

Analisis Hidrologi Hidraulika dan Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Koridor Jalan Pengabdian – Jalan M. Yakub Kabupaten Deli Serdang

(Hydrological-Hydraulic Analysis and Capacity Evaluation of the Drainage System along the Jalan Pengabdian – Jalan M. Yakub Corridor, Deli Serdang Regency)

Marsella Ilevennia br Sembiring¹⁾ Alifa Yasmin Putri²⁾ Yuni Yolanda³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Manajemen Konstruksi, Universitas Negeri Medan, Medan, 20221, Indonesia

*Penulis korespondensi. Email: marsellailevennia@gmail.com, alifayasminputri200507@gmail.com, yuni.yolanda@unimed.ac.id

Article Info	Abstract
<p>Article History Received: 02-15-2026 Revised: 03-20-2026 Published: 06-30-2026</p> <p>Keywords writing instructions; prism journal; article template</p>	<p>The rapid growth of built-up areas in peri-urban zones triggers a drastic decline in water infiltration spaces, consequently increasing surface runoff volumes and recurring inundation risks. This study aims to evaluate the performance and macro-storage capacity of the existing drainage system along the Jalan Pengabdian to Jalan M. Yakub corridor, Percut Sei Tuan District, Deli Serdang Regency. A descriptive-evaluative method was applied, integrating quantitative hydrological analysis and channel hydraulic modeling. Runoff discharge calculations utilized the Rational Method based on a 10-year maximum daily rainfall dataset. The analysis parameters were comprehensively developed by incorporating long-term population growth projections (10, 25, and 50 years), estimating domestic wastewater discharge contributions, and quantifying geometric reductions caused by physical sedimentation in the field. The results indicate that the existing channel has a total storage capacity of 2.046 m³ per meter length. However, the design peak discharge that must be accommodated reaches 50.75 m³/s. This load is heavily dominated by stormwater runoff at 50.60 m³/s, while the domestic wastewater contribution is relatively minor at 0.153 m³/s. Field investigations confirmed that solid sediment accumulation and physical degradation of the channel walls severely reduce the effective hydraulic capacity, causing overflow during peak rainfall events. This study concludes that channel geometry normalization through routine sediment dredging, section dimension expansion in critical segments, and integrated household wastewater management are urgently required to restore the channel's hydraulic functions.</p> <p>Keywords: Urban Drainage, Rational Method, Runoff Discharge, Sedimentation, Channel Hydraulics.</p>
Informasi Artikel	Abstrak
<p>Sejarah Artikel Diterima: 15-02-2026 Direvisi: 20-03-2026 Dipublikasi: 30-06-2026</p> <p>Kata kunci Petunjuk penulisan; Jurnal prisma; template artikel</p>	<p>Pertumbuhan kawasan terbangun di daerah penyangga perkotaan memicu penurunan drastis zona resapan air, yang berimplikasi pada peningkatan volume limpasan permukaan dan risiko genangan berulang. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dan kapasitas tampung makro sistem drainase eksisting di sepanjang koridor Jalan Pengabdian hingga Jalan M. Yakub, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang. Metode deskriptif-evaluatif diterapkan melalui integrasi analisis hidrologi kuantitatif dan pemodelan hidraulika saluran. Perhitungan debit limpasan menggunakan Metode Rasional dengan basis data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun. Parameter analisis dikembangkan secara komprehensif dengan mengintegrasikan proyeksi pertumbuhan penduduk jangka panjang (10, 25, dan</p>

50 tahun), estimasi kontribusi debit air limbah domestik, serta kuantifikasi reduksi geometris akibat sedimentasi fisik di lapangan. Hasil analisis menunjukkan total kapasitas tampung saluran eksisting saat ini adalah sebesar 2,046 m³ per meter panjang saluran. Namun, beban debit total rancangan yang harus dialirkan mencapai 50,75 m³/s. Beban ini didominasi secara signifikan oleh hidrograf limpasan air hujan (*stormwater runoff*) sebesar 50,60 m³/s, sedangkan kontribusi buangan air limbah domestik tercatat sebesar 0,153 m³/s. Investigasi lapangan mengonfirmasi bahwa akumulasi sedimen padat dan kerusakan fisik struktur dinding pembatas secara drastis menurunkan kapasitas hidraulika efektif saluran hingga memicu luapan (*overflow*) pada puncak hujan harian. Penelitian ini menyimpulkan perlunya normalisasi geometri saluran melalui pengerukan sedimen secara berkala, penambahan dimensi penampang pada segmen kritis, dan penataan integrasi tata ruang air buangan rumah tangga guna mengembalikan fungsi hidraulika saluran.

Kata Kunci: Drainase Perkotaan, Metode Rasional, Debit Limpasan, Sedimentasi, Hidraulika Saluran

PENDAHULUAN

Sistem drainase perkotaan merupakan komponen vital infrastruktur yang dirancang untuk mengendalikan kelebihan air permukaan, baik air hujan maupun air buangan perkotaan, agar tidak menimbulkan bencana banjir lokal (*local flooding*) dan genangan yang mengganggu stabilitas sosio-ekonomi kawasan. Fenomena antropogenik berupa perubahan tata guna lahan perkotaan secara masif—dari lahan bervegetasi menjadi kedap air (*impervious surfaces*)—mengubah neraca hidrologi mikro secara drastis melalui peningkatan koefisien limpasan (*C*), pemendekan waktu konsentrasi (*T_c*), dan penurunan laju infiltrasi tanah.

Kajian empiris mengenai evaluasi drainase telah banyak dilakukan oleh para peneliti terdahulu. Kusumawati (2003) menekankan pentingnya akurasi analisis curah hujan rencana dalam penetapan kapasitas desain saluran makro drainase. Hambatan fisik berupa keterbatasan dimensi saluran dilaporkan oleh Alpian et al. (2021) di Banjarmasin, sedangkan degradasi kapasitas fungsional akibat sedimentasi masif diulas secara tajam oleh Amrulloh et al. (2021) serta Yusup et al. (2022). Aspek penambahan beban akibat debit limbah cair domestik perkotaan diteliti secara terpisah oleh Pratama et al. (2023) di Bandar Lampung. Di wilayah Sumatera Utara sendiri, evaluasi infrastruktur serupa dilakukan oleh Marpaung dan Hermansyah (2025) di kawasan Universitas Medan Area, yang mengonfirmasi ketidaksiapan drainase suburban dalam merespons perluasan wilayah urban.

