



Mengatasi Genangan Jalan Donowati Kota Surabaya Melalui Perbaikan Drainase

J. Caroline^{1*}, A. I. D. Syafiarti²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama
Surabaya, Surabaya, Indonesia

Email : ^{1*}jennycar@itats.ac.id, ²arintha@itats.ac.id

ARTICLE INFO

Article history :

Artikel masuk : 05 – 06 – 2023
Artikel revisi : 16 – 06 – 2023
Artikel diterima : 30 – 06 – 2023

Keywords :

Channel Redesign, Drainage, Inundation, Urban Drainage.

Style IEEE dalam mensitasi artikel ini:

J. Caroline, and A. I. D. Syafiarti
"Mengatasi Genangan Jalan Donowati Kota Surabaya Melalui Perbaikan Drainase," *Jurmateks*, vol.6, no.1, pp. 58-70, 2023, doi: 10.30737/jurmateks.v6i1.4713

ABSTRACT

Surabaya plays a crucial role as the economic center in eastern Indonesia. However, it is identified as a waterlogging-prone area. Several regions have experienced flooding with water heights ranging from 10 to 70 cm, lasting up to 6 hours. This issue also happened in the Donowati area, Surabaya where mismatches in the construction of urban drainage channels with design criteria were found, resulting in inundation. These inundations cause infrastructure damage, health risks, disruption of activities, and economic losses. This research aims to evaluate and optimize the drainage system in Jalan Donowati, Surabaya. The research was conducted by collecting existing canal dimension data and hydrological data. Furthermore, data analysis was carried out, including hydrological and hydraulics analysis. Repairs will be carried out if an overflow occurs so the channel can run normally. The results showed drainage channels on Jalan Donowati could not accommodate rainwater due to their small capacity, namely one secondary and three tertiary channels. The channel redesign obtained dimensions of 1 m x 1 m for the secondary channel and 0.7 m x 0.6 m for the tertiary channel. The validation results show that the new dimension is safe against high rainfall. In addition to channel re-dimensions, inlet additions were also made to allow rainwater to enter the drainage canals more efficiently. So that with this new dimension, it can prevent inundation that occurs during the rainy season.

1. Pendahuluan

Surabaya dikenal sebagai kota jasa dan perdagangan. Sebagai Ibu Kota Jawa Timur, Surabaya memiliki pengaruh yang signifikan dalam perekonomian regional. Kota ini menawarkan berbagai aktivitas dan fasilitas yang lengkap, termasuk pusat-pusat perkantoran modern, pusat perbelanjaan terkemuka, hotel-hotel bintang lima, restoran dan kafe yang trendi, serta beragam hiburan dan rekreasi. Sebagai salah satu kota terbesar di Indonesia, Surabaya

memiliki jumlah penduduk yang cukup besar. Namun, luas wilayah yang terbatas mengakibatkan tingkat kepadatan yang tinggi di beberapa daerah perkotaan. Hal ini berdampak pada kemacetan lalu lintas, peningkatan kebutuhan akan perumahan, serta meningkatnya permintaan akan fasilitas umum dan infrastruktur yang memadai [1]. Dengan luas wilayah 326,81 km², kepadatan penduduk Kota Surabaya pada tahun 2020 sebanyak 8.867 jiwa per km².

Dalam kondisi tersebut, salah satu infrastruktur yang perlu mendapatkan perhatian serius adalah drainase. Surabaya telah diidentifikasi sebagai wilayah yang rentan terhadap genangan air akibat limpahan debit air sungai dan saluran selama musim hujan [2]. Salah satu faktor utama penyebabnya adalah kurangnya sistem drainase yang memadai [3]. Beberapa wilayah di Kota Surabaya telah mengalami genangan dengan ketinggian antara 10 hingga 70 cm, yang dapat bertahan hingga 6 jam [4]. Diperkirakan sekitar 462,64 hektar wilayah di Surabaya tergenang saat terjadi hujan yang menyebabkan kerusakan atau berlubang pada 366 ruas jalan di kota. Pemerintah menganggap masalah ini sangat serius dan telah menjadikannya sebagai salah satu program prioritas dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Surabaya 2021-2026.

