



ANALISIS PERSENTASE SEDIMENTASI DAN DAMPAKNYA TERHADAP DEBIT ALIRAN PADA PENAMPANG SALURAN TRAPESIUM DAN PERSEGI

Azka Ikrimah Ahmad¹⁾, Tiara Revitasari²⁾, Yuni Yolanda³⁾

¹⁾Manajemen Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia
Email: aikrimahmad@gmail.com

²⁾Manajemen Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia
Email: tiarvtsrii08@gmail.com

³⁾Manajemen Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia
Email: yuni.yolanda@unimed.ac.id

Abstract

Analysis of Sedimentation Percentage and Its Impact on Flow Discharge in Trapezoidal and Rectangular Channel Sections. Sedimentation in drainage channels is a major cause of reduced capacity and flow effectiveness. This study aims to analyze the effect of sedimentation percentage on flow discharge in five segments of drainage channels with variations in cross-section types (rectangular and trapezoidal) and dimensions. The data used include top width, bottom width, channel height, sediment thickness, and water surface height in each segment. The analysis was conducted using Manning's equation to calculate the actual flow discharge under existing conditions. The results show that the highest sedimentation levels occur in Segments 2 and 3, with percentages of 20.8% and actual discharges of 0.597 m³/s and 0.560 m³/s, respectively. Segment 1 with a trapezoidal section has 7.4% sedimentation and the smallest discharge of 0.0022 m³/s due to small channel dimensions. Segments 4 and 5 have sedimentation rates of 7.5% and 4.6% with actual discharges of 0.0278 m³/s and 0.0286 m³/s. It can be concluded that sedimentation significantly affects the reduction of flow discharge, and rectangular sections with adequate dimensions provide better flow capacity compared to trapezoidal sections with small dimensions.

Keywords: Drainage Channels, Sedimentation, Urban Drainage Systems, Rainfall Analysis, Population Growth.

Abstrak

Sedimentasi pada saluran drainase merupakan salah satu penyebab utama penurunan kapasitas tampung dan efektivitas aliran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh persentase sedimentasi terhadap debit aliran pada lima segmen saluran drainase dengan variasi tipe penampang (persegi dan trapesium) serta variasi dimensi. Data yang digunakan meliputi lebar atas, lebar bawah, tinggi saluran, tebal sedimen, dan tinggi air permukaan pada setiap segmen. Analisis dilakukan menggunakan persamaan Manning untuk menghitung debit aliran aktual pada kondisi eksisting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat sedimentasi tertinggi terjadi pada Segmen 2 dan 3 dengan persentase 20,8% dan debit aktual masing-masing 0,597 m³/s dan 0,560 m³/s. Segmen 1 dengan penampang trapesium memiliki sedimentasi 7,4% dan debit terkecil, yaitu 0,0022 m³/s, akibat dimensi saluran yang kecil. Segmen 4 dan 5 memiliki sedimentasi 7,5% dan 4,6% dengan debit aktual 0,0278 m³/s dan 0,0286 m³/s. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sedimentasi berpengaruh signifikan terhadap penurunan debit aliran, dan penampang persegi dengan dimensi yang memadai memberikan kapasitas aliran lebih baik dibandingkan dengan penampang trapesium dengan dimensi kecil.

Kata Kunci: Saluran Drainase, Sedimentasi, Sistem Drainase Perkotaan, Analisis Curah Hujan, Pertumbuhan Penduduk.



PENDAHULUAN

Sistem drainase perkotaan memiliki peran vital dalam mengendalikan genangan air dan banjir. Salah satu permasalahan utama yang sering dijumpai adalah sedimentasi, yaitu pengendapan material padat di dasar saluran yang mengurangi kapasitas tampung dan efisiensi aliran (Chow, 1959; Suripin, 2003). Sedimentasi terjadi akibat erosi lahan, partikel debu, dan sampah yang terbawa aliran air hujan (Anugrah, 2017). Menurut SNI 03-2453-2002, perencanaan drainase perkotaan harus mempertimbangkan faktor sedimentasi sebagai salah satu komponen penting dalam menentukan dimensi saluran. Penurunan kapasitas saluran akibat sedimentasi menyebabkan berkurangnya debit aliran, sehingga meningkatkan risiko banjir lokal. Hasmar (2012) menjelaskan bahwa sedimentasi yang tidak terkendali dapat mengurangi kapasitas saluran hingga 50% dalam waktu beberapa tahun, tergantung pada karakteristik daerah aliran. Oleh karena itu, penting untuk menganalisis seberapa besar pengaruh sedimentasi terhadap kinerja hidrolika saluran.

