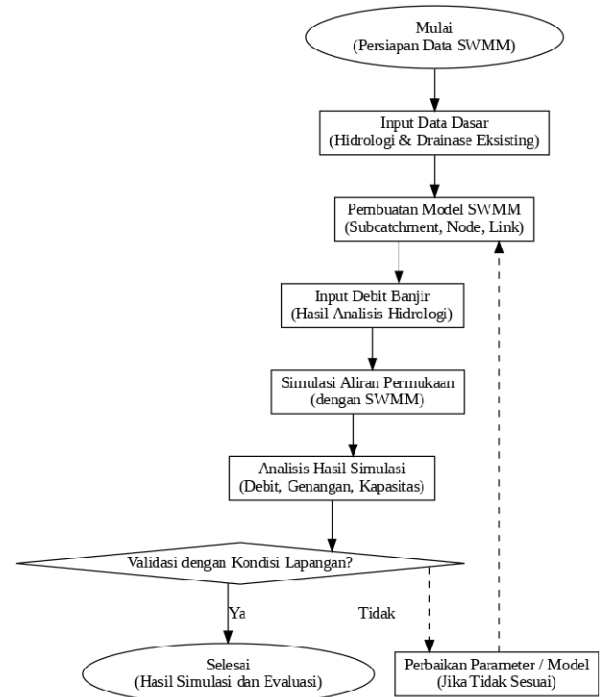
Curah hujan rencana yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe [6]. Selanjutnya, perhitungan debit puncak dilakukan menggunakan metode Heterograf [6], [7]. Pada tahapan ini juga dihitung waktu konsentrasi menggunakan metode Kirpich dan rumus empiris lain berdasarkan karakteristik daerah tangkapan air (DTA) [6].



Analisis spasial dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS Pro, dengan teknik overlay untuk memetakan area rawan genangan berdasarkan elevasi, jarak ke saluran, dan histori banjir seperti yang tertera pada diagram alir berikut. Pendekatan analisis arah aliran dan pergerakan alur ini diadaptasi dari metode yang digunakan oleh Kuntjoro et al. [8] untuk memetakan karakteristik hidrologis kawasan. Teknik buffering digunakan untuk menentukan zona pengaruh terhadap saluran, sedangkan interpolasi kriging diterapkan untuk menghasilkan kontur ketinggian yang lebih akurat.



Simulasi banjir dilakukan dengan perangkat lunak SWMM versi 5.1. Subcatchment dibentuk berdasarkan arah limpasan dan batas DTA, dengan node dan link yang merepresentasikan jaringan saluran eksisting seperti yang ditunjukkan pada diagram alir berikut. Input curah hujan dalam bentuk time series diberikan pada modul rain gage, dan simulasi dijalankan untuk mengevaluasi respons sistem drainase terhadap curah hujan kala ulang 5 dan 10 tahun. Output berupa *node flooding* dan grafik elevasi muka air digunakan untuk menilai kinerja saluran eksisting serta dasar perencanaan perbaikan dimensi saluran.



Hasil dan Pembahasan

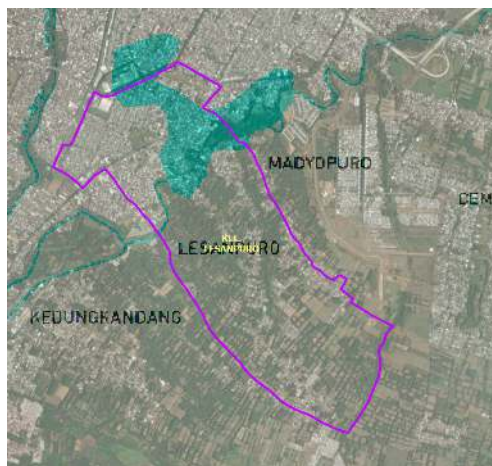
Bagian ini menyajikan hasil analisis dari data yang telah dikumpulkan dan pengolahan yang dilakukan terhadap sistem drainase di Kelurahan Lesanpuro, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang. Analisis mencakup kondisi eksisting saluran drainase, pengolahan data curah hujan, perhitungan debit banjir rencana, simulasi kapasitas saluran menggunakan perangkat lunak SWMM, serta rencana perbaikan saluran yang dilengkapi dengan estimasi biaya konstruksi.