Jalan Donowati merupakan wilayah pada permukiman di Surabaya Utara. Saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi, daerah ini sering mengalami genangan air. Penyebabnya utamanya adalah saluran drainase sekunder di Donowati yang tidak mampu menampung air hujan dan limpasan dari saluran Sukomanunggal Jaya. Hal ini menunjukkan kegagalan sistem drainase di daerah tersebut [2]. Terdapat beberapa faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya genangan, antara lain curah hujan tinggi, sistem drainase yang tidak memadai [5]–[8], perubahan tata guna lahan, dan ketidakseimbangan dalam perencanaan wilayah [9]–[13]. Selain itu, salah satu penyebab genangan adalah konstruksi saluran drainase perkotaan atau perumahan yang tidak sesuai dengan kriteria desain [14],[15]. Bahkan di luar negeri, seperti di Kroasia ditemukan sistem saluran yang tidak mampu mengalirkan air hujan, sehingga memerlukan perancangan ulang sebagai respons terhadap perubahan iklim [16]. Redesain dilakukan untuk mencegah luapan air pada saluran [17]. Selain itu, desain ulang instrumen hidrologi mempertimbangkan penggunaan ruang perkotaan yang beragam [18][19][20].

Berbagai daerah seperti Aceh, Jakarta, Palangkaraya, Medan, dan Pontianak telah melakukan evaluasi dan perbaikan sistem drainase. Upaya tersebut meliputi desain ulang saluran, penggunaan *system polder*, kolam retensi, *permeable pavement*, dan *planters boxes* [21], [22], [23], [24]. Tindakan-tindakan tersebut terbukti efektif dalam mengendalikan

genangan air dan mendukung pembangunan kawasan perkotaan [25]. Demikian pula, di Jalan Donowati Surabaya, perlu dilakukan evaluasi terhadap kondisi yang ada dan mengimplementasikan solusi serupa guna mengatasi masalah genangan air di daerah tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan evaluasi dan optimalisasi sistem drainase di Jalan Donowati, Surabaya. Dengan melakukan evaluasi tersebut, akan didapatkan gambaran tentang kinerja sistem drainase saat ini. Hasil evaluasi tersebut akan dijadikan sebagai dasar dalam menentukan solusi yang paling tepat dan efektif untuk mengurangi risiko genangan yang terjadi.

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian di Jalan Donowati Kota Surabaya dengan Luas Area 96.906 m². Lokasi tersebut mempunyai 2 Saluran sekunder dan 14 Saluran tersier. Penelitian diawali dengan pengumpulan data. Selanjutnya akan dilakukan analisis hidrologi serta hidrolika untuk mengevaluasi kinerja saluran drainase. Dari hal tersebut akan didapatkan saluran yang mempunyai kondisi tidak aman dan berpotensi menyebabkan genangan. Kemudian akan dilakukan upaya perbaikan saluran untuk mencegah terjadinya genangan.

2.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data dimensi saluran eksisting (**Tabel 1**) yang didapatkan melalui pengukuran lapangan, peta tata guna lahan untuk menentukan koefisien pengaliran yang dipengaruhi oleh kondisi topografi, dan *Site Map* Saluran (**Gambar 2**) yang menggambarkan pola, letak, dan hubungan antara saluran sekunder, dan tersier dalam yang ditinjau. Selain itu, data hidrologi berupa curah hujan harian maksimum selama 10 tahun terakhir (2013-2022) dari stasiun hujan Simo dan stasiun hujan Kandangan juga dikumpulkan. Data curah hujan harian digunakan untuk mengestimasi debit hujan rencana



Sumber : Data Peneliti, (2022).

