



EVALUASI KINERJA SISTEM DRAINASE BERDASARKAN ANALISIS SEDIMENTASI DI JALAN MAKMUR HUTAN, MEDAN TEMBUNG

Oktavianus Napitu¹⁾, Muhammad Al Bukhary²⁾, Rizky Simanjuntak³⁾, Wisnu Prayogo⁴⁾,
Rumila Harahap⁵⁾

¹⁾Manajemen Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara, Indonesia

Email: napituoktavianus@gmail.com

²⁾Manajemen Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara, Indonesia

Email: muhalbukhary@gmail.com

³⁾Manajemen Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara, Indonesia

Email: rizkysmnjntk@unimed.ac.id

⁴⁾Manajemen Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara, Indonesia

Email: wisnuprayogo@unimed.ac.id

⁵⁾Manajemen Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara, Indonesia

Email: rumillaharahap@unimed.ac.id

Abstract

Urban drainage systems frequently experience performance degradation due to sedimentation and increased domestic wastewater, leading to inundation in residential areas. This study aims to evaluate the causes of inundation and sedimentation in the drainage system on Jalan Makmur Hutan, Medan Tembung District, Medan City. Primary data were obtained from seven observation segments through direct field measurements, including channel dimensions and sediment thickness, while secondary data consisted of 11-year rainfall records (2013–2023) from the Deli Serdang Climatology Station and population data for the same period. Hydrological analysis was conducted using the Log Pearson Type III distribution method to estimate design flood discharges for various return periods, and population projections for 2, 5, 10, 25, and 100 years were calculated using arithmetic, geometric, exponential, linear regression, and least square methods to estimate domestic wastewater discharge. The results showed that the average sediment thickness reached 0.27 m, reducing channel capacity by 29.7%, while the 5-year return period flood discharge was 6.34 m³/s. These findings indicate that sedimentation is the primary factor contributing to reduced drainage performance and frequent inundation in the study area. Therefore, regular channel normalization, routine maintenance, and integrated domestic wastewater management are essential to improve drainage performance and prevent future flooding.

Keywords: Drainage evaluation, flood discharge, inundation causes, population projection, sedimentation

Abstrak

Sistem drainase perkotaan sering mengalami penurunan kinerja akibat sedimentasi dan peningkatan limbah domestik, yang menyebabkan genangan di kawasan permukiman. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penyebab genangan dan tingkat sedimentasi pada sistem drainase di Jalan Makmur Hutan, Kecamatan Medan Tembung, Kota Medan. Data primer diperoleh melalui pengukuran langsung pada tujuh segmen saluran, meliputi dimensi saluran (lebar dan kedalaman) serta ketebalan sedimen. Data sekunder yang digunakan berupa data curah hujan selama 11 tahun (2013–2023) dari Stasiun Klimatologi Deli Serdang dan data jumlah penduduk Kecamatan Medan Tembung pada periode yang sama. Analisis hidrologi dilakukan dengan menggunakan metode distribusi Log Pearson Tipe III untuk menentukan debit banjir rencana pada berbagai periode ulang. Selain itu, proyeksi pertumbuhan penduduk untuk periode 2, 5, 10, 25, dan 100 tahun dihitung menggunakan metode aritmatik, geometrik, eksponensial, regresi linear, dan least square untuk memperkirakan debit limbah domestik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata ketebalan sedimen mencapai 0,27 m yang menyebabkan penurunan kapasitas saluran sebesar 29,7%. Debit banjir rencana untuk periode ulang 5 tahun diperoleh sebesar 6,34 m³/dtk. Temuan ini menunjukkan bahwa sedimentasi merupakan faktor dominan yang mempengaruhi penurunan kinerja sistem drainase di lokasi penelitian. Oleh karena itu, diperlukan upaya normalisasi saluran secara berkala serta pengelolaan limbah domestik yang terintegrasi guna meningkatkan kinerja drainase dan mencegah terjadinya genangan di masa mendatang.