Hasil analisis hidrologi memberikan gambaran mengenai intensitas hujan dan debit puncak yang digunakan sebagai dasar evaluasi kapasitas saluran eksisting. Simulasi pemodelan dilakukan untuk melihat respons sistem drainase terhadap beban limpasan aktual dan menentukan titik-titik kritis yang memerlukan penanganan teknis. Pembahasan pada bagian ini juga mencakup usulan desain saluran yang baru dan rencana anggaran biaya sebagai bentuk tindak lanjut teknis dari hasil evaluasi.

Tabel 1. Ukuran Penampang Drainase Eksisting

No	Nama Jalan	Ukuran drainase eksisting			
		latas (cm)	l bawah (cm)	tinggi (cm)	m
1	Jl Ranugrati - Kali bango	120	50	150	0.233
2	Jl Selat Bali	75	40	75	0.233
3	Jl Selat Sunda I	60	35	65	0.192
4	Jl Selat Sunda II	60	35	65	0.192
5	Jl Selat Sunda III	60	35	65	0.192
6	Jl Selat Sunda IV	60	35	65	0.192
7	Jl Selat Sunda V	60	35	65	0.192
8	Jl Selat Sunda VI	60	35	65	0.192
9	Jl Selat Sunda VII	60	35	65	0.192
10	Jl Selat Sunda VIII	60	35	65	0.192
11	Jl Danau Toba	160	90	125	0.280
12	Jl Selat Karimata	75	40	75	0.233
12	Jl Lesanpuro Gg 1	70	50	60	0.167
13	Jl Lesanpuro Gg 12	80	80	85	0.000
14	Jl Gribig	125	125	150	0.000

Hasil survei menunjukkan bahwa sistem drainase di Kelurahan Lesanpuro didominasi oleh saluran terbuka dengan penampang yang bervariasi yaitu dimensi saluran eksisting di wilayah penelitian memiliki variasi lebar antara 35–160 cm, tinggi antara 35–150 cm, serta rata-rata luas penampang sebesar 0,124 m². Nilai ini menunjukkan ketidaksesuaian terhadap standar teknis drainase perkotaan [4], di mana kapasitas penampang minimal yang direkomendasikan untuk kawasan padat penduduk dengan debit limpasan tinggi adalah $\geq 0,25$ m² [4], [9]. Dengan dimensi eksisting tersebut, kemampuan saluran dalam menampung debit rencana hanya mencapai sekitar 40–60% dari kebutuhan berdasarkan hasil simulasi hidrolika pada kala ulang 5 tahun. Kondisi ini diperparah oleh sedimentasi dengan ketebalan rata-rata 10–20 cm, yang mengurangi kapasitas efektif saluran hingga 15–25%. Secara keseluruhan, sekitar 70% segmen saluran yang diamati tergolong tidak memenuhi kapasitas hidrolik yang disyaratkan, sehingga diperlukan perbaikan dimensi dan peningkatan pemeliharaan rutin agar sistem drainase mampu berfungsi optimal.