Gambar 1. *Site Map* Saluran di Jalan Donowati

Tabel 1. Data Dimensi Saluran Drainase

Saluran	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Volume (m/dt)
Sekunder A	406	70	60	3,077
Sekunder B	382	70	60	3,077
T. DNT 2a	352	30	40	1,931
T. DNT 4a	376	30	40	1,931
T. DNT SKL	394	35	40	2,076
T. DNT KBRN	354	30	40	1,931
T. SKM J 1	110	40	60	2,383
T. SKM J 3	55	40	60	2,383
T. SKM J 5	80	40	60	2,383
T. SKM J 6	225	40	60	2,383
T. SKM J 7	186	40	60	2,383
T. SKM J 8	247	40	60	2,383
T. SKM J 9	346	40	60	2,383
T. SKM J 10a	282	40	60	2,383
T. SKM J 10b	232	40	60	2,383
T. SKM J 11	145	40	60	2,383

Sumber : Data Peneliti, (2022).

Saluran tersier pada wilayah Donowati diberi kode T.DNT dengan jumlah saluran sebanyak 4.

2.2 Analisis Hidrologi

Data hidrologi akan dilakukan analisis hujan rata rata. Untuk mengevaluasi tingkat variasi atau dispersi data curah hujan dilakukan perhitungan standar deviasi. Diperhitungkan pula, koefisien kemiringan (C_s), koefisien variasi (C_v), dan koefisien ketajaman (C_k) untuk menentukan tipe distribusi yang tepat. Adapun parameter-parameter untuk menentukan metode distribusi yang digunakan dipaparkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Parameter Penentuan Tipe Distribusi

Distribusi	Persyaratan
Normal	$C_s = 0,0$ $C_k = 3,0$
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 5C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
Gumbel	$C_s = 1,396$ $C_k = 5,4002$
Type III Log Pearson	Jika tidak menunjukkan sifat dari ketiga distribusi di atas

Sumber : Data Penelitian, (2022).

Pengujian kecocokan menggunakan *Chi-square* atau *Kolmogorov-Smirnov* digunakan memvalidasi apakah distribusi tersebut cocok dengan data curah hujan yang ada. Penentuan koefisien aliran yang digunakan diperlukan dalam perhitungan debit aliran. Dalam analisisnya, digunakan koefisien pengaliran berdasarkan jenis permukaan terlebih dahulu pada **Tabel 2**.

Tabel 3. Koefisien Pengaliran C

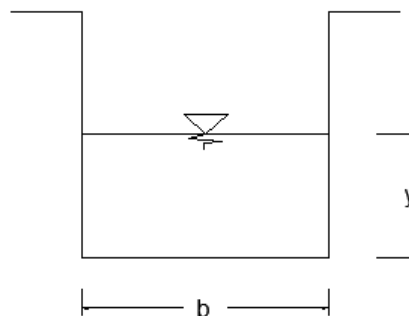
Land	Soil Conditions	C Value
Daerah tidak dikerjakan		0,10 - 0,30
Jalan	Asphalt	0,70 - 0,95
	Concrete	0,80 - 0,95
	Stone	0,70 - 0,85
Atap		0,75 - 0,95

Sumber : Data Penelitian, (2022).

Intensitas hujan ditentukan menggunakan persamaan *Mononobe*. Debit air hujan dihitung menggunakan rumus rasional yang dipengaruhi oleh koefisien drainase di suatu wilayah perencanaan, intensitas hujan dan luas wilayah drainase. Sedangkan, debit banjir rencana dihitung berdasarkan jumlah air hujan dan jumlah air rumah tangga yang mengalir melalui saluran drainase di wilayah perencanaan.

2.3 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika mencakup penentuan kapasitas saluran yang digunakan menentukan apakah debit rencana dapat mengalir melalui saluran yang ada tanpa adanya luapan air di dalamnya. Dalam menghitung kapasitas saluran digunakan koefisien kekasaran manning yang. Adapun saluran eksisting berbentuk dasar segi empat sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Sumber : Data Peneliti, (2022).

