



Analisis Kawasan Tergenang Akibat Banjir dan Kerusakan Sistem Drainase di Kelurahan Sidakarya, Kecamatan Denpasar Selatan

Edevisio Jose Gandara Sousa Gama^{1*}, I Ketut Nuraga², Dewa Ayu Putu Adhiya Garani Putri³, Decky Cipta Indrashwara⁴

¹⁻⁴Universitas Pendidikan Nasional, Indonesia

Email: edevisiogandara@gmail.com¹, ketutnuraga@undiknas.ac.id², adhiyagariniputri@undiknas.ac.id³, ciptaindrashwara@undiknas.ac.id⁴

*Penulis Korespondensi: edevisiogandara@gmail.com

Abstract. Flooding is one of the most common environmental problems in urban areas, driven by increasing rainfall intensity, land-use changes, population growth, and declining drainage system performance. This study aims to analyze the existing condition of the drainage system, evaluate channel capacity, and examine the relationship between drainage damage and flood inundation areas on Kerta Dalem Street, Sidakarya Village, South Denpasar District. The research employed a quantitative descriptive approach through field surveys, direct observations, drainage channel measurements, and hydrological and hydraulic analyses. The data consisted of drainage channel conditions, rainfall records, and watershed characteristics. The findings indicate that several drainage channels have experienced sedimentation, solid waste blockage, channel siltation, and structural deterioration, resulting in reduced hydraulic capacity and an inability to convey stormwater runoff during periods of high rainfall. These conditions significantly contribute to flooding along road sections and surrounding residential areas. The study concludes that improving drainage capacity through physical rehabilitation, channel normalization, and routine maintenance is essential to reduce flood risk. The findings are expected to provide useful information for local governments in developing more effective and sustainable urban drainage management strategies to minimize flooding impacts in South Denpasar.

Keywords: Channel Capacity; Drainage System; Sedimentation; South Denpasar; Urban Flooding.

Abstrak. Banjir merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang sering terjadi di kawasan perkotaan akibat meningkatnya intensitas curah hujan, perubahan tata guna lahan, pertumbuhan penduduk, serta menurunnya kinerja sistem *Drainase*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi eksisting sistem *Drainase*, menghitung kapasitas saluran, serta mengkaji hubungan antara kerusakan *Drainase* dan luasan genangan banjir di Jalan Kerta Dalem, Kelurahan Sidakarya, Kecamatan Denpasar Selatan. Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan survei lapangan, observasi langsung, pengukuran dimensi saluran, dan analisis data hidrologi serta hidrolika. Data yang digunakan meliputi kondisi fisik saluran, curah hujan, serta karakteristik daerah tangkapan air. Hasil analisis menunjukkan bahwa beberapa saluran *Drainase* mengalami sedimentasi, penyumbatan sampah, pendangkalan, dan kerusakan struktur yang menyebabkan penurunan kapasitas pengaliran sehingga tidak mampu menampung debit limpasan saat hujan dengan intensitas tinggi. Kondisi tersebut berkontribusi terhadap terjadinya genangan pada ruas jalan dan kawasan permukiman di sekitar lokasi penelitian. Penelitian ini menyimpulkan bahwa peningkatan kapasitas saluran melalui rehabilitasi fisik, normalisasi saluran, dan pemeliharaan rutin merupakan langkah yang diperlukan untuk mengurangi risiko banjir. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar bagi pemerintah daerah dalam merencanakan pengelolaan sistem *Drainase* perkotaan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Banjir Perkotaan; Denpasar Selatan; Kapasitas Saluran; Sedimentasi; Sistem *Drainase*.

1. LATAR BELAKANG

Banjir merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang sering terjadi di kawasan perkotaan dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti peningkatan intensitas curah hujan akibat perubahan iklim, perubahan tata guna lahan, pertumbuhan penduduk, serta menurunnya kinerja sistem *Drainase* (Mulyono & Syarif, 2021). Perkembangan kawasan perkotaan menyebabkan bertambahnya luas permukaan kedap air sehingga meningkatkan limpasan permukaan dan beban pada sistem *Drainase*. Apabila kapasitas saluran tidak memadai atau

mengalami kerusakan, maka air hujan tidak dapat dialirkan secara optimal dan berpotensi menimbulkan genangan maupun banjir (Pratama & Wijaya, 2023). Selain itu, kerusakan struktural dan fungsional saluran, seperti sedimentasi, penyumbatan sampah, serta kerusakan konstruksi, dapat menurunkan kapasitas hidrolis *Drainase* secara signifikan (Mulyono & Syarif, 2021).

Kota Denpasar sebagai pusat pemerintahan, ekonomi, dan pariwisata di Provinsi Bali juga menghadapi permasalahan genangan banjir akibat tingginya curah hujan dan meningkatnya tekanan terhadap sistem *Drainase* perkotaan (Sugiyanto et al., 2022). Berdasarkan data klimatologi periode 2021–2025, rata-rata curah hujan tahunan di Kota Denpasar mencapai ± 2.595 mm (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2024). Salah satu wilayah yang sering mengalami genangan adalah Jln. Kerta Dalem, Kelurahan Sidakarya, Kecamatan Denpasar Selatan. Hasil observasi lapangan menunjukkan adanya sedimentasi, penyumbatan sampah, pendangkalan, serta kerusakan struktur pada beberapa saluran *Drainase* yang menyebabkan kapasitas pengaliran air menurun dan memicu genangan pada ruas jalan dan kawasan permukiman.

Temuan tersebut sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa sedimentasi, kurangnya pemeliharaan, serta kerusakan struktural dan fungsional sistem *Drainase* merupakan faktor utama penyebab genangan banjir di kawasan perkotaan (Putra, 2020; Wiradana, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kondisi eksisting sistem *Drainase*, menghitung kapasitas saluran, serta mengkaji keterkaitan antara kerusakan *Drainase* dan luasan genangan banjir di Jln. Kerta Dalem, Kelurahan Sidakarya. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar dalam perencanaan perbaikan dan pengelolaan sistem *Drainase* yang lebih efektif guna mengurangi risiko banjir di wilayah tersebut.