Gambar 1. Overlay Daerah Rawan Banjir

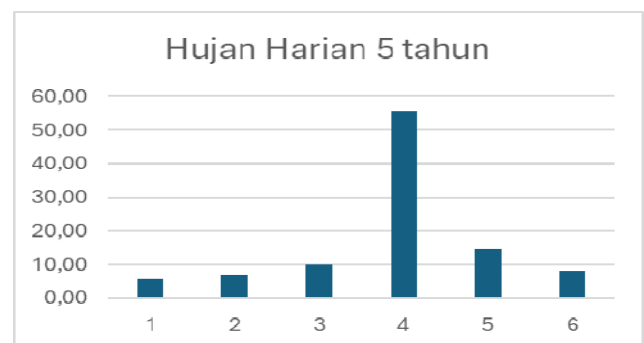
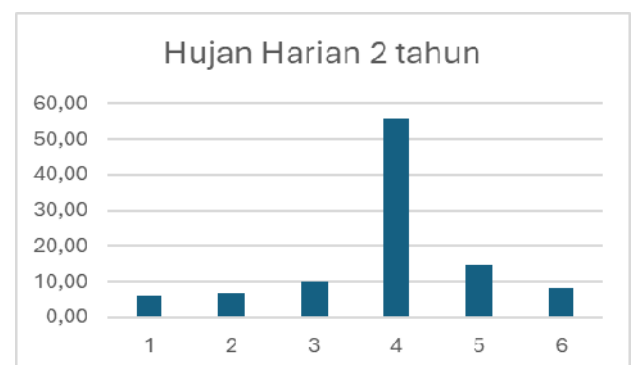
Banyak saluran mengalami pendangkalan akibat sedimentasi serta tertutup oleh vegetasi dan sampah, yang menyebabkan aliran tidak optimal. Pada beberapa titik, saluran bahkan mengalami limpasan ke permukaan jalan saat hujan berintensitas tinggi, mengindikasikan kapasitas hidraulik yang tidak memadai.

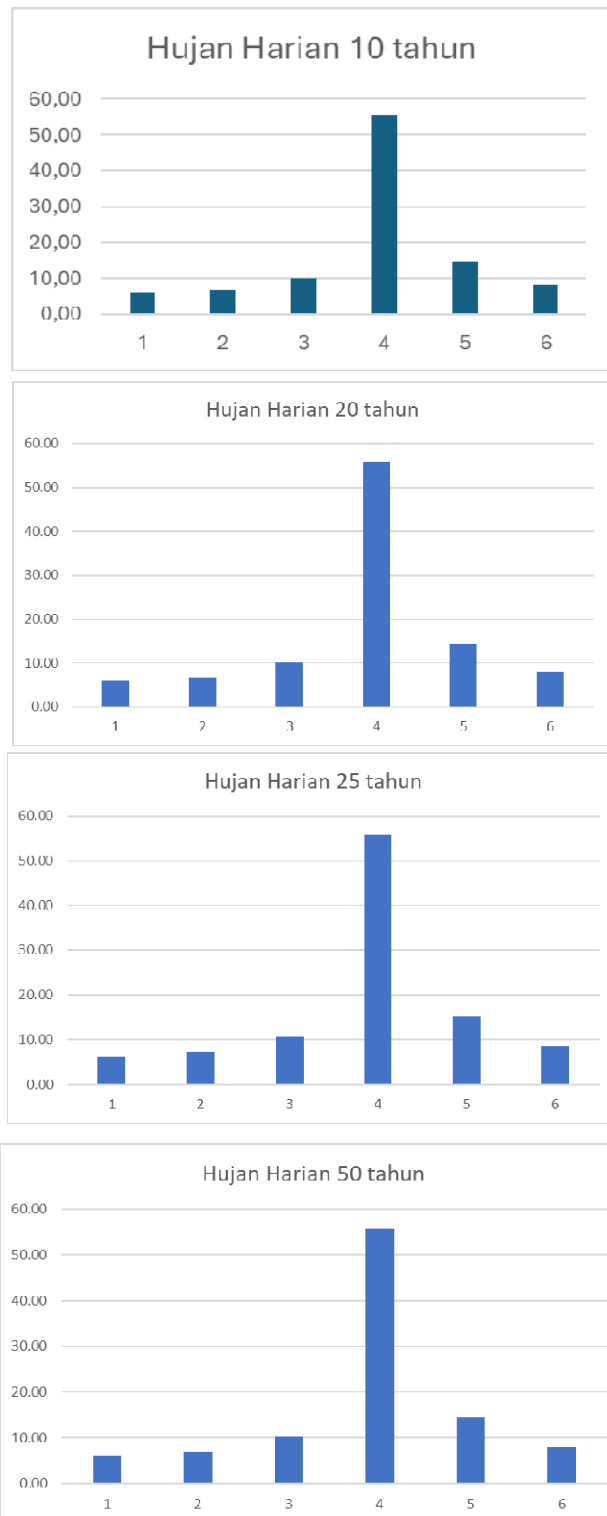
Analisis curah hujan dari ketiga stasiun menunjukkan bahwa Stasiun Kedungkandang memberikan nilai hujan rencana tertinggi. Dengan menggunakan distribusi Log Pearson III, diperoleh curah hujan rencana sebesar 103,47 mm untuk kala ulang 5 tahun dan 104,89 mm untuk kala ulang 10 tahun [5].