Gambar 2. Potongan Melintang Saluran

3. Hasil dan Analisis

3.1 Analisis Hidrologi

Adapun data curah hujan selama 10 tahun terakhir (2013-2022) dari stasiun hujan Simo dan stasiun hujan Kandangan dipaparkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Data Curah Hujan Maksimum

Tahun	Data curah hujan dari stasiun hujan (mm/s)		Curah hujan maksimum (mm/s)
	Simo	Kandangan	
2013	107	78	92,5
2014	98	88	93
2015	58	79	68,5
2016	67	82	74,5
2017	52	75	63,5
2018	78	81	79,5
2019	88	63	75,5
2020	86	120	103
2021	102	90	96
2022	49	96	72,5

Sumber : Dinas PU Sumber Daya Air, Jawa Timur, (2022).

Berdasarkan **Tabel 4.** disimpulkan bahwa terdapat variasi curah hujan mengalami kenaikan dan penurunan tiap tahunnya. Curah hujan maksimum yang tercatat berada dalam rentang 60 hingga 103 mm/s. Nilai tersebut masih jauh dibawah rentang curah hujan maksimum yang dikategorikan ekstrem, seperti yang pernah diramalkan di Bangladesh yaitu pada rangsan 200-300 mm [26]. Hal tersebut menunjukkan bahwa curah hujan yang terjadi masih berada dalam rentang normal.

Dari data curah hujan didapatkan nilai Cs sebesar 2,874 dan Ck sebesar 2,716. Oleh karena itu, untuk memperkirakan intensitas curah hujan dengan probabilitas tertentu digunakan tipe distribusi *Log Pearson Tipe III*. Selain itu, nilai *Chi-squared* teoritis lebih besar dari nilai *Chi-squared* hitung ($5,991 > 5$). Hal ini menunjukkan bahwa distribusi tersebut cocok dengan data curah hujan yang ada. Dengan menggunakan derajat kepercayaan 5% dan jumlah data sebanyak 10, diperoleh nilai maksimum metode distribusi *Log Pearson Tipe III* , yaitu X2 sebesar 79,06 mm dan X5 sebesar 92,25 mm. Nilai ini digunakan dalam perhitungan intensitas curah hujan pada setiap saluran. Adapun nilai perhitungan waktu konsentrasi dan intensitas hujan dipaparkan pada **Tabel 5.**

Tabel 5. Hasil Perhitungan Waktu Konsentrasi dan Intensitas Hujan

Saluran	Panjang (m)	tc (menit)	I (mm/jam)	Saluran	Panjang (m)	tc (menit)	I (mm/jam)
Sekunder A	406	6,176	145,879	T. SKM J 5	80	1,816	330,040
Sekunder B	382	5,732	153,321	T. SKM J 6	225	5,034	167,193
T. DNT 2a	352	6,062	147,702	T. SKM J 7	186	4,091	192,011
T. DNT 4a	376	6,644	138,943	T. SKM J 8	247	5,590	155,900
T. DNT SKL	394	9,883	106,610	T. SKM J 9	346	8,300	119,774
T. DNT KBRN	354	9,129	112,403	T. SKM J 10a	282	3,885	198,735
T. SKM J 1	110	1,709	343,662	T. SKM J 10b	232	3,519	212,273
T. SKM J 3	55	1,336	404,979	T. SKM J 11	145	3,004	235,921

Sumber : Hasil Penelitian, (2022).

Dari **Tabel 5**, dapat diketahui waktu konsentrasi hujan bervariasi antara 1.336 menit hingga 9.883 menit. Dengan periode ulang 5 tahun, Intensitas curah hujan (I) pada saluran berkisar antara 106.610 mm/jam hingga 404.979 mm/jam. Intensitas tersebut dikategorikan dalam kondisi tinggi [27]. Hal tersebut menunjukkan bahwa curah hujan pada intensitas tersebut memiliki tingkat keparahan yang tinggi 10.18517/ijaseit.9.6.10239

Dengan memperhatikan luas pada beberapa komponen seperti atap (73091 m²), jalan lingkungan (14393 m²), taman/pemukaman (8184 m²) serta daerah yang tidak dikerjakan (1237 m²) didapatkan koefisien pengaliran dan koefisien limpasan masing-masing sebesar 0,90 dan 0,89.