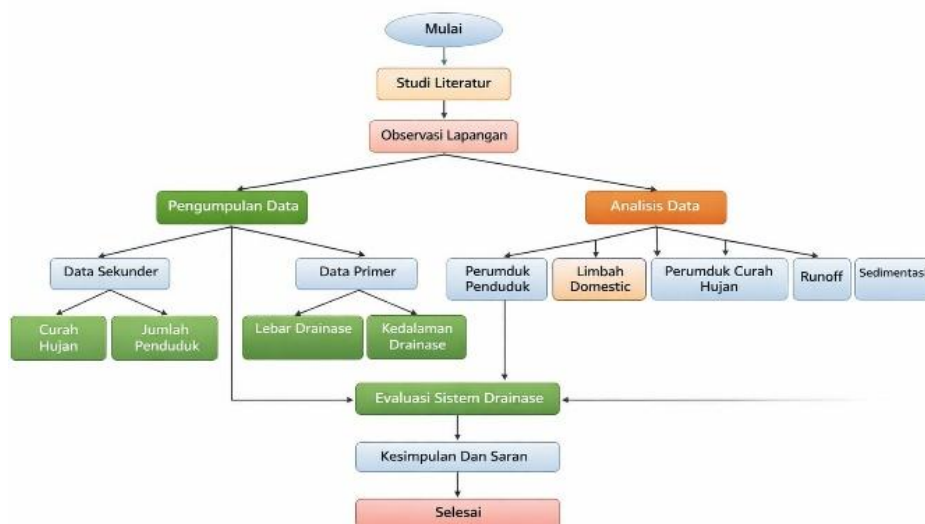
Meskipun literatur di atas memberikan fondasi yang kuat, terdapat *research gap* yang nyata: mayoritas studi melakukan pendekatan tunggal (*silos approach*), di mana analisis hidrologi air hujan dilepaskan dari analisis dinamika demografi antropogenik, volume limbah domestik harian, serta laju reduksi luasan penampang akibat sedimentasi padat secara bersamaan. Akibatnya, rekomendasi teknis yang dihasilkan sering kali kurang presisi untuk jangka panjang. Terlebih lagi, kawasan peri-urban Kecamatan Percut Sei Tuan yang berbatasan langsung dengan pusat ekonomi Kota Medan mengalami tekanan urbanisasi sekunder yang sangat tinggi, namun belum memiliki dokumen pemetaan kapasitas hidraulika drainase yang komprehensif.

Novelitas (*Novelty*) penelitian ini terletak pada integrasi simultan antara parameter hidrologi cuaca ekstrem (analisis hujan kala ulang jangka panjang), faktor antropogenik lokal (proyeksi limbah domestik berbasis pertumbuhan penduduk 10, 25, dan 50 tahun), serta faktor reduksi fisik (*sedimentation factor*) dalam mengevaluasi efektivitas hidraulika penampang eksisting. Tujuan

penelitian ini adalah mengkuantifikasi nilai debit banjir rancangan (Qrencana) dan debit air limbah, memetakan kapasitas tampung aktual saluran eksisting terhadap beban limpasan, serta merumuskan rekomendasi penampang hidraulika terbaik guna mitigasi luapan di koridor Jalan Pengabdian hingga Jalan M. Yakub.

METODE PENELITIAN

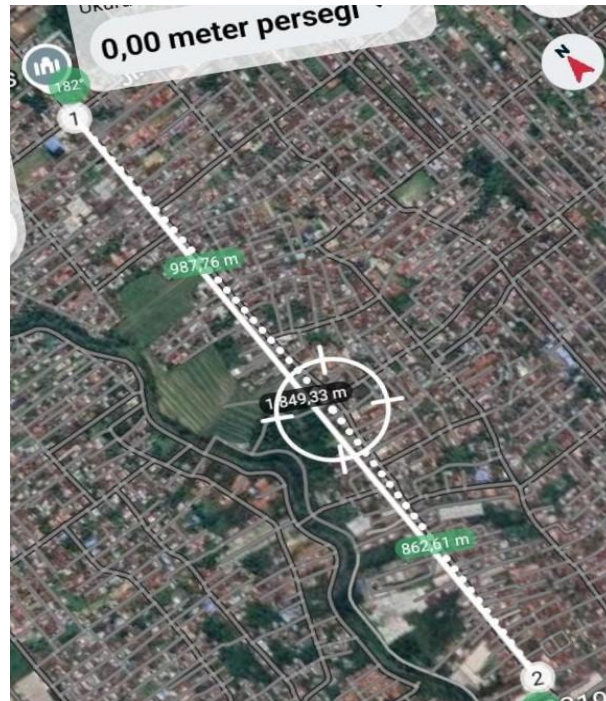
Metode deskriptif evaluatif digunakan untuk mengevaluasi saluran drainase terpilih dengan tahapan mulai dari pengumpulan data jumlah penduduk dan data curah hujan 10 tahun terakhir, pengukuran dimensi saluran drainase, proyeksi jumlah penduduk 10, 25, dan 50 tahun mendatang, analisis hidrologi dengan mempertimbangkan debit air limbah dari aktivitas domestik, limpasan hujan kala ulang 10, 25, dan 50 tahun, dan pengaruh evapotranspirasi serta infiltrasi, serta evaluasi saluran drainase. Tahapan prosedur evaluasi saluran drainase pada studi kasus ini diuraikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Kondisi Sekitar Lokasi Penelitian

Lokasi studi merupakan saluran drainase di Jalan Pengabdian hingga Jalan M. Yakub, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, mulai dari warung Mie aceh keping pak boss (3.620228,98.748413) sampai Toko ahlinya parfum (3.618751,98.748177) dengan total panjang saluran yang diamati sekitar 3.200 m. Lokasi ini dapat dilihat pada Gambar 2. Kawasan ini merupakan salah satu daerah dengan kepadatan penduduk yang cukup tinggi dan sebagian besar wilayahnya telah berkembang menjadi kawasan permukiman serta lahan terbangun. Letaknya yang berada di kawasan penyangga Kota Medan menjadikan wilayah ini cukup strategis karena berada tidak jauh dari pusat aktivitas pendidikan, perdagangan, dan permukiman. Di sepanjang kawasan tersebut terdapat berbagai aktivitas masyarakat seperti permukiman penduduk, rumah kos, usaha kecil, serta warung makan yang berpotensi meningkatkan limpasan air dan pembuangan limbah domestik ke dalam saluran drainase. Dengan kondisi aktivitas penduduk yang cukup tinggi, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap kondisi dan kemampuan saluran drainase pada daerah ini dengan mempertimbangkan proyeksi peningkatan jumlah penduduk dalam kurun waktu tertentu.










Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Tabel 1. Data Primer


Segmen	Koordinat/ patokan	Lebar atas, B	Lebar bawah, b	Tinggi total, H	Tinggi air, h	Penampakan fisik
1	Mie aceh kepiting pak boss (3° 37' 12.82" LU 98° 44' 54.29" BT)	1,05 m	1,05 m	0,54 m	0,18 m	
2	Toko putra jaya 2 (3° 37' 5.42" LU 98° 44' 53.71" BT)	0,6 m	0,6 m	0,36 m	0,27 m	

DOI : 10.29408/jtl.v4i1.34538

URL : <https://doi.org/10.29408/jtl.v4i1.34538>

3	Dian jaya collection (3° 36' 54.09" LU 98° 44' 53.21" BT)	0,85 m	0,85 m	0,54 m	0,41 m	
4	Yun salon/ Adit jaya service (3° 36' 41.76" LU 98° 44' 53.36" BT)	0,8 m	0,8 m	0,55 m	0,16 m	
5	Sebrang masjid Fastabiquil Khairat (3° 36' 28.20" LU 98° 44' 51.28" BT)	0,99 m	0,99 m	0,88 m	0,21 m	
6	Indomaret (3° 36' 11.82" LU 98° 44' 49.35" BT)	0,93 m	0,93 m	0,73 m	0,4 m	
7	Aqua home service mawadah (3° 36' 27.33" LU 98° 44' 50.88" BT)	0,85 m	0,85 m	0,79 m	0,01 m	
8	Bakso & mie ayam yamin (3° 36' 40.25" LU 98° 44' 52.89" BT)	0,83 m	0,83 m	0,96 m	0,18 m	
9	Sebrang fotocopy palano jaya (3° 36' 51.58" LU 98° 44' 52.88" BT)	0,87 m	0,87 m	0,8 m	0,45 m	

BT)

10	Sebrang ahlinya parfum (3° 37' 7.50" LU 98° 44' 53.44" BT)	0,74 m	0,74 m	0,58 m	0,12 m	
-----------	---	--------	--------	--------	--------	---

Analisis Dimensi dan Volume Saluran Drainase Eksisting

Penentuan volume drainase eksisting dilakukan untuk mengetahui kapasitas saluran dalam menampung aliran air yang masuk ke sistem drainase. Kapasitas saluran dihitung berdasarkan dimensi geometrik saluran yang diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan. Nilai volume efektif saluran kemudian dibandingkan dengan volume sedimen yang terdapat di dalam saluran untuk mengetahui sejauh mana sedimentasi mempengaruhi kapasitas tampung drainase.

Pengukuran dimensi saluran dilakukan pada beberapa titik pengamatan sepanjang lokasi penelitian. Jumlah titik pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 10 titik dengan jarak antar titik sekitar 350 m. Penentuan titik pengamatan dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi fisik saluran di lapangan, karena pada beberapa bagian saluran mengalami perubahan bentuk akibat terintegrasi dengan halaman atau bangunan milik warga. Selain itu, terdapat pula bagian saluran yang ditutup oleh masyarakat untuk mengurangi bau serta mencegah penyebaran vektor penyakit, sehingga pengukuran tidak dapat dilakukan secara menyeluruh pada seluruh bagian saluran.

Pengukuran sedimen dilakukan pada titik yang sama dengan lokasi pengukuran dimensi saluran. Data tersebut digunakan untuk menghitung volume sedimen yang mengendap di dalam saluran sehingga dapat diketahui kapasitas efektif drainase eksisting setelah dipengaruhi oleh proses sedimentasi.

Teknik Analisis Proyeksi Jumlah Penduduk dan Produksi Limbah Cair Domestik

Tabel 2. Data Kependudukan Percut Sei Tuan, Kab. Deli Serdang tahun 2013 – 2024

Tahun	Jumlah Penduduk (orang)
2013	134.643
2014	137.062
2015	137.178
2016	137.239
2017	138.348
2018	138.884
2019	139.249
2020	146.534

2021	147.209
2022	148.346
2023	149.274
2024	150.135

Analisis proyeksi jumlah penduduk dilakukan untuk memperkirakan pertumbuhan penduduk pada tahun rencana yang akan datang. Proyeksi ini diperlukan karena peningkatan jumlah penduduk akan mempengaruhi besarnya produksi limbah cair domestik yang masuk ke sistem drainase. Data jumlah penduduk yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari publikasi resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Deli Serdang dan Kecamatan Percut Sei Tuan dalam beberapa tahun terakhir. Data historis tersebut kemudian dianalisis menggunakan beberapa metode proyeksi untuk memperoleh estimasi jumlah penduduk pada tahun perencanaan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi metode aritmatika, geometrik, eksponensial, least square, dan incremental increase. Metode aritmatika digunakan dengan asumsi bahwa pertambahan jumlah penduduk setiap tahun bersifat konstan. Persamaan metode aritmatika dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$P_t = P_0 + (r \times t)$$

di mana P_t adalah jumlah penduduk pada tahun ke- t , P_0 adalah jumlah penduduk pada tahun dasar, r adalah rata-rata pertambahan penduduk per tahun, dan t adalah selang waktu proyeksi (tahun).