2. KAJIAN TEORITIS

Sistem *Drainase* Perkotaan

Sistem *Drainase* Perkotaan merupakan prasarana yang berfungsi untuk mengalirkan air hujan dan limpasan permukaan dari suatu kawasan agar tidak menimbulkan genangan. Sistem *Drainase* terdiri dari jaringan saluran primer, sekunder, dan tersier yang bekerja secara terpadu dalam mengalirkan air ke badan penerima. Menurut Mulyono et al., (2023), penurunan kinerja sistem *Drainase* perkotaan sering kali dipicu oleh akumulasi sedimen dan sampah yang mereduksi kapasitas tampung saluran. Hal ini diperparah oleh kurangnya pemeliharaan rutin yang menyebabkan sistem tidak mampu mengalirkan debit puncak saat curah hujan tinggi.

Sistem *Drainase* Jalan

Sistem *Drainase* jalan merupakan bagian dari sistem *Drainase* perkotaan yang berfungsi mengalirkan air hujan yang jatuh di permukaan jalan menuju saluran penerima. *Drainase* jalan sangat berpengaruh terhadap kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan, terutama pada saat hujan dengan intensitas sedang hingga tinggi. Saluran *Drainase* jalan umumnya terletak di sisi kiri dan kanan jalan dan dapat berupa saluran terbuka maupun tertutup. Apabila saluran tersebut mengalami kerusakan atau tidak terpelihara dengan baik, maka air hujan akan tertahan di badan jalan dan berpotensi menimbulkan genangan.

Kerusakan Sistem *Drainase* Perkotaan

Kerusakan sistem *Drainase* merupakan kondisi menurunnya fungsi saluran dalam mengalirkan air akibat adanya perubahan fisik, struktural, maupun operasional. Kerusakan ini dapat disebabkan oleh faktor usia saluran, kurangnya pemeliharaan, serta aktivitas manusia di sekitar saluran. Genangan banjir merupakan kondisi terakumulasinya air di suatu area dalam jangka waktu tertentu akibat sistem *Drainase* yang tidak mampu menampung atau mengalirkan air hujan secara optimal. Genangan banjir di kawasan perkotaan umumnya bersifat lokal dan terjadi pada lokasi-lokasi tertentu.

Faktor Penyebab Terjadinya Genangan Banjir

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya genangan banjir di kawasan perkotaan antara lain intensitas hujan yang tinggi, kapasitas saluran *Drainase* yang menurun, kerusakan struktur saluran, penyumbatan oleh sampah, serta kurangnya pemeliharaan sistem *Drainase* secara berkala.

Keterkaitan Kerusakan *Drainase* dengan Genangan Banjir

Kerusakan sistem *Drainase* memiliki keterkaitan langsung dengan terjadinya genangan banjir. Pendangkalan dan penyumbatan saluran akan mengurangi kapasitas aliran, sedangkan kerusakan struktur dapat menghambat aliran air. Kondisi ini menyebabkan air hujan tidak dapat dialirkan secara optimal dan akhirnya meluap ke permukaan jalan.

Selain itu, kerusakan *Drainase* dapat menimbulkan kondisi bottleneck, yaitu titik penyempitan atau hambatan pada saluran yang menyebabkan aliran air tidak mengalir secara lancar. Bottleneck dapat terjadi akibat sedimentasi, penumpukan sampah, penyempitan dimensi saluran, maupun adanya bangunan seperti gorong-gorong atau jembatan yang tidak sesuai kapasitas aliran. Pada kondisi ini, debit air yang masuk lebih besar dibandingkan debit yang dapat dialirkan oleh saluran, sehingga terjadi penumpukan air di bagian hulu dan meningkatkan potensi genangan.

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Jln. Kerta Dalem, Kelurahan Sidakarya, Kecamatan Denpasar Selatan, Kota Denpasar. Lokasi ini dipilih karena sering mengalami genangan banjir yang diduga dipengaruhi oleh penurunan kinerja sistem *Drainase* akibat sedimentasi, penyumbatan sampah, dan kerusakan struktur saluran.

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan analisis hidrologi dan hidrolika sederhana. Analisis hidrologi dilakukan menggunakan Metode Rasional untuk menghitung debit rencana periode ulang 5 tahun, sedangkan analisis hidrolika menggunakan Persamaan Manning untuk menentukan kapasitas saluran *Drainase* eksisting. Kinerja sistem *Drainase* dievaluasi dengan membandingkan debit rencana dengan kapasitas saluran. Selain itu, kondisi fisik saluran dianalisis secara deskriptif berdasarkan hasil observasi lapangan dan klasifikasi kerusakan sesuai Permen PUPR No. 1 Tahun 2022.

Variabel Penelitian

Variabel yang dianalisis meliputi kerusakan *Drainase* dan genangan banjir. Kerusakan *Drainase* diidentifikasi melalui indikator retak dan sedimentasi saluran, sedangkan genangan banjir diukur berdasarkan luas genangan (m^2) dan kedalaman genangan (cm). Luasan dan kedalaman genangan diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan.

Objek Penelitian

Objek penelitian meliputi sistem *Drainase* eksisting di kawasan Jln. Kerta Dalem, kondisi fisik saluran *Drainase* yang mencakup dimensi, kebersihan, dan tingkat kerusakan, serta kawasan yang mengalami genangan banjir akibat penurunan fungsi sistem *Drainase*.

Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan yang meliputi kondisi fisik saluran, tingkat kerusakan, sedimentasi, keberadaan sampah, dan kondisi genangan banjir. Data sekunder meliputi peta wilayah penelitian, jaringan *Drainase*, data curah hujan Kota Denpasar yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), peraturan teknis *Drainase*, serta literatur dan penelitian terdahulu yang relevan.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, dokumentasi, dan studi literatur. Observasi digunakan untuk mengidentifikasi kondisi eksisting saluran *Drainase* dan titik-titik genangan. Dokumentasi dilakukan melalui pengambilan foto kondisi saluran dan area

terdampak banjir sebagai bukti visual. Studi literatur dilakukan dengan menelaah jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, dan peraturan yang berkaitan dengan sistem *Drainase* perkotaan dan pengendalian banjir.

Kondisi Eksisting Sistem *Drainase* dan Genangan Banjir

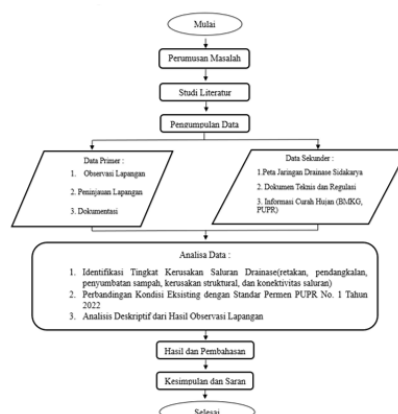
Hasil observasi menunjukkan bahwa sistem *Drainase* di Jln. Kerta Dalem mengalami berbagai permasalahan, seperti sedimentasi, penyumbatan oleh sampah domestik, serta kerusakan struktur berupa retakan dan penyempitan penampang saluran. Kondisi tersebut menyebabkan kapasitas saluran menurun sehingga air hujan tidak dapat dialirkan secara optimal dan mengakibatkan genangan pada beberapa titik jalan saat hujan dengan intensitas sedang hingga tinggi.

Metode Analisis Data

Analisis data meliputi analisis hidrologi menggunakan Metode Rasional untuk memperoleh debit rencana dan analisis hidrolika menggunakan Persamaan Manning untuk menghitung kapasitas saluran. Evaluasi kinerja *Drainase* dilakukan dengan membandingkan debit rencana ($Q_{rencana}$) dan kapasitas saluran ($Q_{kapasitas}$). Selain itu, analisis deskriptif digunakan untuk menginterpretasikan kondisi fisik saluran dan tingkat kerusakannya berdasarkan hasil observasi lapangan serta klasifikasi Permen PUPR No. 1 Tahun 2022.

Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian meliputi identifikasi permasalahan, pengumpulan data primer dan sekunder, observasi lapangan, analisis hidrologi dan hidrolika, evaluasi kondisi eksisting sistem *Drainase* dan genangan banjir, serta penarikan kesimpulan dan penyusunan rekomendasi perbaikan sistem *Drainase*.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kelurahan Sidakarya merupakan salah satu kelurahan yang berada di wilayah administratif Kota Denpasar, tepatnya di Kecamatan Denpasar Selatan, Provinsi Bali. Secara geografis, wilayah ini berada pada kawasan perkotaan yang berkembang pesat dengan dominasi penggunaan lahan berupa permukiman, perdagangan, jasa, serta fasilitas umum. Pertumbuhan pembangunan yang cukup tinggi menyebabkan meningkatnya luas permukaan kedap air seperti jalan beraspal, bangunan, dan area parkir sehingga mengurangi kemampuan tanah dalam meresapkan air hujan. Kondisi tersebut berpengaruh terhadap peningkatan limpasan permukaan yang masuk ke sistem *Drainase* perkotaan.

Jln. Kerta Dalem sebagai lokasi penelitian merupakan salah satu ruas jalan yang memiliki peran penting dalam mendukung mobilitas masyarakat di Kelurahan Sidakarya. Ruas jalan ini berada pada kawasan permukiman padat penduduk dengan aktivitas lalu lintas yang cukup tinggi, terutama pada jam-jam sibuk. Selain berfungsi sebagai akses utama masyarakat, jalan ini juga menjadi jalur penghubung antarlingkungan yang mendukung kegiatan ekonomi dan sosial masyarakat setempat. Oleh karena itu, gangguan terhadap fungsi jalan akibat genangan banjir dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap aktivitas sehari-hari warga.

Analisis Hidrologi

Curah Hujan Rencana

Data curah hujan merupakan salah satu parameter utama yang digunakan dalam analisis hidrologi untuk mengetahui karakteristik hujan pada wilayah penelitian. Analisis curah hujan dilakukan berdasarkan data hujan harian periode tahun 2021–2025 yang diperoleh dari stasiun pengamatan hujan yang mewakili lokasi penelitian. Data tersebut kemudian diolah untuk memperoleh nilai curah hujan maksimum tahunan, rata-rata curah hujan, serta total curah hujan harian yang digunakan sebagai dasar dalam analisis kawasan tergenang akibat banjir. Rekapitulasi data curah hujan selama periode pengamatan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekap Data Curah Hujan Tahun 2021-2025.

No	Tahun	Curah Hujan Maximum Tahunan (mm/hr)	Rata-Rata Hujan (mm/hr)	Curah Hujan Total Harian (mm)
1	2021	70,198	6,698	2444,775
2	2022	88,931	6,277	2291,153
3	2023	50,618	3,795	1385,250
4	2024	50,779	4,742	1735,750
5	2025	55,937	6,323	2301,419
	Jumlah	316,464	27,835	10158,348

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa curah hujan maksimum tahunan selama periode 2021–2025 menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan. Curah hujan maksimum tertinggi terjadi pada tahun 2022 sebesar 88,93 mm/hari, sedangkan curah hujan maksimum terendah terjadi pada tahun 2023 sebesar 50,62 mm/hari. Nilai rata-rata curah hujan berkisar antara 3,80–6,70 mm/hari dengan rata-rata tertinggi terjadi pada tahun 2021 sebesar 6,70 mm/hari. Sementara itu, total curah hujan harian selama lima tahun pengamatan mencapai 10.158,35 mm, dengan kontribusi terbesar terjadi pada tahun 2021 sebesar 2.444,78 mm dan terendah pada tahun 2023 sebesar 1.385,25 mm. Kondisi tersebut menunjukkan adanya variasi intensitas dan distribusi curah hujan antar tahun yang berpotensi mempengaruhi besarnya limpasan permukaan serta luas genangan yang terjadi pada wilayah penelitian.