Sumber : Data Peneliti, 2022

Gambar 3. Pembagian Area Limpasan

Area limpasan dibagi menjadi dua area, yaitu Limpasan A (4 saluran tersier Donowati dan 8 saluran Sukomanunggal Jaya) dan Limpasan B (2 saluran tersier Sukomanunggal Jaya), Pembagian dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan aliran permukaan yang berasal dari berbagai saluran tersier yang berbeda.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Debit

Saluran	Debit air hujan Qh (m ³ /s)	Debit Limpasan Qh (m ³ /s)	Debit Banjir Rencana Qh (m ³ /s)	Saluran	Debit air hujan Qh (m ³ /s)	Debit Limpasan Qh (m ³ /s)	Debit Banjir Rencana Qh (m ³ /s)
Sekunder A	0,295	3,281	3,576	T. SKM J 5	0,207	-	0,207
Sekunder B	0,285	0,775	1,060	T. SKM J 6	0,253	-	0,253
T. DNT 2a	0,360	-	0,360	T. SKM J 7	0,265	-	0,265
T. DNT 4a	0,395	-	0,395	T. SKM J 8	0,220	-	0,220
T. DNT SKL	0,358	-	0,358	T. SKM J 9	0,249	-	0,249
T. DNT KBRN	0,225	-	0,225	T. SKM J 10a	0,519	-	0,519
T. SKM J 1	0,191	-	0,191	T. SKM J 10b	0,410	-	0,410
T. SKM J 3	0,185	-	0,185	T. SKM J 11	0,264	-	0,264

Sumber : Hasil Penelitian, (2022).

3.2 Analisis Hidrolika

Hasil perhitungan antara debit saluran dan debit rencana dipaparkan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Debit Saluran dan Debit Rencana

Saluran	Qexisting (m ³ /s)	Q Banjir Rencana (m ³ /s)	Kondisi
Sekunder A	1,293	3,576	Tidak memenuhi
Sekunder B	1,293	1,060	Aman
T. DNT 2a	0,232	0,360	Tidak memenuhi
T. DNT 4a	0,232	0,395	Tidak memenuhi
T. DNT SKL	0,291	0,358	Tidak memenuhi
T. DNT KBRN	0,232	0,225	Aman
T. SKM J 1	0,572	0,191	Aman
T. SKM J 3	0,572	0,185	Aman
T. SKM J 5	0,572	0,207	Aman
T. SKM J 6	0,572	0,253	Aman
T. SKM J 7	0,572	0,265	Aman
T. SKM J 8	0,572	0,220	Aman
T. SKM J 9	0,572	0,249	Aman
T. SKM J 10a	0,572	0,519	Aman
T. SKM J 10b	0,572	0,410	Aman
T. SKM J 11	0,572	0,264	Aman

Sumber : Hasil Penelitian, (2022).

Pada **Tabel 7**, didapatkan bahwa beberapa saluran seperti Sekunder A dan saluran tersier Donowati tidak mampu menampung debit rencana yang ada. Area ini merupakan area padat penduduk seperti Donowati 2a dan 4a dan Gang Sekolah yang pola tata guna lahannya belum cukup memadai. Kondisi ini menyebabkan saluran- saluran tersebut tidak mampu menangani aliran air yang cukup besar. Donowati 2a dan 4a memiliki lebar jalan 1,2 m dan dilengkapi dengan saluran drainase U ditch pada sisi kiri dan kanan selebar 30cm. Sementara itu, saluran sekunder A terletak di area pemukiman dengan beberapa ruko yang cukup ramai. Saluran drainase yang tersedia merupakan saluran drainase terbuka, seperti yang terlihat pada **Gambar 4**.