Kata kunci: Evaluasi drainase; penyebab genangan; sedimentasi; debit banjir; proyeksi pendu



PENDAHULUAN

Sistem drainase perkotaan merupakan infrastruktur penting untuk mengendalikan limpasan air permukaan dan mencegah genangan yang dapat mengganggu aktivitas sosial-ekonomi masyarakat. Seiring dengan pesatnya pertumbuhan penduduk dan perubahan tata guna lahan, beban yang ditanggung sistem drainase semakin meningkat. Alih fungsi lahan dari area resapan menjadi kawasan terbangun menyebabkan peningkatan koefisien limpasan, sementara intensitas curah hujan yang semakin tinggi akibat perubahan iklim memperbesar debit aliran yang harus ditampung saluran drainase. Akibatnya, banyak sistem drainase eksisting tidak lagi mampu berfungsi optimal, ditandai dengan sering terjadinya genangan saat hujan deras.

Berbagai studi evaluasi drainase telah dilakukan di berbagai wilayah Indonesia. Bili dkk, mengevaluasi sistem drainase di Pasar Lama Waikabubak dan menemukan bahwa dimensi saluran yang kecil serta kurangnya pemahaman masyarakat menjadi penyebab utama genangan [1]. Anggara dan Iskahar menganalisis kapasitas drainase di Perumahan Arcawinangun Purwokerto dan menunjukkan bahwa sedimentasi serta limbah domestik secara signifikan menurunkan kapasitas aliran [2]. Widiastomo dkk. menyimpulkan bahwa dimensi saluran perlu diperbesar untuk mengakomodasi debit banjir rencana [3]. Maruapey dkk. menemukan bahwa pertumbuhan penduduk dan limbah rumah tangga meningkatkan debit aliran [4]. Kuncoro dkk. mengidentifikasi sedimentasi dan penyumbatan sebagai masalah utama pada sistem drainase perkotaan [5]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa kapasitas saluran eksisting sering tidak mampu menampung debit banjir rencana sehingga diperlukan evaluasi dan perbaikan sistem drainase. Selain itu, penelitian oleh Nurwahyudi (2020) menunjukkan bahwa kapasitas saluran drainase eksisting tidak mampu menampung debit banjir rencana sehingga menyebabkan genangan, serta diperlukan evaluasi dan redesign saluran untuk mengatasi permasalahan tersebut [6].

Research gap dari studi-studi tersebut adalah bahwa sedimentasi jarang diukur secara kuantitatif dan dihubungkan dengan proyeksi pertumbuhan penduduk serta limbah domestik. Sebagian besar penelitian hanya menyebut sedimentasi secara kualitatif, tanpa menghitung ketebalan sedimen aktual dan dampaknya terhadap kapasitas saluran. Keterbaruan penelitian ini terletak pada pendekatan kuantitatif terintegrasi yang menggabungkan pengukuran langsung sedimentasi di lapangan dengan proyeksi pertumbuhan penduduk dan debit limbah domestik. Berdasarkan pengukuran pada 7 segmen saluran di Jalan Makmur Hutan, Kecamatan Medan Tembung, Kota Medan, diperoleh rata-rata ketebalan sedimen 0,27 m yang menyebabkan penurunan kapasitas saluran hingga 29,7%. Debit banjir rencana periode ulang 5 tahun dihitung sebesar 6,34 m³/s menggunakan metode Log Pearson Tipe III. Data ini memberikan gambaran nyata bahwa sedimentasi telah mengurangi fungsi drainase secara

signifikan, sejalan dengan temuan Anggara & Iskahar (2024) serta Gunawan dkk. (2021) yang melaporkan penurunan kapasitas serupa akibat sedimentasi.

Tujuan penelitian ini adalah: (1) mengidentifikasi kondisi eksisting saluran drainase di Jalan Makmur Hutan, Kecamatan Medan Tembung; (2) menganalisis debit banjir rencana periode ulang 5 tahun berdasarkan data curah hujan 11 tahun (2013–2023); (3) mengevaluasi dampak sedimentasi terhadap penurunan kapasitas saluran; serta (4) merumuskan rekomendasi perbaikan sistem drainase berdasarkan hasil evaluasi.