Tabel 2. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rencana Poligon Thiessen (mm)	Curah Hujan Rencana Stasiun Kedungkandang (mm)
2	59,504	101,190
5	61,642	103,467
10	62,911	104,886
20	64,139	106,314
25	64,387	106,602
50	65,415	107,805
100	66,391	108,975

Nilai ini kemudian digunakan untuk menghitung intensitas hujan dengan rumus heterograf [6], yang menghasilkan intensitas maksimum mencapai 55,69 mm/jam pada kala ulang 50 tahun.

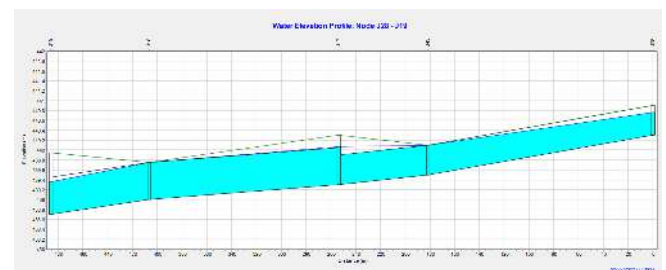




Gambar 2. Heterograf hujan jam-jaman periode ulang 2 Tahun, 5 Tahun, 10 Tahun, 20 Tahun, 25 Tahun, dan 50 Tahun

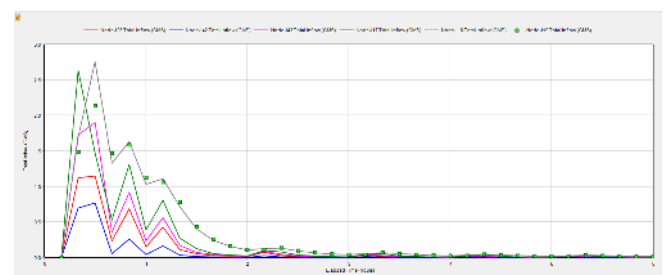
Debit puncak dihitung dengan metode H, dengan mempertimbangkan luas DTA, waktu konsentrasi, serta karakteristik limpasan dari permukaan lahan. Fluktuasi debit yang terjadi pada saluran terbuka juga perlu diperhatikan karena berpengaruh terhadap evolusi dasar saluran dan kapasitas hidraulik jangka panjang [10].

Simulasi dengan SWMM menunjukkan bahwa pada skenario hujan dengan kala ulang 2 tahun, sistem drainase eksisting tidak mampu mengalirkan seluruh debit limpasan. Beberapa node dalam model mengalami flooding, terutama di area dengan elevasi rendah atau saluran menyempit.



Gambar 3. Elevasi Muka Air Eksisting

Grafik elevasi muka air dan inflow menunjukkan bahwa tinggi muka air melebihi elevasi saluran, yang menjadi indikasi perlunya perbaikan dimensi.



Gambar 4. Grafik Inflow Eksisting

Sebagai tindak lanjut dari hasil simulasi, dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran. Berdasarkan perhitungan debit rencana dan parameter hidrolis, saluran dengan penampang persegi atau trapezoidal direkomendasikan [4], dengan lebar berkisar antara 1 hingga 1,5 meter dan tinggi antara 1,2 hingga 1,8 meter, disesuaikan dengan kontur dan ruang eksisting.