Metode geometrik digunakan dengan asumsi bahwa pertumbuhan penduduk terjadi secara proporsional terhadap jumlah penduduk yang ada. Persamaan metode geometrik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P_t = P_0(1 + r)^t$$

di mana r merupakan laju pertumbuhan penduduk per tahun.

Metode eksponensial mengasumsikan bahwa pertumbuhan penduduk berlangsung secara kontinu mengikuti pola pertumbuhan eksponensial. Persamaan yang digunakan adalah:

$$P_t = P_0 e^{rt}$$

di mana e adalah bilangan eksponensial (2,71828), r adalah laju pertumbuhan penduduk, dan t adalah waktu proyeksi dalam tahun.

Metode least square digunakan untuk menentukan garis tren terbaik dari data historis pertumbuhan penduduk dengan pendekatan regresi linier. Persamaan metode least square dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = a + bX$$

di mana Y merupakan jumlah penduduk pada tahun tertentu, a adalah konstanta, b adalah koefisien arah atau laju pertumbuhan, dan X adalah variabel waktu.

Selain itu, digunakan metode incremental increase yang mempertimbangkan perubahan kenaikan jumlah penduduk dari tahun ke tahun. Metode ini memperhitungkan rata-rata kenaikan penduduk setiap tahun serta rata-rata pertambahan kenaikan tersebut. Persamaan metode incremental increase adalah sebagai berikut:

$$P_t = P_0 + (r \times t) + \frac{i \times t(t - 1)}{2}$$

di mana P_t adalah jumlah penduduk pada tahun ke- t , P_0 adalah jumlah penduduk pada tahun dasar, r adalah rata-rata pertambahan penduduk per tahun, i adalah rata-rata pertambahan kenaikan penduduk (incremental increase), dan t adalah periode waktu proyeksi (tahun).

Hasil proyeksi jumlah penduduk dari masing-masing metode kemudian dibandingkan untuk menentukan metode yang paling sesuai dengan tren pertumbuhan penduduk di wilayah penelitian. Nilai proyeksi yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghitung produksi limbah cair domestik.

Perhitungan produksi limbah cair domestik didasarkan pada jumlah penduduk dan kebutuhan air bersih per kapita. Dalam perencanaan sistem sanitasi dan drainase perkotaan, limbah cair domestik umumnya diasumsikan sebesar 70–80% dari total penggunaan air bersih. Debit limbah cair domestik dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_d = P \times q \times f$$

di mana Q_d adalah debit limbah cair domestik, P adalah jumlah penduduk (jiwa), q adalah kebutuhan air bersih per kapita (L/orang/hari), dan f adalah faktor konversi limbah cair (0,7–0,8).

Nilai debit limbah cair domestik yang diperoleh kemudian dikonversi ke dalam satuan m^3 /detik dan digunakan sebagai salah satu komponen dalam analisis kapasitas sistem drainase. Debit tersebut selanjutnya digabungkan dengan debit limpasan air hujan untuk mengevaluasi kemampuan saluran drainase eksisting dalam menampung aliran pada kondisi saat ini maupun pada tahun rencana.

Teknik Analisis Proyeksi Curah Hujan dan Runoff

Tabel 3. Data Curah Hujan dari Tahun 2013 – 2023

Tahun	Jumlah Hari Hujan	Curah Hujan (mm)
2013	225	2.799
2014	200	2.148
2015	189	2.803
2016	201	2.830
2017	243	3.190
2018	217	3.181
2019	227	3.301
2020	233	3.729
2021	196	3.205
2022	230	3.495
2023	241	3.424

Analisis curah hujan dilakukan untuk menentukan besarnya curah hujan rencana yang akan digunakan dalam perhitungan debit limpasan pada sistem drainase. Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data curah hujan harian maksimum tahunan yang diperoleh dari stasiun pengamatan hujan di sekitar wilayah penelitian yang dikelola oleh instansi terkait, seperti Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode analisis frekuensi untuk memperoleh nilai curah hujan rencana pada beberapa periode ulang tertentu.

Dalam penelitian ini digunakan beberapa metode distribusi probabilitas, yaitu metode Gumbel, Log Normal, dan Log Pearson Type III. Metode Gumbel digunakan untuk menganalisis peluang kejadian nilai ekstrem, seperti curah hujan maksimum tahunan. Persamaan distribusi Gumbel dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K \cdot S$$

di mana X_T adalah curah hujan rencana untuk periode ulang T , \bar{X} adalah rata-rata curah hujan maksimum tahunan, S adalah simpangan baku, dan K adalah faktor frekuensi yang bergantung pada periode ulang yang ditinjau.

Metode Log Normal digunakan dengan cara mentransformasikan data curah hujan ke dalam bentuk logaritmik, kemudian dianalisis menggunakan distribusi normal. Persamaan yang digunakan adalah:

$$\log X_T = \log \bar{X} + K \cdot S_{\log X}$$

di mana $\log X_T$ adalah logaritma curah hujan rencana, $\log \bar{X}$ adalah rata-rata logaritma curah hujan, $S_{\log X}$ adalah simpangan baku logaritma data, dan K adalah faktor frekuensi.

Selain itu digunakan metode Log Pearson Type III yang merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam analisis hidrologi untuk memperkirakan nilai curah hujan ekstrem. Persamaan metode Log Pearson Type III adalah:

$$\log X_T = \log \bar{X} + K \cdot S_{\log X}$$

di mana nilai faktor frekuensi K ditentukan berdasarkan nilai koefisien kemencengan (skewness) dari data logaritmik curah hujan.

Hasil analisis dari beberapa metode distribusi tersebut kemudian dibandingkan untuk menentukan metode yang paling sesuai dengan karakteristik data curah hujan di wilayah penelitian.

Setelah diperoleh curah hujan rencana, langkah selanjutnya adalah menentukan intensitas curah hujan yang digunakan dalam perhitungan debit limpasan. Dalam penelitian ini, intensitas curah hujan dihitung menggunakan metode Mononobe, yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

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

di mana I adalah intensitas curah hujan (mm/jam), R_{24} adalah curah hujan maksimum selama 24 jam (mm), dan t adalah durasi hujan atau waktu konsentrasi (jam).