Kebermanfaatan penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi akademisi dalam memperkaya literatur tentang evaluasi drainase perkotaan, khususnya terkait sedimentasi kuantitatif. Bagi praktisi dan pengambil kebijakan, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam perencanaan dan pemeliharaan sistem drainase, terutama dalam menentukan jadwal normalisasi yang tepat berdasarkan data sedimentasi aktual. Penelitian ini dilaksanakan di Jalan Makmur Hutan, Kecamatan Medan Tembung, Kota Medan, Sumatera Utara. Lokasi ini dipilih karena merupakan kawasan padat penduduk yang sering mengalami genangan saat hujan deras, serta memiliki variasi dimensi saluran dan sedimentasi yang signifikan untuk dievaluasi. (1)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Jalan Makmur Hutan yang secara administratif berada di Kecamatan Medan Tembung, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara. Kawasan ini merupakan wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi serta didominasi oleh aktivitas permukiman, sehingga memiliki tingkat kerentanan terhadap genangan yang cukup besar, terutama saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Lokasi penelitian dipilih karena memiliki variasi dimensi saluran drainase serta tingkat akumulasi sedimentasi yang signifikan, sehingga representatif untuk mengevaluasi penyebab genangan dan sedimentasi pada sistem drainase perkotaan. Secara geografis, lokasi penelitian memiliki titik koordinat awal pada 3.591426747500025° LU dan 98.75602472573519° BT serta titik koordinat akhir pada 3.5911925150923434° LU dan 98.79136987030506° BT, dengan panjang total saluran yang ditinjau sekitar ±3.922,80 meter.





Gambar 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei lapangan dan analisis hidrologi untuk mengevaluasi kinerja sistem drainase. Lokasi penelitian berada di Jalan Makmur Hutan, Kecamatan Medan Tembung, Kota Medan, dengan panjang saluran yang ditinjau ±3.922,80 meter yang dibagi menjadi tujuh segmen pengamatan. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan, meliputi dimensi saluran drainase (lebar dan kedalaman), ketebalan sedimen, serta kondisi fisik saluran. Pengukuran dilakukan pada setiap segmen untuk mendapatkan gambaran kondisi eksisting secara detail. Sementara itu, data sekunder meliputi data curah hujan harian selama 11 tahun (2013–2023) yang diperoleh dari instansi terkait, serta data jumlah penduduk untuk analisis limbah domestik. Sepanjang Jalan Makmur Hutan, sistem drainase yang dikaji terdiri dari dua tipe konstruksi, yaitu saluran terbuka dan saluran tertutup. Saluran terbuka (Segmen I, II, III, dan IV) umumnya berbentuk penampang trapesium atau persegi dengan dinding pasangan batu bata. Tipe ini memudahkan pengukuran dan pembersihan, namun rentan terhadap masuknya sampah dan vegetasi liar. Saluran tertutup (Segmen V, VI, dan VII) dilengkapi penutup plat beton, berfungsi melindungi aliran dari sampah kasar dan memaksimalkan ruang di atasnya, tetapi menyulitkan inspeksi dan pembersihan sedimen.

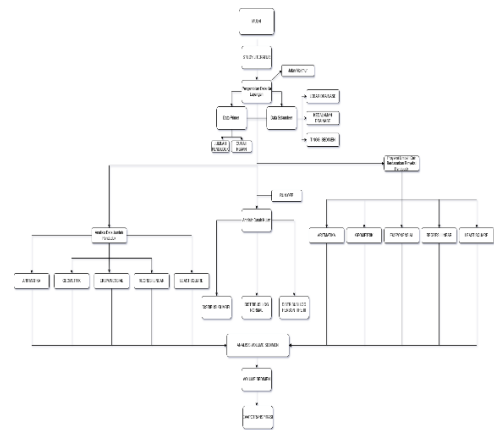
	Kondisi drainase pada segmen 4 masih bagus. Diperkirakan drainase pada titik ini masih baru di bangun sekitar 3 minggu. Ada beberapa limbah organik dan anorganik
	Kondisi drainase pada segmen 5 sudah memprihatinkan, karena hanya berupa galian tanah. Diperkirakan jika tidak segera di perbaiki, maka tanah drainase akan mulai terkikis ke arah jalan
	Kondisi drainase pada segmen 6 masih bagus dan masih mengalir dengan normal. Ada beberapa jenis limbah plastik dan dedaunan
	Kondisi drainase pada titik 7 masih bagus. Air mengalir dengan semestinya dan aliran airnya masih normal walaupun ada beberapa sampah plastik dan dedaunan