Tabel 2. Nilai Curah Hujan Rencana.

Periode (Tahun)	Ulang (T)	Reduced (Yt)	Variate	Faktor Frekuensi (K)	Curah Hujan Rencana (X _T) mm
2		0,367		-0,116	61,383
5		1,500		1,313	84,835
10		2,250		2,260	100,362
20		2,970		3,168	115,256
25		3,199		3,456	119,980

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa nilai curah hujan rencana meningkat seiring dengan bertambahnya periode ulang. Curah hujan rencana untuk periode ulang 2 tahun sebesar 61,383 mm, sedangkan untuk periode ulang 5 tahun sebesar 84,835 mm. Nilai tersebut terus meningkat menjadi 100,362 mm pada periode ulang 10 tahun, 115,256 mm pada periode ulang 20 tahun, dan 119,980 mm pada periode ulang 25 tahun. Peningkatan ini menunjukkan bahwa kejadian hujan dengan intensitas yang lebih besar memiliki kemungkinan terjadinya yang lebih kecil atau periode pengulangan yang lebih lama.

Dalam penelitian ini, curah hujan rencana yang digunakan adalah curah hujan dengan periode ulang (T) 5 tahun sesuai dengan karakteristik dan tujuan perencanaan sistem *Drainase* pada kawasan penelitian. Oleh karena itu, nilai curah hujan rencana harian maksimum yang digunakan dalam analisis selanjutnya adalah sebesar 84,835 mm/hari ($R_{24} = 84,835$ mm). Nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung intensitas hujan rencana (I) dan debit banjir rancangan ($Q_{rencana}$) pada daerah penelitian.

Intensitas Hujan

Berdasarkan hasil analisis hidrologi yang telah dilakukan, diperoleh nilai curah hujan rencana (R_{24}) untuk periode ulang 5 tahun sebagai dasar dalam perhitungan intensitas hujan. Intensitas hujan merupakan salah satu parameter penting dalam analisis limpasan permukaan dan perencanaan sistem *Drainase* karena menggambarkan besarnya curah hujan yang terjadi

dalam satuan waktu tertentu. Hasil perhitungan intensitas hujan disajikan pada Tabel 3
Intensitas hujan dihitung menggunakan rumus:

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

Tabel 3. Nilai Intensitas Hujan.

Parameter	Nilai
Curah hujan rencana (R_{24})	84,835 mm
Periode ulang	5 tahun
Intensitas hujan (I)	10,058 mm/jam

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh curah hujan rencana sebesar 84,835 mm untuk periode ulang 5 tahun. Dari nilai tersebut dihitung intensitas hujan sebesar 10,058 mm/jam. Nilai intensitas hujan ini menunjukkan rata-rata besarnya curah hujan yang terjadi dalam satu jam dan digunakan sebagai parameter utama dalam perhitungan debit limpasan menggunakan metode rasional. Semakin besar nilai intensitas hujan, semakin besar pula potensi limpasan permukaan yang dapat menyebabkan genangan atau banjir pada wilayah penelitian. Oleh karena itu, nilai intensitas hujan yang diperoleh menjadi dasar dalam analisis kapasitas *Drainase* dan evaluasi kawasan tergenang akibat banjir.

Debit

Perhitungan debit banjir rencana ($Q_{rencana}$) dilakukan menggunakan Metode Rasional dengan rumus berikut:

$$Q = 0,278.C.I.A \dots\dots\dots(ii)$$

Dengan asumsi: Koefisien limpasan (C) = 0,70; Intensitas hujan (I) = 10,058 mm/jam; Luas (A) daerah tangkapan dari data Argcis = 97.100 m² = 97,100 ha. Maka: $Q_{rencana} = 0,278 \times C \times I \times A$; $Q_{rencana} = 0,278 \times 0,70 \times 10,058 \times 97,1$; $Q_{rencana} = 52,794$ m³/detik. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai debit banjir rencana ($Q_{rencana}$) sebesar 52,794 m³/detik. Nilai tersebut merupakan debit puncak limpasan yang diperkirakan terjadi pada daerah tangkapan air seluas 97,1 ha dengan intensitas hujan sebesar 10,058 mm/jam dan koefisien limpasan sebesar 0,70.

Besarnya nilai debit banjir rencana menunjukkan bahwa sebagian besar air hujan yang jatuh pada kawasan penelitian berpotensi menjadi aliran permukaan akibat karakteristik tutupan lahan yang relatif kedap air. Nilai debit ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis kapasitas saluran *Drainase* serta evaluasi potensi genangan dan banjir pada kawasan penelitian. Apabila kapasitas saluran eksisting lebih kecil dibandingkan debit banjir rencana yang diperoleh, maka terdapat potensi terjadinya luapan aliran yang dapat menyebabkan genangan maupun banjir pada area tersebut.

Analisis Kapasitas Saluran *Drainase*

Kondisi Eksisting Saluran

Data kondisi eksisting saluran *Drainase* yang diperoleh dari hasil survei lapangan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Kondisi Eksisting Saluran *Drainase*.