Selanjutnya dilakukan analisis debit limpasan (runoff) untuk mengetahui besarnya aliran air hujan yang masuk ke dalam sistem drainase. Perhitungan debit limpasan menggunakan metode Rasional yang dinyatakan dengan persamaan:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

di mana Q adalah debit limpasan (m^3/detik), C adalah koefisien limpasan yang dipengaruhi oleh kondisi tata guna lahan, I adalah intensitas curah hujan (mm/jam), dan A adalah luas daerah tangkapan hujan.

Hasil perhitungan debit limpasan tersebut kemudian digunakan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting. Dengan membandingkan antara debit limpasan yang terjadi dengan kapasitas saluran yang tersedia, dapat diketahui apakah sistem drainase mampu menampung aliran air hujan atau berpotensi menimbulkan genangan pada wilayah penelitian.

Analisis Timbulan dan Volume Sedimen pada Saluran Drainase

Pada penelitian evaluasi sistem drainase di ruas Jalan Pengabdian hingga Jalan M. Yakub, Kecamatan Percut Sei Tuan, dilakukan analisis timbulan dan volume sedimen untuk mengetahui sejauh mana sedimentasi mempengaruhi kinerja saluran drainase. Sedimen yang terakumulasi pada saluran umumnya berasal dari material tanah, pasir, lumpur, serta sampah yang terbawa oleh aliran permukaan ketika terjadi hujan.

Analisis dilakukan melalui pengukuran langsung di lapangan pada beberapa titik saluran drainase sepanjang ruas penelitian. Parameter yang diukur meliputi lebar saluran, tinggi saluran, panjang segmen saluran, serta ketebalan sedimen yang mengendap di dasar saluran. Data tersebut digunakan untuk menghitung luas penampang sedimen dan volume sedimen yang terakumulasi.

Perhitungan volume sedimen dilakukan menggunakan persamaan:

$$V = A \times L$$

dengan:

V = volume sedimen (m^3)

A = luas penampang sedimen (m^2)

L = panjang segmen saluran (m)

Luas penampang sedimen dihitung dengan:

$$A = b \times h$$

dimana:

b = lebar sedimen pada dasar saluran (m)

h = ketebalan sedimen (m)

Hasil perhitungan volume sedimen kemudian digunakan untuk mengetahui persentase pengurangan kapasitas saluran drainase akibat sedimentasi. Apabila volume sedimen cukup besar sehingga mengurangi kapasitas aliran, maka kondisi saluran dinilai tidak optimal dan berpotensi menimbulkan genangan di kawasan Jalan Pengabdian hingga Jalan M. Yakub.

Selanjutnya dilakukan proyeksi timbulan sedimen untuk memperkirakan akumulasi sedimen pada beberapa tahun mendatang dengan menggunakan pendekatan metode aritmatika atau regresi sederhana berdasarkan data pengamatan yang diperoleh. Hasil proyeksi ini digunakan untuk menentukan kebutuhan pemeliharaan drainase, seperti frekuensi pengerukan sedimen agar kapasitas saluran tetap terjaga.

Dengan demikian, analisis timbulan dan volume sedimen menjadi salah satu parameter penting dalam mengevaluasi kinerja sistem drainase di kawasan penelitian, sehingga dapat diketahui apakah saluran yang ada masih mampu menampung debit limpasan atau memerlukan perbaikan dan pemeliharaan.

Teknik analisis proyeksi nilai evapotranspirasi

Teknik analisis proyeksi nilai evapotranspirasi digunakan untuk memperkirakan besarnya kehilangan air dari suatu wilayah akibat proses penguapan dari permukaan tanah dan badan air (evaporasi) serta pengeluaran uap air oleh tanaman (transpirasi). Dalam kajian hidrologi, evapotranspirasi merupakan salah satu komponen penting dalam siklus hidrologi yang mempengaruhi keseimbangan air dan besarnya limpasan permukaan yang masuk ke sistem drainase.

Analisis evapotranspirasi dilakukan dengan menggunakan data klimatologi seperti temperatur udara, kelembaban relatif, radiasi matahari, kecepatan angin, serta curah hujan yang diperoleh dari stasiun klimatologi terdekat dengan lokasi penelitian. Data tersebut kemudian diolah untuk memperoleh nilai evapotranspirasi potensial yang menggambarkan jumlah maksimum air yang dapat hilang ke atmosfer pada kondisi tertentu.

Setelah nilai evapotranspirasi diperoleh dari data historis, selanjutnya dilakukan analisis proyeksi untuk memperkirakan kecenderungan perubahan nilai evapotranspirasi pada periode mendatang. Proyeksi ini bertujuan untuk mengetahui kemungkinan peningkatan atau penurunan kehilangan air yang dapat mempengaruhi kondisi hidrologi suatu wilayah.

Hasil proyeksi evapotranspirasi selanjutnya digunakan dalam analisis hidrologi sebagai salah satu parameter dalam perhitungan keseimbangan air. Dengan mengetahui besarnya evapotranspirasi, dapat diperkirakan jumlah air yang tersisa sebagai aliran permukaan atau limpasan yang berpotensi masuk ke sistem drainase. Oleh karena itu, analisis proyeksi evapotranspirasi menjadi bagian penting dalam mendukung evaluasi kinerja sistem drainase serta dalam perencanaan pengelolaan sumber daya air di suatu wilayah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Volume Tampungan Saluran

Data hasil penelitian diperoleh melalui pengukuran langsung pada saluran drainase di ruas Jalan Pengabdian hingga Jalan M. Yakub yang telah dibagi menjadi 10 segmen pengamatan. Parameter yang diukur meliputi dimensi geometrik saluran berupa lebar (B), tinggi total (H), serta tinggi muka air aktual (h) pada masing-masing segmen.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa dimensi saluran bervariasi pada setiap segmen, dengan lebar saluran berkisar antara 0,60 m hingga 1,05 m, dan tinggi muka air antara 0,01 m hingga 0,45 m.