Dua tipe penampang yang umum digunakan dalam sistem drainase perkotaan adalah persegi dan trapesium. Masing-masing memiliki karakteristik hidrolika yang berbeda terhadap perubahan geometri akibat sedimentasi (Chow, 1959; Idri et al., 2024). Penampang persegi umumnya lebih mudah dalam pelaksanaan konstruksi, sementara penampang trapesium memiliki stabilitas dinding yang lebih baik (Kamiana, 2018). Penelitian ini dilakukan pada saluran drainase dengan lima segmen pengamatan yang memiliki variasi tipe penampang, dimensi, dan tingkat sedimentasi. Data yang digunakan merupakan hasil survei lapangan yang mencakup lebar atas, lebar bawah, tinggi saluran, tebal sedimen, dan tinggi air permukaan. Analisis dilakukan untuk mengetahui debit aliran aktual pada setiap segmen serta pengaruh sedimentasi terhadap kapasitas saluran, dengan mengacu pada pendekatan yang telah dilakukan oleh Kartiko & Waspodo (2018) dalam analisis kapasitas saluran drainase menggunakan program SWMM.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada saluran drainase sepanjang 3,026 km, di mana titik awal dimulai dari dekat Zico ponsel, Jl. Kebun Kopi, Jl. Marendal P. VII, Harjosari II, Kec. Medan Amplas, Kota Medan, Sumatera Utara, hingga Dekat Baga Service, Kedai Durian, kec. Deli Tua, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Dibagi menjadi 5 segmen. Setiap segmen memiliki karakteristik bentuk dan

kondisi sedimentasi yang berbeda. Pembagian segmen didasarkan pada variasi dimensi saluran dan kondisi sedimentasi di lapangan.



Gambar 1. Peta penelitian

Data Drainase

Data kondisi saluran per segmen disajikan pada Tabel 1. Data ini diperoleh melalui survei lapangan dengan pengukuran langsung menggunakan alat ukur meteran

Tabel 1. Data Dimensi Dan Kondisi Drainase Per Segmen

Segmen	Lebar Atas (cm)	Lebar Bawah (cm)	Tinggi (cm)	Tebal Sedi men (cm)	Tinggi Air (cm)	Tipe Penampang
1	90	72	27	2	4	Trapesium
2	169	169	96	20	60	Persegi
3	160	160	96	20	60	Persegi
4	98	98	106	8	16	Persegi
5	101	101	86,5	4	12	Persegi

Sumber: Hasil Survei Lapangan

1. Parameter Turunan
2. Berdasarkan data di atas, dihitung parameter turunan yang meliputi tinggi efektif aliran dan persentase sedimentasi, seperti disajikan pada Tabel 2. Tinggi efektif aliran (y) dihitung sebagai selisih antara tinggi air (h) dan tebal sedimen (ts), sedangkan persentase sedimentasi dihitung sebagai perbandingan antara tebal sedimen dan tinggi saluran (H) (Suripin, 2003; Hasmar, 2012).



Tabel 2. Parameter Turunan Per Segmen

Segmen	Tipe	H(m)	b(m)	ts(m)	h(m)	Y=h-ts(m)	%Sedimentasi
1	Trapezium	0,27	0,72	0,02	0,04	0,02	7,4%
2	Persegi	0,98	1,69	0,20	0,60	0,40	20,8%
3	Persegi	0,96	1,60	0,20	0,60	0,40	20,8%
4	Persegi	1,06	0,98	0,08	0,16	0,08	7,5%
5	Persegi	0,0865	1,01	0,04	0,12	0,08	4,6%

Sumber: Hasil Analisis

Rumus yang Digunakan

Debit aliran dihitung menggunakan persamaan Manning, yang merupakan metode standar dalam hidrolika saluran terbuka (Chow, 1959; Kamiana, 2018). Persamaan ini pertama kali diperkenalkan oleh Robert Manning pada tahun 1889 (Manning, 1889; Griggs, 1996) dan telah digunakan secara luas dalam berbagai penelitian drainase perkotaan (Kartiko & Wasposito, 2018; Anugrah, 2017).

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

di mana:

- Q = debit aliran (m³/s)
- n = koefisien Manning
- A = luas penampang basah (m²)
- R = jari-jari hidrolis = A/P (m)
- P = keliling basah (m)
- S = kemiringan dasar saluran

Koefisien Manning

untuk saluran beton ditetapkan sebesar 0,015, mengacu pada ASCE Manual No. 60 (ASCE, 1982) dan McCuen et al. (1996), yang merupakan nilai standar untuk permukaan beton halus pada saluran drainase perkotaan. Nilai ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya pada saluran drainase di Indonesia (Zulfikar et al., 2019; Kartiko & Wasposito, 2018).