Parameter	Nilai
Panjang saluran	2.000 m
Lebar saluran (b)	9,60 m
Tinggi saluran (h)	2,22 m
Tebal sedimentasi	0,07 m
Tinggi genangan	0,15 m

Berdasarkan Tabel 4, saluran *Drainase* pada lokasi penelitian memiliki panjang 2.000 m, lebar 9,60 m, dan tinggi saluran 2,22 m. Hasil survei menunjukkan adanya sedimentasi dengan ketebalan rata-rata sebesar 0,07 m yang mengindikasikan terjadinya pengendapan material di dasar saluran. Selain itu, ditemukan genangan dengan tinggi mencapai 0,15 m pada beberapa titik saluran. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa meskipun dimensi saluran relatif besar, keberadaan sedimentasi dapat mengurangi kapasitas efektif saluran dalam mengalirkan debit limpasan. Oleh karena itu, kondisi eksisting ini menjadi salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam analisis kapasitas *Drainase* dan evaluasi potensi genangan pada kawasan penelitian.



Gambar 2. Saluran *Drainase* dengan Sedimen Tanah.

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa terdapat endapan sedimen tanah pada bagian dasar saluran *Drainase* yang menyebabkan berkurangnya luas penampang basah saluran. Kondisi ini berpotensi menurunkan kapasitas tampung dan kapasitas alir saluran, terutama pada saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Apabila sedimentasi tidak ditangani secara berkala melalui kegiatan pemeliharaan dan pengerukan, maka risiko terjadinya genangan maupun banjir di kawasan sekitar saluran akan semakin meningkat. Oleh karena itu, keberadaan

sedimen tanah menjadi salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam evaluasi kinerja sistem *Drainase* pada lokasi penelitian.

Analisis Saluran Hidrolika *Drainase*

Berdasarkan hasil survei lapangan diketahui bahwa saluran mengalami sedimentasi setebal 7 cm. Tinggi saluran efektif menjadi: $h_{ef} = 2,22 - 0,07$; $h_{ef} = 2,15$ m; Luas penampang basah saluran: $A = b \times h_{ef}$; $A = 9,60 \times 2,15$; $A = 20,64$ m²; Keliling basah: $P = b + 2h_{ef}$; $P = 9,60 + (2 \times 2,15)$; $P = 13,9$ m; Jari-jari hidrolis: $R = A/P$; $R = 20,64 / 13,9$; $R = 1,485$ m.

Kapasitas Saluran Eksisting

Perhitungan kapasitas saluran ($Q_{kapasitas}$) dilakukan menggunakan Persamaan Manning, dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(iii)$$

Diketahui: $n = 0,015$; $S = 0,002$; $A = 20,64$ m²; $R = 1,485$ m; Maka: $Q_{kapasitas} = (1/n) \times A \times R^{(2/3)} \times S^{(1/2)}$; $Q_{kapasitas} = (1/0,015) \times 20,64 \times (1,485)^{(2/3)} \times (0,002)^{(1/2)}$; $Q_{kapasitas} = 80,093$ m³/detik.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh kapasitas saluran eksisting sebesar 80,093 m³/detik. Nilai tersebut merupakan kapasitas saluran setelah mempertimbangkan kondisi eksisting dan sedimentasi yang terjadi.

Evaluasi Kapasitas Saluran

Setelah dilakukan perhitungan debit banjir rencana menggunakan Metode Rasional dan kapasitas saluran menggunakan persamaan Manning, langkah selanjutnya adalah mengevaluasi kemampuan saluran *Drainase* dalam menampung debit limpasan yang terjadi. Evaluasi ini dilakukan dengan membandingkan nilai debit rencana ($Q_{rencana}$) terhadap kapasitas saluran eksisting ($Q_{kapasitas}$). Hasil perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Debit Rencana dan Kapasitas Saluran.

Parameter	Nilai (m ³ /detik)
$Q_{rencana}$	52,794
$Q_{kapasitas}$	80,093

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh nilai debit rencana ($Q_{rencana}$) sebesar 52,794 m³/detik, sedangkan kapasitas saluran ($Q_{kapasitas}$) sebesar 80,093 m³/detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai debit rencana lebih kecil dibandingkan kapasitas saluran ($52,794 \text{ m}^3/\text{detik} \leq 80,093 \text{ m}^3/\text{detik}$). Dengan demikian, saluran *Drainase* yang ditinjau masih mampu menampung debit limpasan yang terjadi pada kondisi hujan rencana. Untuk mengetahui tingkat pemanfaatan kapasitas saluran, dilakukan perhitungan rasio kapasitas sebagai berikut:

$$\text{Rasio Kapasitas} = \frac{Q_{rencana}}{Q_{kapasitas}} \dots\dots\dots(iv)$$

Rasio Kapasitas = $52,794 / 80,093 = 0,659 = 65,9\%$. Nilai rasio kapasitas sebesar 0,659 atau 65,9% menunjukkan bahwa saluran masih memiliki sisa kapasitas sekitar 34,1% untuk menampung tambahan debit aliran. Oleh karena itu, berdasarkan hasil analisis hidrolika, kondisi saluran *Drainase* pada lokasi penelitian dapat dikategorikan masih memadai dan memiliki tingkat risiko genangan yang relatif rendah pada periode ulang hujan yang digunakan dalam perencanaan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Iskandar et al. (2020) yang menyatakan bahwa kawasan dengan sistem *Drainase* yang berfungsi optimal cenderung memiliki luas dan kedalaman genangan yang lebih rendah dibandingkan kawasan dengan kondisi *Drainase* yang kurang baik. Selain itu, Febrina (2025) menjelaskan bahwa kesesuaian antara kapasitas saluran *Drainase* dan debit limpasan permukaan merupakan faktor utama dalam mencegah terbentuknya titik-titik genangan banjir. Sebaliknya, berbagai penelitian menunjukkan bahwa apabila kapasitas saluran lebih kecil daripada debit limpasan, maka potensi genangan akan meningkat akibat ketidakmampuan saluran mengalirkan air hujan secara efektif (Fitriyadi & Permana, 2024; Lestari & Wibawa, 2023).