Untuk mengetahui kapasitas tampungan eksisting, dilakukan perhitungan volume air pada setiap segmen dengan menggunakan persamaan:

$$V = B \times h \times L$$

dengan:

V = volume (m^3)

B = lebar saluran (m)

h = tinggi muka air (m)

L = panjang segmen (diasumsikan 1 m)

Tabel 4. Hasil perhitungan Volume per Segmen

Segmen	Volume (m^3)
1	0,189
2	0,162
3	0,349
4	0,128
5	0,208
6	0,372
7	0,0085
8	0,149
9	0,392
10	0,089
Total Volume	2,046

Berdasarkan tabel di atas, volume tampungan pada masing-masing segmen menunjukkan variasi yang cukup signifikan. Volume terbesar terdapat pada segmen 9 sebesar $0,392 m^3$, sedangkan volume terkecil terdapat pada segmen 7 sebesar $0,0085 m^3$. Nilai yang sangat kecil pada segmen 7 menunjukkan kondisi muka air yang hampir tidak ada, yang mengindikasikan rendahnya aliran atau kemungkinan adanya gangguan pada saluran.

Total volume tampungan saluran diperoleh dengan menjumlahkan seluruh volume tiap segmen sebagai berikut:

$$\Sigma V = 2.046 m^3$$

Nilai tersebut merupakan volume tampungan eksisting per meter panjang saluran. Variasi volume ini dipengaruhi oleh perbedaan dimensi geometrik serta kondisi aliran pada masing-masing segmen.

Selain itu, hasil observasi lapangan menunjukkan adanya sedimentasi, sampah, dan kerusakan struktur pada beberapa segmen, yang berpotensi mengurangi kapasitas tampungan dan kinerja sistem drainase secara keseluruhan.

Analisis Proyeksi Jumlah Penduduk dan Debit Limbah Cair Domestik

Proyeksi jumlah penduduk dilakukan untuk mengetahui perkembangan jumlah penduduk di wilayah Kecamatan Percut Sei Tuan sebagai dasar dalam analisis peningkatan debit limpasan pada

sistem drainase. Data yang digunakan merupakan data kependudukan tahun 2013 hingga 2024, dengan jumlah penduduk pada tahun dasar (2024) sebesar 150.135 jiwa .

Analisis proyeksi dilakukan menggunakan beberapa metode, yaitu metode aritmatika, geometri, eksponensial, least square, dan incremental increase. Penggunaan beberapa metode ini bertujuan untuk membandingkan hasil proyeksi serta memperoleh gambaran pertumbuhan penduduk yang lebih komprehensif.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk

Perode (Tahun)	Tahun Proyeksi	Aritmatika	Geometri	Eksponensial	Least Square	Incremental
2	2026	152.951	153.138	153.137	153.520	152.795
5	2029	157.175	157.754	157.746	158.065	155.615
10	2034	164.215	165.760	165.741	165.640	157.315
20	2044	178.295	183.012	182.964	180.790	-
50	2074	220.535	246.305	245.926	226.240	-

Berdasarkan Tabel di atas, terlihat bahwa seluruh metode menunjukkan tren peningkatan jumlah penduduk pada setiap periode proyeksi, meskipun dengan nilai yang berbeda-beda. Metode geometri dan eksponensial menghasilkan proyeksi yang lebih tinggi, terutama pada periode jangka panjang, yang menunjukkan pola pertumbuhan eksponensial. Sementara itu, metode aritmatika dan least square memberikan hasil yang lebih stabil dengan kecenderungan linier.

Metode incremental increase menunjukkan hasil yang relatif lebih rendah pada periode tertentu dan cenderung kurang sesuai untuk proyeksi jangka panjang, sehingga penggunaannya lebih tepat untuk analisis jangka pendek hingga menengah.

Perbedaan hasil antar metode ini menunjukkan pentingnya pemilihan metode yang tepat dalam perencanaan. Dalam konteks perencanaan drainase, metode dengan hasil moderat dan realistis lebih disarankan agar tidak terjadi overdesign maupun underdesign.

Perhitungan Debit Limbah Cair Domestik

Jumlah penduduk = 150.135 jiwa

Rumus:

$$q_{limbah} = q_{air} \times f$$

Limbah Mandi

Pemakaian air mandi = 60 liter/orang/hari

$$q_{limbah} = 60 \times 0,8$$

$$q_{limbah} = 48 \text{ liter/orang/hari}$$

Limbah mandi per orang = 48 liter/hari

Langkah pengerjaan (Mandi):

$$Q = 150.135 \times 48$$

$$Q = 7.206.480 \text{ liter/hari}$$

Konversi ke m³:

$$7.206.480/1.000 = 7.206 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Liter/detik:

$$7.206.480/86.400 = 83,4 \text{ L/det}$$

Limbah Cuci

Limbah per orang:

$$30 \times 0,8 = 24 \text{ liter/orang/hari}$$

Debit harian:

$$150.135 \times 24 = 3.603.240 \text{ liter/hari}$$

Dalam m³:

$$3.603.240/1.000 = 3.603 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Liter/detik:

$$3.603.240/86.400 = 41,7 \text{ L/det}$$

Buang Air Kecil (BAK)

Limbah per orang:

$$20 \times 0,8 = 16 \text{ liter/orang/hari}$$

Debit harian:

$$150.135 \times 16 = 2.402.160 \text{ liter/hari}$$

Dalam m³:

$$2.402.160/1.000 = 2.402 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Liter/detik:

$$2.402.160/86.400 = 27,8 \text{ L/det}$$

Rekapitulasi

$$\text{Limbah mandi} = 7.206 \text{ m}^3/\text{hari} (83,4 \text{ L/det})$$

$$\text{Limbah cuci} = 3.603 \text{ m}^3/\text{hari} (41,7 \text{ L/det})$$

$$\text{Limbah BAK} = 2.402 \text{ m}^3/\text{hari} (27,8 \text{ L/det})$$

Total limbah domestik:

$$Q = 13.211 \text{ m}^3/\text{hari} = 152,9 \text{ L/det}$$

Teknik Analisis Proyeksi Curah Hujan dan Runoff

Analisis curah hujan dilakukan untuk menentukan besarnya curah hujan rencana yang akan digunakan dalam perhitungan debit limpasan pada sistem drainase. Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data curah hujan harian maksimum tahunan yang diperoleh dari stasiun pengamatan hujan di sekitar wilayah penelitian yang dikelola oleh instansi terkait, seperti Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode analisis frekuensi untuk memperoleh nilai curah hujan rencana pada beberapa periode ulang tertentu.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Proyeksi Curah Hujan