2.1 Tahapan Penelitian

Analisis data dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama adalah analisis hidrologi untuk menentukan debit banjir rencana dengan periode ulang 5 tahun menggunakan metode Log Pearson Tipe III. Tahap kedua adalah perhitungan kapasitas saluran eksisting berdasarkan dimensi aktual di lapangan. Tahap ketiga adalah perhitungan volume dan ketebalan sedimen pada masing-masing segmen untuk mengetahui tingkat sedimentasi yang terjadi. Selanjutnya dilakukan analisis pengaruh sedimentasi terhadap penurunan kapasitas saluran dengan membandingkan kapasitas awal dan kapasitas setelah terjadi sedimentasi.

Tabel 1. Kondisi Drainase

Segmen	Lebar	Ketinggian	Kedalaman Sedimen	Volume
1	Atas = 0,65m Bawah = 0,59m	0,45	0,20	0,268m ²
2	0,70m	0,70	0,20	0,49 m ² (Persegi)
3	Atas = 0,65m Bawah = 0,50m	0,63	0,04	A=0,362m ²
4	Atas = 1,11m Bawah = 1m	1,03	0,73	1,087m ²
5	Atas = 1,90 Bawah = 0,80m	0,75	0,20	1,0125m ²
6	Atas = 1,05 Bawah = 0,85m	1,29	0,53	1,2255m ²
7	Atas = 1,5m Bawah = 1,1m	1,55	0,02	2,015m ²



Gambar 2: Diagram Alur Penelitian

Selain itu, dilakukan analisis tambahan terhadap kontribusi limbah domestik berdasarkan jumlah penduduk di wilayah penelitian untuk melihat pengaruhnya terhadap peningkatan beban aliran dalam saluran drainase. Hasil dari seluruh analisis tersebut kemudian digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem drainase secara menyeluruh serta merumuskan rekomendasi perbaikan yang sesuai dengan kondisi lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar	Kondisi Setiap Segmen
	Kondisi drainase sudah sangat memprihatinkan. Banyak sampah berada di dalam drainase yg menyebabkan drainase tersumbat. Diperkirakan jika turun hujan, maka daerah sekitar akan banjir
	Kondisinya kurang bagus karena di beberapa bagian dindingnya sudah rusak. Ada beberapa limbah plasatik dan anorganik seperti dedaunan
	Kondisinya sudah mulai rusak. Banyak tanaman yang tumbuh di dalam saluran drainase yang bisa menyebabkan kerusakan dan tersumbat pada dinding drainase



Analisis Proyeksi Jumlah Penduduk

Hasil dari penelitian ini didasarkan dari berbagai tahapan analisis yang telah dilakukan. Berdasarkan data jumlah penduduk Kecamatan Medan Tembung tahun 2013–2023, dilakukan analisis proyeksi penduduk menggunakan lima metode yaitu Aritmatika, Geometrik, Eksponensial, Regresi Linear, dan Least Square. Proyeksi dilakukan untuk horizon waktu 2, 5, 10, 25, dan 100 tahun ke depan (2025–2123). Kelima metode ini dipilih untuk memberikan gambaran variasi pertumbuhan penduduk berdasarkan pendekatan yang berbeda, mulai dari asumsi pertambahan absolut konstan hingga laju pertumbuhan persentase tetap.

Tabel 2. Jumlah Penduduk Medan Tembung

Tahun	Jumlah Jiwa
2013	136.643
2014	137.602
2015	137.178
2016	137.062
2017	138.348
2018	138.884
2019	139.249
2020	146.534
2021	147.209
2022	148.346
2023	149.274

Kelima metode memberikan hasil yang relatif berdekatan untuk jangka waktu pendek (2–5 tahun), namun mulai menunjukkan perbedaan signifikan pada proyeksi jangka panjang (25 dan 100 tahun). Metode aritmatika menghasilkan angka yang paling rendah karena mengasumsikan pertambahan absolut konstan, sementara metode geometrik dan eksponensial (yang mengasumsikan laju pertumbuhan persentase tetap) menghasilkan angka yang lebih tinggi akibat efek bunga majemuk. Metode regresi linear dan least square menghasilkan nilai antara aritmatika dan geometrik, karena didasarkan pada kecenderungan historis data.