Dengan demikian, kapasitas saluran pada lokasi penelitian masih memenuhi kebutuhan pengaliran limpasan sehingga kinerja sistem *Drainase* dapat dinilai baik dalam mengurangi risiko terjadinya genangan. Meskipun hasil analisis hidrolika menunjukkan bahwa kapasitas saluran *Drainase* ($Q_{kapasitas} = 80,093 \text{ m}^3/\text{detik}$) masih lebih besar dibandingkan debit rencana ($Q_{rencana} = 52,794 \text{ m}^3/\text{detik}$), kondisi lapangan menunjukkan bahwa genangan masih terjadi pada beberapa titik di kawasan penelitian. Temuan ini mengindikasikan bahwa permasalahan genangan tidak semata-mata disebabkan oleh ketidakcukupan kapasitas hidrolis saluran, melainkan dipengaruhi oleh berbagai faktor operasional, struktural, dan fungsional pada sistem *Drainase* yang ada.

Berdasarkan hasil observasi lapangan, salah satu faktor yang berpotensi menyebabkan terjadinya genangan adalah adanya penyumbatan sampah pada saluran *Drainase*. Akumulasi sampah dapat menghambat aliran air sehingga mengurangi luas penampang efektif saluran dan memperlambat kecepatan aliran. Kondisi ini menyebabkan air hujan tidak dapat segera dialirkan menuju saluran utama, sehingga terjadi genangan pada area sekitarnya. Temuan ini sejalan dengan penelitian Pratama dan Suryawan (2021) yang menyatakan bahwa penyumbatan sampah pada saluran *Drainase* menjadi salah satu faktor utama yang menghambat aliran air hujan dan memicu genangan di kawasan permukiman. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Wiradana (2023) yang menemukan bahwa penyumbatan sampah merupakan

bentuk kerusakan fungsional *Drainase* yang paling dominan dalam menurunkan kinerja sistem *Drainase* perkotaan.

Selain penyumbatan sampah, sedimentasi pada beberapa titik saluran juga berpotensi mengurangi kemampuan *Drainase* dalam mengalirkan limpasan. Endapan sedimen yang terakumulasi dalam jangka waktu tertentu menyebabkan pendangkalan saluran sehingga kapasitas aliran efektif menjadi lebih kecil dibandingkan kapasitas desainnya. Akibatnya, pada saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi, air cenderung meluap dan menimbulkan genangan. Kondisi tersebut sesuai dengan hasil penelitian Putra (2020) yang menyimpulkan bahwa sedimentasi dan kurangnya pemeliharaan saluran menyebabkan penurunan kinerja *Drainase* serta meningkatkan potensi terjadinya genangan banjir.

Faktor lain yang diduga berkontribusi terhadap terjadinya genangan adalah adanya fenomena aliran balik (*backwater*). Aliran balik dapat terjadi ketika muka air pada saluran penerima atau badan air hilir lebih tinggi dibandingkan muka air pada saluran *Drainase*, sehingga aliran menjadi terhambat dan bahkan berbalik arah. Kondisi ini menyebabkan air tertahan dalam jaringan *Drainase* dan mengakibatkan genangan pada wilayah yang lebih rendah. Fenomena tersebut sering ditemukan pada kawasan perkotaan yang memiliki keterkaitan antara saluran *Drainase* lokal dengan saluran primer atau badan air penerima yang kapasitasnya terbatas.

Dari aspek struktural, beberapa bagian saluran *Drainase* juga menunjukkan indikasi kerusakan yang dapat memengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan. Kerusakan berupa retakan, deformasi dinding saluran, penurunan elevasi dasar saluran, maupun penyempitan penampang akibat kerusakan konstruksi dapat mengurangi kapasitas aliran yang tersedia. Penelitian Soriarta dkk. (2024) menyimpulkan bahwa kerusakan struktur saluran dan kurangnya kegiatan pemeliharaan menyebabkan penurunan kapasitas aliran serta meningkatkan risiko terjadinya genangan banjir. Temuan tersebut diperkuat oleh Lestari dan Wibawa (2023) yang menyatakan bahwa kerusakan struktural *Drainase* dapat menyebabkan air meluap keluar dari saluran dan membentuk area genangan pada kawasan perkotaan.

Selain itu, ketidakmenerusan jaringan *Drainase* juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan. Pada beberapa lokasi, saluran *Drainase* tidak terhubung secara optimal dengan saluran berikutnya sehingga aliran air terhambat sebelum mencapai saluran pembuangan utama. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya akumulasi limpasan pada titik-titik tertentu yang akhirnya membentuk genangan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Oktaviani dan Mahendra (2025) yang menunjukkan bahwa kinerja sistem jaringan *Drainase* sangat dipengaruhi oleh kontinuitas aliran dan kondisi hidraulik saluran. Hambatan pada jaringan

Drainase menyebabkan kapasitas pengaliran menjadi tidak optimal sehingga meningkatkan potensi terjadinya genangan pada ruas jalan, meskipun secara teoritis dimensi saluran masih mampu menampung debit aliran

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kapasitas hidrolis saluran bukan merupakan faktor utama penyebab genangan di lokasi penelitian. Nilai rasio kapasitas sebesar 0,659 menunjukkan bahwa saluran masih memiliki cadangan kapasitas untuk mengalirkan limpasan hujan. Oleh karena itu, permasalahan genangan yang terjadi lebih mengarah pada aspek operasional dan pemeliharaan sistem *Drainase*, seperti penyumbatan sampah, sedimentasi, aliran balik, kerusakan struktur, serta ketidakmenerusan jaringan *Drainase*. Temuan ini sejalan dengan penelitian Iskandar dkk. (2020) yang menyatakan bahwa kawasan dengan kondisi *Drainase* yang tidak terpelihara dan tidak berfungsi secara optimal cenderung memiliki tingkat genangan yang lebih tinggi dibandingkan kawasan yang sistem *Drainasenya* berfungsi dengan baik. Dengan demikian, upaya penanganan genangan di lokasi penelitian sebaiknya difokuskan pada peningkatan kegiatan operasi dan pemeliharaan *Drainase* secara berkala, normalisasi saluran, pembersihan sedimen dan sampah, serta perbaikan konektivitas jaringan *Drainase*.