Periode (Tahun)	Gumbel (mm)	Log Pearson (mm)	Log Normal (mm)
2	3.029	3.172	3.105
5	3.412	3.519	3.450
10	3.666	3.648	3.602
20	3.910	3.722	3.715
50	4.225	3.769	3.780

Berdasarkan hasil analisis frekuensi terhadap data curah hujan maksimum tahunan periode 2013–2023, diperoleh nilai curah hujan rencana untuk berbagai periode ulang menggunakan metode Gumbel, Log Pearson Tipe III, dan Log Normal. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode Gumbel menghasilkan nilai curah hujan rencana yang lebih tinggi dibandingkan metode lainnya, terutama pada periode ulang besar. Sementara itu, metode Log Pearson Tipe III dan Log Normal memberikan hasil yang relatif lebih stabil.

Perhitungan Debit Limpasan dan Debit Total

Runoff sebesar 1.466 mm/tahun dikonversi menjadi intensitas hujan menggunakan metode Mononobe dengan asumsi $R_{24} = 150\text{mm}$ dan durasi hujan $t = 1\text{jam}$, sehingga diperoleh intensitas hujan sebesar:

$$I = 52 \text{ mm/jam}$$

Debit limpasan dihitung menggunakan metode rasional:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

dengan $C = 0,7$, $I = 52\text{mm/jam}$, dan $A = 5\text{ha}$, sehingga diperoleh:

$$Q_{\text{limpasan}} = 50,6 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit limbah domestik sebesar:

$$Q_{domestik} = 0,153 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Sehingga debit total adalah:

$$Q_{total} = 50,75 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 7. Ringkasan Debit

Komponen		(m ³ /det)
Debit Limpasan		50,6
Debit Domestik	Limpasan	0,153
Debit Total		50,75

Berdasarkan hasil analisis distribusi curah hujan, diperoleh nilai runoff sebesar 1.466 mm/tahun. Untuk keperluan perhitungan debit limpasan, dilakukan konversi menjadi intensitas hujan menggunakan metode Mononobe dengan asumsi curah hujan harian sebesar 150 mm dan durasi hujan 1 jam, sehingga diperoleh intensitas hujan sebesar 52 mm/jam.

Selanjutnya, debit limpasan dihitung menggunakan metode rasional dan diperoleh nilai sebesar 50,6 m³/detik. Sementara itu, debit limbah domestik yang dihasilkan sebesar 0,153 m³/detik.

Dengan demikian, total debit yang harus ditampung oleh sistem drainase adalah sebesar 50,75 m³/detik. Hasil ini menunjukkan bahwa kontribusi terbesar berasal dari limpasan air hujan, sedangkan limbah domestik memberikan tambahan yang relatif kecil namun tetap perlu diperhitungkan dalam evaluasi kapasitas saluran drainase.

Perhitungan Evapotranspirasi (Metode Thornthwaite)

Metode Thornthwaite digunakan untuk menghitung evapotranspirasi potensial berdasarkan suhu udara rata-rata bulanan.

Rumus:

$$ET = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a$$

Keterangan:

ET= evapotranspirasi bulanan (mm/bulan)

T= suhu rata-rata bulanan (°C)

I= indeks panas tahunan

a= konstanta (fungsi dari I)

1. Menentukan Suhu Rata-rata

Wilayah Deli Serdang (Sumatera Utara) memiliki suhu rata-rata:

$$T = 27^\circ C$$

2. Menghitung Indeks Panas (I)

$$I = \sum \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

$$I = 12 \times \left(\frac{27}{5} \right)^{1.514}$$

$$I = 12 \times (5.4)^{1.514} \approx 12 \times 12.9 = 154.8$$

3. Menentukan Nilai a

$$a = (6.75 \times 10^{-7})I^3 - (7.71 \times 10^{-5})I^2 + (1.792 \times 10^{-2})I + 0.492$$

$$a \approx 3.7$$

4. Menghitung ET Bulanan

$$ET = 16 \left(\frac{10 \times 27}{154.8} \right)^{3.7}$$

$$ET = 16 \times (1.744)^{3.7}$$

$$ET \approx 16 \times 7.8 = 124.8 \text{ mm/bulan}$$

5. Menghitung ET Tahunan

$$ET_{\text{tahun}} = 12 \times 124.8 = 1.497,6 \text{ mm/tahun}$$

$$ET \approx 1.498 \text{ mm/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode Thornthwaite, diperoleh nilai evapotranspirasi sebesar $\pm 124,8$ mm/bulan atau sekitar 1.498 mm/tahun. Nilai ini menunjukkan bahwa sebagian besar curah hujan yang terjadi di wilayah penelitian mengalami kehilangan melalui proses evapotranspirasi.

Jika dibandingkan dengan curah hujan tahunan sebesar ± 3.000 mm, maka sekitar $\pm 50\%$ air hilang melalui evapotranspirasi, sedangkan sisanya berpotensi menjadi limpasan permukaan dan infiltrasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi sistem drainase di sepanjang Jalan Pengabdian hingga Jalan M. Yakub, Kecamatan Percut Sei Tuan, dapat disimpulkan bahwa kondisi saluran drainase eksisting menunjukkan variasi dimensi dan kapasitas tampungan yang cukup signifikan pada setiap segmen. Total volume tampungan saluran yang diperoleh sebesar $2,046 \text{ m}^3$ per meter panjang saluran, dengan beberapa segmen memiliki kapasitas yang sangat kecil akibat kondisi muka air yang rendah serta adanya gangguan pada saluran.

Hasil analisis hidrologi menunjukkan bahwa debit total yang harus ditampung oleh sistem drainase mencapai $50,75 \text{ m}^3/\text{detik}$, yang didominasi oleh debit limpasan air hujan sebesar $50,6 \text{ m}^3/\text{detik}$, sedangkan kontribusi limbah cair domestik relatif kecil yaitu sebesar $0,153 \text{ m}^3/\text{detik}$. Meskipun demikian, limbah domestik tetap memberikan tambahan beban aliran yang perlu diperhitungkan dalam evaluasi kapasitas saluran.