Perhitungan Geometri Penampang

1. Penampang Persegi

Untuk penampang persegi, luas penampang basah (A) dan keliling basah (P) dihitung dengan rumus (Chow, 1959; Idfi et al., 2024):

$$A = b \cdot y \quad (2)$$

$$P = b + 2y \quad (3)$$

2. Penampang Trapezium

Luas penampang basah (A), Keliling (P) dihitung dengan rumus: (Chow, 1959, Kamiana 2018)

$$A = (b + m \cdot y) \cdot y \quad (4)$$

$$P = b + 2y \sqrt{1 + m^2} \quad (5)$$

$$m = \frac{B - b}{2H} \quad (6)$$

di mana:

- B = Lebar atas drainase (m)
- H = Tinggi drainase

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan persamaan Manning dan data geometri yang telah disajikan, debit aliran aktual pada setiap segmen dihitung dengan membandingkan tinggi efektif aliran setelah dikurangi tebal sedimen. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 3

Tabel 3. Rekapitulasi Debit Aktual Per Segmen

Segmen	Tipe Penampang	Y(m)	A(m ²)	P(m)	R(m)	Q(m ³ /s)
1	Trapezium	0,02	0,0145	0,762	0,0190	0,0022
2	Persegi	0,40	0,6760	2,490	0,272	0,5970
3	Persegi	0,40	0,6400	2,407	0,267	0,5600
4	Persegi	0,084	0,0784	1,140	0,0688	0,0278
5	Persegi	0,088	0,0808	1,170	0,0691	0,0286

Sumber: Hasil Analisis

Analisis Hubungan Sedimen Dan Debit Air

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3, dapat dilihat hubungan antara persentase sedimentasi dan debit aliran aktual seperti disajikan pada Tabel 4.



Tabel 4. Hubungan Persentase Sedimen Dan Debit Aliran

Segmen	% Sedimen	Debit Aktual (m ³ /s)	Tipe Penampang
2	20,8%	0,5970	Persegi
3	20,8%	0,5600	Persegi
4	7,5%	0,278	Persegi
1	7,4%	0,0022	Trapesium
5	4,6%	0,0286	Persegi

Pembahasan

pengaruh Bentuk Drainase Terhadap Aliran

Berdasarkan hasil analisis, terlihat bahwa Segmen 2 dan 3 memiliki tingkat sedimentasi tertinggi, yaitu sebesar 20,8%. Meskipun demikian, kedua segmen ini justru menunjukkan debit aliran aktual yang paling besar, masing-masing sebesar 0,597 m³/s dan 0,560 m³/s. Kondisi ini dipengaruhi oleh dimensi saluran yang relatif besar, dengan lebar berkisar antara 1,60–1,69 m dan tinggi mencapai 0,96 m. Dimensi yang besar tersebut masih mampu mengakomodasi aliran air walaupun terjadi pengendapan sedimen.

Temuan ini mengindikasikan bahwa ukuran penampang saluran berperan penting dalam menentukan kapasitas aliran. Hasil ini sejalan dengan penelitian Kartiko dan Waspodo (2018) yang menyatakan bahwa dimensi saluran menjadi faktor dominan dalam menentukan debit aliran.

Sebaliknya, Segmen 1 yang memiliki penampang berbentuk trapesium menunjukkan debit yang sangat kecil, yaitu hanya 0,0022 m³/s, meskipun tingkat sedimentasinya relatif rendah (7,4%). Hal ini disebabkan oleh ukuran saluran yang terbatas, dengan tinggi hanya 0,27 m dan lebar dasar 0,72 m. Kondisi tersebut menyebabkan sedikit saja sedimen yang mengendap sudah cukup untuk mengurangi kapasitas aliran secara signifikan. Menurut Hasmar (2012), saluran dengan dimensi kecil lebih rentan terhadap penurunan kapasitas karena pengaruh sedimentasi menjadi lebih dominan terhadap tinggi aliran efektif.

Perbandingan Tipe Penampang

1. Perbandingan antara Segmen 1 (penampang trapesium) dan Segmen 4 (penampang persegi) menunjukkan perbedaan kinerja hidrolis yang cukup jelas. Meskipun keduanya memiliki tingkat sedimentasi yang hampir sama, yaitu 7,4% dan 7,5%,

debit aktual yang dihasilkan berbeda jauh, masing-masing sebesar 0,0022 m³/s dan 0,0278 m³/s.