(a)



(b)

Sumber : Hasil Penelitian, 2022

Gambar 4. (a) Kondisi Saluran Sekunder di Jalan Donowati; (b) Saat Musim Hujan

Selain saluran yang tidak dapat menampung debit hujan yang ada, terjadi genangan air hujan pada jalan karena air tidak dapat masuk kedalam saluran secara maksimal. Terlihat pada gambar 4 kondisi konstruksi drainase yang kurang tepat berpengaruh pada terjadinya genangan. Kurangnya inlets atau pintu air yang memadai di sepanjang jalan menjadi penyebabnya. Kondisi inlets yang ada menyebabkan air sulit dialirkan dan akhirnya menggenangi di permukaan jalan.

3.3 Desain Ulang Saluran

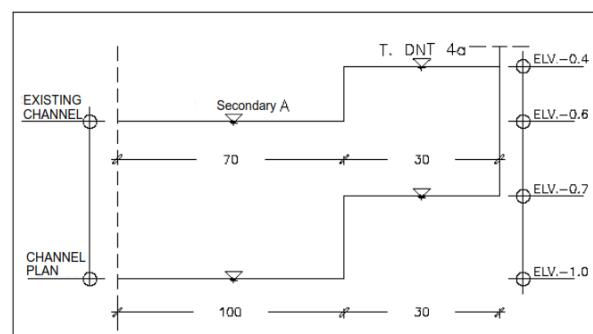
Upaya perbaikan untuk menjadikan saluran mampu menampung debit banjir rencana yang ada adalah sebagai berikut: Pada saluran sekunder, dilakukan perluasan dan pelebaran saluran sehingga memiliki dimensi 1 m x 1 m. Sedangkan untuk saluran tersier, upaya perluasan saluran tidak dapat dilakukan karena keterbatasan ruang fisik yang tersedia. Sebagai alternatif, dilakukan perbaikan dengan memperdalam saluran menjadi desain baru dengan dimensi 0,3 m x 0,7 m, dari dimensi awal yang sebesar 0,3 m x 0,4 m. Perubahan dimensi tersebut akan berpengaruh pada kapasitas debit yang dapat ditampung oleh saluran. Rincian perubahan tersebut dapat dilihat melalui **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Debit Saluran (Dimensi Baru) dan Debit Rencana

Saluran	Qc (m ³ /s)	Qh (m ³ /s)	Kondisi
Sekunder A	4,036	3,576	Aman
T. DNT 2a	0,440	0,360	Aman
T. DNT 4a	0,440	0,395	Aman
T. DNT SKL	0,558	0,358	Aman

Sumber : Hasil Penelitian, (2022).

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa semua saluran dengan desain dimensi baru memenuhi kondisi keamanan yang diperlukan. Sehingga desain baru tersebut efektif dalam mencegah terjadinya genangan yang terjadi. Selain melalui redimensi, penampahan inlet juga dilakukan untuk memungkinkan air hujan secara lebih efisien masuk ke dalam saluran drainase. Adapun perpotongan saluran sekunder A dengan tersier DNT 4a ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Sumber : Hasil Penelitian, (2022).

Gambar 5. Potongan Melintang Pertemuan antara Saluran Sekunder A dengan Saluran Tersier DNT 4a.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat beberapa saluran drainase di Jalan Donowati yang tidak mampu menampung air hujan dikarenakan mempunyai kapasitas yang kecil, yaitu pada saluran sekunder A, dan saluran tersier Donowati. Desain ulang saluran didapatkan dimensi 1 m x 1m untuk saluran sekunder dan 0,7 m x 0,6 m untuk saluran tersier. Selain melalui redimensi saluran, penambahan inlet juga dilakukan untuk memungkinkan air hujan secara lebih efisien masuk ke dalam saluran drainase. Hasil validasi menunjukkan bahwa dimensi baru tersebut aman terhadap curah hujan tinggi. Sehingga dengan dimensi baru ini dapat mencegah genangan yang terjadi saat musim hujan.