Analisis Kerugian Akibat Genangan Banjir

Analisis kerugian akibat genangan pada kawasan penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi dampak yang ditimbulkan baik terhadap infrastruktur maupun aktivitas masyarakat. Kerugian akibat genangan secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu kerugian langsung (*direct losses*) dan kerugian tidak langsung (*indirect losses*). Pengelompokan ini penting untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai konsekuensi yang ditimbulkan oleh kejadian genangan, terutama pada kawasan perkotaan yang memiliki tingkat aktivitas dan mobilitas yang tinggi.

Kerugian langsung merupakan dampak yang dapat diamati secara fisik dan menimbulkan biaya perbaikan atau penggantian aset yang terdampak. Pada lokasi penelitian, kerugian langsung meliputi kerusakan perkerasan jalan akibat genangan yang berlangsung berulang, kerusakan saluran *Drainase*, kerusakan pagar dan bangunan di sekitar lokasi genangan, serta potensi kerusakan kendaraan yang melintas atau terparkir pada area yang tergenang. Genangan yang terjadi secara terus-menerus dapat mempercepat degradasi lapisan perkerasan jalan melalui proses pelemahan struktur akibat infiltrasi air, sehingga umur pelayanan jalan menjadi lebih pendek. Selain itu, keberadaan genangan juga berpotensi mempercepat kerusakan komponen saluran *Drainase* akibat sedimentasi, erosi, maupun penumpukan sampah.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kondisi *Drainase* yang tidak berfungsi secara optimal merupakan faktor utama penyebab terjadinya genangan yang pada akhirnya menimbulkan kerugian fisik pada infrastruktur. Putra (2020) menyatakan bahwa sedimentasi dan kurangnya pemeliharaan saluran menyebabkan penurunan kapasitas *Drainase* sehingga memicu terjadinya genangan banjir. Temuan tersebut sejalan dengan penelitian Pratama dan Suryawan (2021) yang menunjukkan bahwa pendangkalan saluran dan penyumbatan sampah merupakan faktor utama yang menghambat aliran air hujan dan menyebabkan terjadinya genangan pada kawasan permukiman. Penelitian Wiradana (2023) juga menunjukkan bahwa pendangkalan saluran dan penyumbatan oleh sampah merupakan faktor dominan yang menurunkan kinerja *Drainase* dan meningkatkan risiko genangan. Selain itu, Juleha, Mutia, dan Lydia (2024) menjelaskan bahwa kondisi jaringan *Drainase* yang tidak terpelihara dengan baik, adanya sedimentasi, serta berkurangnya kapasitas aliran saluran menjadi faktor penting yang menyebabkan terjadinya genangan pada kawasan perkotaan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan kerusakan fisik pada fasilitas umum maupun aset masyarakat yang berada di sekitar lokasi genangan.

Selain kerugian langsung, genangan juga menimbulkan kerugian tidak langsung yang dampaknya sering kali lebih luas terhadap kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat. Kerugian tidak langsung yang teridentifikasi pada lokasi penelitian meliputi terganggunya mobilitas masyarakat, kemacetan lalu lintas, penurunan kenyamanan lingkungan, serta potensi munculnya gangguan kesehatan akibat lingkungan yang lembap dan tergenang. Dampak tersebut tidak selalu dapat dihitung secara langsung dalam bentuk biaya fisik, namun berpengaruh terhadap produktivitas dan kualitas hidup masyarakat.

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, genangan dengan tinggi sekitar 15 cm yang terjadi di sepanjang Jalan Kerta Dalem telah menyebabkan terganggunya aktivitas transportasi dan akses masyarakat. Pada kondisi tersebut, kendaraan roda dua cenderung mengurangi kecepatan atau mencari jalur alternatif untuk menghindari genangan, sedangkan pejalan kaki mengalami kesulitan dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Kondisi ini berpotensi menimbulkan keterlambatan perjalanan, peningkatan biaya operasional kendaraan, serta menurunkan tingkat kenyamanan pengguna jalan.

Hasil penelitian ini didukung oleh Iskandar dkk. (2020) yang menyatakan bahwa kawasan dengan sistem *Drainase* yang tidak optimal memiliki tingkat genangan yang lebih tinggi sehingga berdampak pada terganggunya aktivitas perkotaan. Penelitian Pratama dan Suryawan (2021) juga menunjukkan bahwa pendangkalan dan penyumbatan saluran *Drainase* dapat menyebabkan genangan yang menghambat aktivitas masyarakat di kawasan

permukiman. Selain itu, Fitriyadi dan Permana (2024) menjelaskan bahwa kapasitas *Drainase* yang tidak mampu menampung limpasan hujan akan menimbulkan genangan yang mengurangi kenyamanan lingkungan dan mengganggu aktivitas warga. Temuan serupa juga disampaikan oleh Soriarta dkk. (2024), Lestari dan Wibawa (2023), serta Juleha, Mutia, dan Lydia (2024) yang menyatakan bahwa penurunan kinerja jaringan *Drainase* akibat sedimentasi dan kurangnya pemeliharaan dapat meningkatkan frekuensi genangan serta menimbulkan dampak sosial dan ekonomi bagi masyarakat di kawasan perkotaan.