Selain itu, hasil analisis evapotranspirasi menggunakan metode Thornthwaite menunjukkan nilai sebesar ± 1.498 mm/tahun. Nilai ini mengindikasikan bahwa sebagian besar curah hujan yang terjadi mengalami kehilangan melalui proses evapotranspirasi, sehingga mempengaruhi keseimbangan air di wilayah penelitian. Perbandingan antara curah hujan, evapotranspirasi, dan limpasan menunjukkan hubungan yang cukup konsisten dalam siklus hidrologi, di mana sebagian air menjadi limpasan permukaan dan sebagian lainnya hilang ke atmosfer.

Proyeksi jumlah penduduk menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada masa mendatang, yang berimplikasi terhadap peningkatan volume limbah cair domestik dan potensi beban aliran dalam sistem drainase. Selain itu, faktor sedimentasi yang ditemukan di lapangan juga

berkontribusi terhadap penurunan kapasitas efektif saluran, sehingga mempengaruhi kinerja drainase secara keseluruhan.

Dengan mempertimbangkan seluruh parameter yang dianalisis, dapat disimpulkan bahwa kapasitas saluran drainase eksisting pada beberapa segmen belum sepenuhnya mampu mengakomodasi debit aliran yang terjadi, terutama pada kondisi hujan dengan intensitas tinggi. Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan kapasitas saluran, pemeliharaan rutin seperti pengerukan sedimen, serta pengelolaan limbah domestik yang lebih baik guna mengurangi beban pada sistem drainase.

Secara umum, penelitian ini menunjukkan bahwa evaluasi sistem drainase perlu dilakukan secara komprehensif dengan mengintegrasikan berbagai parameter hidrologi seperti curah hujan, limpasan, evapotranspirasi, pertumbuhan penduduk, limbah domestik, serta sedimentasi, sehingga dapat menghasilkan perencanaan sistem drainase yang lebih efektif, adaptif, dan berkelanjutan.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, beberapa rekomendasi yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Evaluasi parameter hidrologi
Perlu dilakukan peninjauan kembali terhadap parameter perhitungan, khususnya intensitas curah hujan, koefisien limpasan, dan luas daerah tangkapan, agar hasil analisis debit lebih representatif dan tidak mengalami overestimasi.
2. Penggunaan data curah hujan yang lebih akurat
Disarankan menggunakan data curah hujan harian maksimum dalam analisis frekuensi, sehingga perhitungan intensitas hujan dapat menggambarkan kondisi aktual di lapangan dengan lebih baik.
3. Pemeliharaan rutin saluran drainase
Kegiatan pembersihan sedimen, sampah, dan vegetasi liar perlu dilakukan secara berkala guna menjaga kapasitas aliran dan mencegah terjadinya penyumbatan.
4. Perbaikan dan peningkatan kapasitas saluran
Pada segmen saluran yang memiliki dimensi terbatas atau mengalami kerusakan, perlu dilakukan rehabilitasi atau peningkatan kapasitas sebagai langkah antisipatif terhadap peningkatan debit di masa mendatang.
5. Penerapan sistem pengendalian limpasan
Upaya pengurangan limpasan permukaan dapat dilakukan melalui penerapan sumur resapan, biopori, dan peningkatan ruang terbuka hijau untuk meningkatkan infiltrasi air hujan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini, khususnya kepada instansi terkait yang telah menyediakan data serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengambilan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Alpian, A., Rahman, M., & Hidayat, T. (2021). Evaluasi kapasitas saluran drainase pada kawasan Jalan Simpang Telawang Kota Banjarmasin. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 17(2), 95–104.

Amrulloh, M., Widiarti, W. Y., & Halik, G. (2021). Analisis kapasitas drainase perkotaan berdasarkan debit limpasan di Kecamatan Sumpersari, Kabupaten Jember. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 15(1), 45–54.



Kartawijaya, S. A., Sutandi, A., & Kurniawan, V. (2021). Evaluasi sistem drainase perkotaan di Kecamatan Kelapa Gading, Jakarta Utara. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 12(2), 87–96.

Kusumawati, S. (2003). Evaluasi sistem drainase pada saluran Medokan Surabaya. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 1–10.

Listyana, K. U., Dermawan, V., & Cahya, E. N. (2024). Analisis kinerja sistem drainase pada kawasan UB Forest Kabupaten Malang. *Jurnal Sumber Daya Air Indonesia*, 20(1), 41–50.

Marpaung, Y. R., & Hermansyah. (2025). Evaluasi sistem drainase pada kawasan Kampus Universitas Medan Area Kota Medan. *Jurnal Teknik Sipil Sumatera*, 5(1), 10–18.

Mustofa, R., Nugroho, A., & Prasetyo, D. (2022). Evaluasi sistem drainase pada kawasan Perumahan Kepuh Permai Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan Binaan*, 8(1), 23–32.

Oktaviani, A., & Mahendra, M. O. (2025). Analisis kapasitas saluran drainase pada ruas Jalan Raya Baros Kota Serang. *Jurnal Infrastruktur Berkelanjutan*, 7(1), 66–75.

Pratama, A., Sumiharni, & Febrina, R. (2023). Analisis kinerja saluran drainase pada Jalan Pramuka Kota Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Pengairan*, 14(1), 35–44.

Ramdhani, R., Permana, S., & Fitriyadi, A. (2024). Evaluasi sistem drainase pada ruas Jalan Pasirwangi Kabupaten Garut menggunakan analisis hidrologi. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 26(1), 55–64.

Wangsa, A. A. R. R., Pramudita, I. G. A. I. L., & Suryatmaja, I. B. (2023). Evaluasi kapasitas saluran drainase pada sistem drainase Tukad Kelandis Kota Denpasar. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 27(2), 120–129.

Yusup, M. I., Abadi, M. K., & Yuliana. (2022). Evaluasi kinerja sistem drainase pada Jalan Raya Petir–Serang Kota Serang, Banten. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 101–110.