2. Perbedaan ini dipengaruhi oleh dua faktor utama. Pertama, dimensi saluran pada Segmen 4 jauh lebih besar, khususnya pada tinggi saluran yang mencapai 1,06 m, dibandingkan dengan Segmen 1 yang hanya 0,27 m. Kedua, bentuk penampang juga memengaruhi efisiensi aliran. Penampang persegi cenderung lebih efisien secara hidrolis, terutama pada kondisi aliran kecil, karena tidak memiliki kemiringan dinding seperti pada penampang trapesium yang dapat mengurangi luas penampang efektif. Hal ini sesuai dengan pendapat Chow (1959) serta Kamiana (2018) yang menyatakan bahwa bentuk penampang memengaruhi distribusi aliran dan efisiensi hidrolis saluran.

Implikasi Terhadap Pengelolaan Sedimen

Hasil penelitian ini memberikan beberapa implikasi penting dalam pengelolaan sedimentasi pada sistem drainase perkotaan. Setiap segmen memerlukan penanganan yang berbeda sesuai dengan karakteristiknya:

Segmen 1 : dengan dimensi kecil dan debit sangat rendah perlu menjadi prioritas utama dalam kegiatan pengerukan, karena memiliki risiko tinggi terhadap terjadinya genangan atau banjir lokal.

Segmen 2 dan 3 : meskipun memiliki debit besar, tetap memerlukan pengerukan secara rutin agar kapasitas saluran tetap terjaga dan tidak menurun secara bertahap.

Segmen 4 dan 5 : dengan dimensi sedang dan debit relatif rendah cukup dilakukan pemantauan secara berkala untuk mengantisipasi peningkatan sedimentasi.

Pendekatan ini menunjukkan bahwa strategi pengelolaan tidak dapat disamaratakan, melainkan harus disesuaikan dengan kondisi masing-masing segmen saluran.

Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian ini memiliki kesesuaian dengan beberapa penelitian sebelumnya. Anugrah (2017) menemukan bahwa sedimentasi pada saluran drainase di Bandar Udara Juwata Tarakan menyebabkan penurunan kapasitas aliran, terutama pada saluran dengan dimensi kecil. Selain itu, Kartiko dan Waspodo (2018) juga menyatakan bahwa sedimentasi merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi penurunan kinerja saluran drainase di kawasan permukiman.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa baik dimensi saluran maupun tingkat sedimentasi memiliki peran



penting dalam menentukan kapasitas aliran, namun pengaruhnya akan berbeda tergantung pada kondisi geometrik saluran.

Tabel 5. Ringkasan Analisis Per Segmen

Segmen	Tipe	% Sedimentasi	Debit m ³ /s	Kondisi
1	Trapesium	7,4%	0,0022	Kritis (debit sangat rendah)
2	Persegi	20,8%	0,5970	Baik (kapasitas masih besar)
3	Persegi	20,8%	0,5600	Baik (kapasitas masih besar)
4	Persegi	7,5%	0,0278	Perlu Perhatian (debit rendah)
5	Persegi	4,6%	0,0286	Perlu Perhatian (debit rendah)

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dengan menggunakan persamaan Manning (Chow, 1959; Manning, 1889) dan data survei lapangan pada lima segmen saluran drainase, dapat disimpulkan bahwa:

Tingkat sedimentasi tertinggi terjadi pada Segmen 2 dan 3 dengan persentase 20,8%, diikuti Segmen 4 (7,5%), Segmen 1 (7,4%), dan Segmen 5 (4,6%). Tingkat sedimentasi ini dipengaruhi oleh karakteristik daerah aliran dan sistem pengelolaan sedimentasi di masing-masing segmen (Anugrah, 2017).

Debit aliran aktual terbesar terdapat pada Segmen 2 (0,597 m³/s) dan Segmen 3 (0,560 m³/s), sedangkan debit terkecil pada Segmen 1 (0,0022 m³/s). Perbedaan debit ini menunjukkan bahwa dimensi saluran memiliki pengaruh yang lebih dominan dibandingkan dengan persentase sedimentasi terhadap kapasitas aliran (Kartiko & Waspodo, 2018).

Dimensi saluran merupakan faktor yang lebih dominan dalam menentukan kapasitas aliran dibandingkan dengan persentase sedimentasi. Saluran dengan dimensi besar (Segmen 2 dan 3) tetap memiliki debit tinggi meskipun tingkat sedimentasinya tinggi (Hasmar, 2012; Suripin, 2003).

Penampang persegi dengan dimensi memadai memberikan kinerja hidrolis yang lebih baik dibandingkan dengan penampang trapesium berdimensi kecil. Hal ini disebabkan oleh efisiensi penampang persegi dalam mempertahankan luas basah pada aliran rendah (Chow, 1959; Idfi et al., 2024).