Tabel 3. Rencana Redesain Saluran

Saluran	Q _{des}	B _{des}	H _{des}	Elevation		l	Slope (i)	n	A	P	R	Q _{des}	Ket	
				1	2									
J28	1.150	0.8	0.8	0	440.3	439.5	181.67	0.44%	0.013	0.640	2.400	0.267	1.353	OK
J42	0.760	0.8	0.8	0	440	439.5	91	0.55%	0.013	0.640	2.400	0.267	1.511	OK
J43	1.900	1	1	0	439.5	439.3	71.98	0.28%	0.013	1.000	3.000	0.333	1.949	OK
J17	2.64	1	1	0	439.3	438.5	153	0.52%	0.013	1.000	3.000	0.333	2.673	OK
J18	2.75	1	1.2	0	438.5	438.2	79.4	0.38%	0.013	1.200	3.400	0.353	2.833	OK

Rencana Anggaran Biaya (RAB) disusun berdasarkan gambar kerja dan volume pekerjaan. Estimasi total biaya

untuk perbaikan sistem drainase mencapai Rp. 423.706.000,00, yang mencakup pekerjaan galian, urugan pasir, pemasangan U-Ditch.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem drainase di Kelurahan Lesanpuro belum mampu menampung debit limpasan yang terjadi akibat curah hujan dengan kala ulang 5 dan 10 tahun. Hasil survei dan pemodelan menunjukkan bahwa banyak saluran mengalami pendangkalan, penyempitan, dan penutupan oleh vegetasi atau sampah, yang menyebabkan aliran tidak optimal dan memicu terjadinya genangan.

Analisis hidrologi menggunakan data curah hujan dari tiga stasiun menunjukkan bahwa distribusi Log Pearson Type III adalah model terbaik untuk menentukan curah hujan rencana. Nilai intensitas hujan maksimum mencapai 115,83 mm/jam.

Pemodelan SWMM menunjukkan bahwa elevasi muka air pada beberapa node melampaui elevasi saluran eksisting, yang menandakan ketidaksesuaian kapasitas.

Oleh karena itu, dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran dengan penampang persegi, agar mampu menampung debit rencana dan mengurangi potensi genangan. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang disusun untuk pelaksanaan perbaikan sistem drainase mencapai Rp. 423.706.000,00. Penelitian ini memberikan rekomendasi teknis penting bagi perencanaan drainase berbasis data hidrologi dan spasial yang berkelanjutan di wilayah perkotaan [1], [4].

Daftar Pustaka

- [1] A. Maryono, *Pembangunan Sungai: Menanggulangi Banjir dan Kerusakan Lingkungan Wilayah Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2001.
- [2] F. D. Harijanto, K. Kuntjoro, S. Saptarita, dan S. K. Aziz, "Analisis Pola Hujan dan Musim di Jawa Timur Sebagai Langkah Awal Untuk Antisipasi Bencana Kekeringan," *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 10, no. 2, hal. 95, 2012.
- [3] I. Sa'ud dan I. P. A. Wiguna, "Penentuan Alternatif Penanggulangan Genangan Akibat Perubahan Tataguna Lahan di Wilayah Surabaya," *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVII*, hal. B-6-1–B-6-8, 2013.
- [4] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI, 2004.
- [5] Soewarno, *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*, Jilid 1. Bandung: Nova, 1995.
- [6] Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset, 2008.
- [7] Kamiana, *Hidrologi Terapan*. Jakarta: Erlangga, 2010.
- [8] K. Kuntjoro, C. Anwar, P. Pudiastuti, F. D. Harijanto, dan S. Sungkono, "Inisiasi Perkiraan Arah Pergerakan

Alur Sungai," *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 11, no. 2, hal. 47, 2013.

- [9] Bappeda Kotamadya Surabaya, "Surabaya Drainage Master Plan 2018." Surabaya, 2000.
- [10] Kuntjoro, I. Saud, dan D. Harijanto, "Discharge Fluctuation Effect on Meandering River Bed Evolution," *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, vol. 267, no. 1, hal. 012032, 2017.