Daftar Pustaka

- [1] B. P. S. K. Surabaya, “Proyeksi Penduduk Kota Surabaya (Jiwa), 2018-2020,” *Jan.*, 2021. <https://surabayakota.bps.go.id/indicator/12/197/1/proyeksi-penduduk-kota-surabaya.html> (accessed Dec. 31, 2022).
- [2] Pemerintah Kota Surabaya, “Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 4 Tahun 2021 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Tahun 2021-2026,” *Lembaran Drh. Kota Surabaya Tahun 2021 Nomor 4*, pp. 1–563, 2021.
- [3] M. H. Imaaduddin, I. Saud, and R. P. Santoso, “Recommendations for planning water infrastructure in the Surabaya City area with the influence of watershed characteristics to realize sustainable settlement drainage that is safe from flooding,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1095, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1095/1/012033.
- [4] R. E. Wibisono and D. P. Nurcahaya, “Analisis Kinerja Saluran Drainase Jalan Di Petemon 4 Kelurahan Petemon Kecamatan Sawahan Kota Surabaya,” *J. Ilm. MITSU (Media Inf. Tek. Sipil Univ. Wiraraja)*, vol. 10, no. 1, pp. 13–20, 2022, doi: 10.24929/ft.v10i1.1349.
- [5] H. P. Adi and S. I. Wahyudi, “Study of Institutional Evaluation in Drainage System Management of Semarang as Delta City,” *Proc. Int. Conf. “Issue, Manag. Eng. Sustain. Dev. Delta Areas, UNISSULA Semarang*, vol. 1, no. 2, pp. 1–7, 2015.
- [6] D. Manatsa, W. Chingombe, and C. H. Matarira, “The impact of the positive Indian Ocean dipole on Zimbabwe droughts Tropical climate is understood to be dominated by,” *Int. J. Climatol.*, vol. 2029, no. March 2008, pp. 2011–2029, 2008, doi: 10.1002/joc.
- [7] R. Barkey, M. Nursaputra, M. F. Mappiase, M. Achmad, M. Solle, and M. Dassir, “Climate change impacts related flood hazard to communities around Bantimurung Bulusaraung National Park, Indonesia,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 235, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/235/1/012022.
- [8] A. Yuniarta, Suripin, and B. H. Setiadji, “Application of sustainable road drainage system: Simulation by using SWMM program,” *Civ. Eng. Archit.*, vol. 8, no. 2, pp. 55–65, 2020, doi: 10.13189/cea.2020.080203.
- [9] I. G. Kasmalkar *et al.*, “When floods hit the road: Resilience to flood-related traffic disruption in the San Francisco Bay Area and beyond,” *Sci. Adv.*, vol. 6, no. 32, pp. 1–9, 2020, doi: 10.1126/sciadv.aba2423.
- [10] M. A. Hossain, S. Mahiuddin, A. U. Ahmad, and A. H. M. Monzurul Mamun, “Causes and Effects of Water Logging in Dhaka City,” pp. 153–171, 2022, doi: 10.1007/978-981-16-6966-8_8.