Secara keseluruhan, meskipun hasil analisis hidrolika menunjukkan bahwa kapasitas saluran masih mampu menampung debit rencana, keberadaan genangan setinggi 15 cm di Jalan Kerta Dalem tetap menimbulkan berbagai kerugian, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, upaya pemeliharaan rutin saluran *Drainase*, pengendalian sedimentasi, serta pembersihan sampah secara berkala perlu dilakukan untuk menjaga kinerja sistem *Drainase* dan meminimalkan kerugian yang ditimbulkan akibat genangan di masa mendatang.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *Drainase* di Jln. Kerta Dalem, Kelurahan Sidakarya, mengalami penurunan fungsi akibat sedimentasi, penyumbatan sampah domestik, dan kerusakan struktur saluran yang menyebabkan berkurangnya kapasitas aliran. Analisis hidrologi menunjukkan bahwa debit limpasan saat hujan dengan intensitas tinggi cukup besar dan pada beberapa segmen melebihi kapasitas saluran eksisting. Hasil analisis hidrolika menggunakan Persamaan Manning mengindikasikan bahwa sebagian saluran tidak mampu menampung debit rencana sehingga terjadi luapan air dan genangan pada beberapa titik. Dengan demikian, genangan banjir di kawasan penelitian merupakan akibat dari kombinasi tingginya limpasan air hujan dan menurunnya kinerja sistem *Drainase* akibat kerusakan fisik dan kurangnya pemeliharaan saluran.

Upaya penanganan genangan banjir di Jln. Kerta Dalem perlu difokuskan pada peningkatan kinerja sistem *Drainase* melalui pemeliharaan rutin, seperti pembersihan sampah, pengerukan sedimen, dan perbaikan struktur saluran yang rusak. Selain itu, diperlukan pengelolaan sampah yang lebih efektif serta peningkatan kesadaran masyarakat untuk menjaga kebersihan saluran *Drainase*. Pada segmen saluran yang kapasitasnya tidak lagi memadai, perlu dilakukan normalisasi atau peningkatan kapasitas saluran agar mampu menampung debit limpasan sesuai kondisi hujan rencana. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan pemodelan hidrologi dan hidraulika berbasis perangkat lunak serta pemetaan genangan dengan

Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menghasilkan analisis yang lebih komprehensif dan akurat.

DAFTAR REFERENSI

- Asdak, C. (2023). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai* (Edisi ke-6). Gadjah Mada University Press.
- Bisri, M. (2012). *Drainase ramah lingkungan (Ecodrainage)*. Universitas Brawijaya Press.
- Butler, D., Digman, C., Makropoulos, C., & Memon, F. A. (2018). *Urban drainage* (4th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315154435>
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied hydrology*. McGraw-Hill Education.
- Faisal, M., & Atmono, T. (2020). Analisis kapasitas saluran drainase dalam menampung debit limpasan. *Jurnal Inovasi Teknik Sipil*, 9(1), 12–20. <https://doi.org/10.17977/um031v9i12020p012>
- Febrina, A. S. (2025). Evaluasi sistem drainase dan kapasitas saluran terhadap limpasan permukaan. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 45–53. <https://doi.org/10.31219/osf.io/jts2025>
- Fitriyadi, A., & Permana, S. (2024). Evaluasi sistem drainase lingkungan terhadap genangan air permukaan. *Jurnal Infrastruktur*, 8(2), 67–75. <https://doi.org/10.35814/infrastruktur.v8i2.5678>
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J. L., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., & Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>
- Gurning, L. P., & Suprayogi, I. (2021). Analisis debit limpasan permukaan dengan metode rasional. *Jurnal Teknik*, 15(3), 210–218. <https://doi.org/10.31849/teknik.v15i3.7890>
- Hamdani, H., & Saputra, A. (2022). Pemodelan hidrologi untuk sistem drainase perkotaan berbasis GIS. *Jurnal Geospasial*, 18(1), 34–42. <https://doi.org/10.24895/JIG.2022.18.1.1345>
- Iskandar, S. A., Helmi, M., & Rochaddi, B. (2020). Analisis kawasan genangan banjir perkotaan menggunakan pendekatan geospasial. *Jurnal Geografi*, 14(1), 23–32. <https://doi.org/10.14710/jgl.14.1.23-32>
- Juleha, S., Mutia, E., & Lydia, E. N. (2024). Analisis sistem jaringan drainase di Kecamatan Langsa Barat, Kota Langsa. *Journal of Civil Engineering, Building and Transportation (JCEBT)*, 8(2), 265–271. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v8i2.12268>
- Kaini, P., Artan, G., & Croley, T. (2012). A spatial hydrologic model for predicting water yields in the Himalaya region. *Journal of Hydrology*, 415, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.11.020>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2022). *Peraturan Menteri PUPR Nomor 1 Tahun 2022 tentang Pedoman Teknis Sistem Drainase Perkotaan*. Direktorat Jenderal Cipta Karya.

- Kodatie, R. J. (2021). *Rekayasa dan manajemen banjir kota*. Andi Offset.
- Kodatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Tata ruang air*. Andi Offset.
- Kustamar, K. (2020). *Manajemen drainase perkotaan berkelanjutan*. ITN Malang Press.
- Lestari, N. P. A., & Wibawa, I. G. A. (2023). Kajian kerusakan saluran drainase terhadap genangan banjir perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 11(2), 89–98. <https://doi.org/10.24114/jtsp.v11i2.4567>
- Mays, L. W. (2019). *Water resources engineering* (3rd ed.). Wiley.
- Miller, J. D., & Hutchins, M. (2017). The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning United Kingdom. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 12, 345–362. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.06.006>
- Nasution, A. S. (2019). Perencanaan sistem drainase terpadu di kawasan pemukiman padat. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 7(3), 155–168. <https://doi.org/10.14710/jwl.7.3.155-168>
- Oktaviani, A., & Mahendra, M. O. (2025). Evaluasi sistem jaringan drainase jalan raya menggunakan software HEC-RAS. *Jurnal Konstruksi*, 23(2), 56–67. <https://jurnal.itg.ac.id/index.php/konstruksi/article/view/2473>
- Parkinson, J., Mark, O., & Goldenfum, J. (2010). *Urban stormwater management in developing countries*. IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781780401775>