Pengelolaan sedimentasi perlu dilakukan secara rutin dan terstruktur, dengan prioritas utama pada Segmen 1 yang memiliki dimensi kecil dan debit sangat rendah. Pengerukan sedimen secara berkala sangat diperlukan untuk mencegah penurunan kapasitas aliran yang dapat menyebabkan genangan dan banjir lokal (SNI 03-2453-2002; Hasmar, 2012).

Ucapan Terima Kasih

Penulis memanjatkan puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penelitian yang berjudul "*Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Berdasarkan Debit Limpasan dan Kapasitas Saluran di Medan Tembung*" ini dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penyusunan penelitian ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta kontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berarti selama proses penyusunan penelitian ini, mulai dari tahap perencanaan hingga penyelesaian akhir.
2. Seluruh dosen dan staf pengajar di Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman selama masa perkuliahan sehingga penulis memiliki bekal dalam menyusun penelitian ini.
3. Pihak instansi terkait, khususnya Badan Pusat Statistik Kecamatan Percut Sei Tuan, yang telah memberikan data sekunder berupa data curah hujan dan jumlah penduduk yang sangat diperlukan dalam penelitian ini.



4. Masyarakat dan pihak terkait di lokasi penelitian yang telah memberikan izin serta membantu dalam proses pengambilan data di lapangan, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

5. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan moral maupun material, serta motivasi yang tiada henti kepada penulis selama proses penyusunan penelitian ini.

6. Teman-teman seperjuangan yang telah memberikan bantuan, semangat, serta kebersamaan dalam menyelesaikan penelitian ini, baik dalam diskusi maupun dalam proses pengambilan data di lapangan.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki keterbatasan dan belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik sipil dan pengelolaan sistem drainase perkotaan, serta dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pihak terkait dalam upaya meningkatkan kinerja sistem drainase di wilayah perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arianty, R., & Siregar, M., "Evaluasi Sistem Drainase Berdasarkan Kondisi Eksisting Saluran," *Jurnal Ilmiah Teknik*, vol. 11, no. 1, pp. 55–63, 2024.
- ASCE. (1982). *Gravity sanitary sewer design and construction (ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 60)*. American Society of Civil Engineers.
- Asdak, C., *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2021.
- Chow, V. T. (1959). *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill.
- Griggs, F. E. Jr. (1996). On the shoulders of giants—Part II. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 122(1), 17–25. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1052-3928\(1996\)122:1\(17\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1052-3928(1996)122:1(17))
- Hasmar, H. A. (2012). *Drainase terapan*. UII Press.
- Hidayat, A., & Pratama, R., "Analisis Kinerja Sistem Drainase Perkotaan," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 10, no. 2, pp. 45–52, 2023.
- Idfi, G., et al. (2024). *Hidrolika untuk teknik sipil*. Bintang Semesta Media.
- Kamiana, I. M. (2018). *Hidraulika: teknik perhitungan pada aliran terbuka dan tertutup*. Teknosain.
- Kartiko, L., & Waspodo, R. S. B. (2018). Analisis kapasitas saluran drainase menggunakan program SWMM 5.1 di Perumahan Tasmania Bogor. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 3(3), 133–148. <https://doi.org/10.29244/jsil.3.3.133-148>
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R., *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, Yogyakarta: Andi, 2020.
- Manning, R. (1889). On the flow of water in open channels and pipes. *Transactions of the Institution of Civil Engineers of Ireland*, 20, 161–166.
- McCuen, R. H., et al. (1996). *Hydrologic analysis and design (2nd ed.)*. Prentice-Hall.
- Prasetyo, E., "Analisis Debit Limpasan Menggunakan Metode Rasional," *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, vol. 5, no. 2, pp. 67–74, 2022.
- Putra, A., & Nugroho, B., "Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase pada Kawasan Perkotaan," *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 7, no. 2, pp. 101–109, 2021.
- Rahman, M., & Yusuf, D., "Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Debit Limpasan," *Jurnal Infrastruktur*, vol. 8, no. 1, pp. 12–20, 2024.
- Sari, D., & Wijaya, T., "Pengaruh Sedimentasi terhadap Kapasitas Saluran Drainase," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 9, no. 3, pp. 88–95, 2023.
- Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta: Andi, 2019.
- Wibowo, S., & Setiawan, H., "Analisis Hidrologi dan Hidraulika Sistem Drainase," *Jurnal Teknik Pengairan*, vol. 6, no. 1, pp. 23–30, 2021.