- [11] J. Yin, D. Yu, and B. Liao, "A city-scale assessment of emergency response accessibility to vulnerable populations and facilities under normal and pluvial flood conditions for Shanghai, China," *Environ. Plan. B Urban Anal. City Sci.*, vol. 48, no. 8, pp. 2239–2253, 2021, doi: 10.1177/2399808320971304.
- [12] Z. Zhu, Z. Chen, X. Chen, and P. He, "Approach for evaluating inundation risks in urban drainage systems," *Sci. Total Environ.*, vol. 553, pp. 1–12, 2016, doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.02.025.
- [13] A. Bintoro, "Evaluasi Sistem Saluran Drainase Perkotaan Pada Kawasan Jalan Laksda Adisucipto Yogyakarta," *Ekon. Islam.*, pp. 122–137, 2014, [Online]. Available: [https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/25104/%5BCetak Perpusnas%5D Ekonomi Islami Solusi Tantangan Zaman.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=71](https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/25104/%5BCetak%20Perpusnas%5D%20Ekonomi%20Islami%20Solusi%20Tantangan%20Zaman.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=71)
- [14] K. Lubis, "Evaluation of Dimensions and Drainage Performance Office in the Aceh Tamiang Area Kuala Simpang," *Britain Int. Exact Sci. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 20–32, 2021, doi: 10.33258/bioex.v3i1.355.
- [15] O.T. Ikotun and D. Sartika, "Evaluation of Drainage Channels on Residential Area," *Int. J. Eng. Appl. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 38–49, 2022, doi: 10.52005/ijeat.v2i1.16.
- [16] I. Nimac, K. Cindrić Kalin, T. Renko, T. Vujnović, and K. Horvath, "The analysis of summer 2020 urban flood in Zagreb (Croatia) from hydro-meteorological point of view," *Nat. Hazards*, vol. 112, no. 1, pp. 873–897, 2022, doi: 10.1007/s11069-022-05210-4.
- [17] N. Faqih and W. Lestarini, "Redesign of road drainage system in jalan Banyumas Km 7 Selomerto, Wonosobo with normal discharge method," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2020. doi: 10.1088/1742-6596/1511/1/012063.
- [18] C. K. Chung, "Applying the 3-layer approach to urban flood management," *Disaster Prev. Manag. An Int. J.*, vol. 24, no. 3, pp. 290–305, 2015, doi: 10.1108/DPM-10-2014-0207.
- [19] Q. S. W. Ali, S. Pandey, R. R. Chaudhuri, S. Behera, and L. Jeyakumar, "Development of rainfall-infiltration measurement system and recharge strategies for urban flooding areas: a case study of Delhi, India," *Model. Earth Syst. Environ.*, vol. 7, no. 4, pp. 2719–2731, 2021, doi: 10.1007/s40808-020-01050-y.
- [20] Y. Abduljaleel, A. Salem, F. ul Haq, A. Awad, and M. Amiri, "Improving detention ponds for effective stormwater management and water quality enhancement under future climate change: a simulation study using the PCSWMM model," *Sci. Rep.*, vol. 13, no. 1, 2023, doi: 10.1038/s41598-023-32556-x.

- [21] K. Anwar, “Kajian Sistem Jaringan Drainase Guna Menanggulangi Genangan Air Hujan di Kawasan Pasar Pajak Pagi Kutacane,” *J. Mesil (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 3, no. 1, pp. 7–12, 2022.
- [22] R. Hidayat, S. Setiyadi, and L. E. Hutabarat, “Evaluation of road drainage capacity to improve optimized road performance in Kebon Pala Area East Jakarta,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 878, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/878/1/012051.
- [23] Z. Wahyu and M. L. Widodo, “Kajian Penanganan Genangan Air Dengan Sistem Polder,” vol. 1, pp. 1–11, 2022.
- [24] L. A. P. W. Pulasari, U. Andawayanti, and E. Suhartanto, “Aplikasi TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) pada Evaluasi Saluran Drainase Perkotaan Berwawasan Lingkungan di Sistem Drainase Sebangau dan Kahayan, Palangka Raya,” *J. Teknol. dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 1, no. 2, pp. 812–825, 2021, doi: 10.21776/ub.jtresda.2021.001.02.39.
- [25] I. Triesna Budiani and Nurmaidah, “Model Permeable Pavement, Bioswale Dan Planters Boxes Sebagai Model Pengendalian Genangan Di Kawasan Permukiman Padat Kota Medan Permeable Pavement, Bioswale and Planters Boxes Models as Models for Inundation Control in Dense Residential Areas of Medan Ci,” *Jcebt*, vol. 6, no. 1, pp. 45–49, 2022, [Online]. Available: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>
- [26] F. Ahammed, G. A. Hewa, and J. R. Argue, “Variability of annual daily maximum rainfall of Dhaka, Bangladesh,” *Atmos. Res.*, vol. 137, pp. 176–182, 2014, doi: 10.1016/j.atmosres.2013.10.013.
- [27] W. Liu, Q. Feng, R. C. Deo, L. Yao, and W. Wei, “Experimental Study on the Rainfall-Runoff Responses of Typical Urban Surfaces and Two Green Infrastructures Using Scale-Based Models,” *Environ. Manage.*, no. Stone 2004, 2020, doi: 10.1007/s00267-020-01339-9.