Tabel 3. Proyeksi jumlah penduduk Medan Tembung

Tahun	Aritmatika	Geometrik	Eksponensial	Regresi Linear	Least Square
2025	151.800	151.938	151.930	151.775	151.782
2028	155.589	155.991	155.970	155.678	155.688
2033	161.905	163.068	163.050	162.183	162.198
2048	180.849	186.144	186.186	181.698	181.728
2123	275.574	359.751	361.346	279.273	279.378

Proyeksi penduduk dengan lima metode (Aritmatika, Geometrik, Eksponensial, Regresi Linear, dan Least Square) menghasilkan nilai yang relatif sama untuk jangka pendek (2–5 tahun), namun mulai berbeda signifikan pada jangka panjang (25–100 tahun). Metode Aritmatika memberikan hasil paling konservatif (terendah), sedangkan Geometrik dan Eksponensial memberikan hasil tertinggi karena memperhitungkan pertumbuhan persentase. Regresi Linear dan Least Square berada di antara keduanya, mencerminkan kecenderungan historis data. Untuk analisis lanjutan (misalnya proyeksi volume sedimen), metode

Aritmatika dipilih karena lebih sederhana dan sesuai untuk perencanaan infrastruktur drainase

Analisis Curah Hujan dan Banyaknya Hari Hujan

Dalam mencari curah hujan, umumnya digunakan beberapa cara seperti: Distribusi Gumbel, Distribusi Log Normal, dan Distribusi Log Pearson Tipe III untuk analisis frekuensi data hidrologi (misalnya curah hujan rencana atau debit banjir). Analisis frekuensi curah hujan menggunakan tiga metode distribusi—Gumbel, Log Normal, dan Log Pearson Tipe III—diterapkan pada data curah hujan tahunan (total per tahun) periode 2013–2023. Tujuan analisis ini adalah untuk memahami karakteristik statistik curah hujan ekstrem di wilayah studi dan memperkirakan nilai curah hujan dengan periode ulang tertentu.

Tabel 4. Curah Hujan dan Banyaknya Hari Hujan Medan Tembung

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

1. Metode Log Normal

Pengertian

Metode Log Normal mengasumsikan bahwa logaritma natural (ln) dari data curah hujan berdistribusi normal. Dengan transformasi tersebut, nilai curah hujan rencana dihitung menggunakan faktor frekuensi dari distribusi normal standar.

Rumus:

$$X_T = \exp(\mu_{ln} + K_T \cdot \sigma_{ln})$$

Tabel 5. Curah Hujan dengan Metode Log Norm

Periode Ulang (tahun)	K_T	Curah Hujan (mm/tahun)
2	0,000	3.067
5	0,842	3.311
10	1,282	3.485
25	1,645	3.686
50	2,054	3.864
100	2,326	4.005

2. Metode Gumbel

Distribusi Gumbel (distribusi nilai ekstrem tipe I) digunakan untuk menganalisis kejadian ekstrem seperti curah hujan maksimum tahunan. Metode ini mengasumsikan bahwa data curah hujan tahunan mengikuti



fungsi distribusi Gumbel. Nilai curah hujan rencana dengan periode ulang T dihitung dengan rumus:

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

Tabel 6. Curah Hujan dengan Metode Gumbel

Periode Ulang (tahun)	K_T	Curah Hujan (mm/tahun)
2	0,164	3.029
5	0,720	3.413
10	1,305	3.666
25	2,044	3.987
50	2,592	4.224
100	3,137	4.461

3. Metode Log Pearson Tipe III

Metode Log Pearson Tipe III adalah distribusi probabilitas yang banyak direkomendasikan untuk analisis frekuensi banjir dan curah hujan ekstrem. Data curah hujan terlebih dahulu ditransformasi ke dalam bentuk logaritma (biasanya log basis 10). Setelah transformasi, distribusi Pearson Tipe III diterapkan pada data log tersebut. Nilai curah hujan rencana dengan periode ulang T dihitung dengan rumus:

$$\log X_T = \bar{Y} + K_T \cdot S_Y$$

$$X_T = 10^{\log X_T}$$

Tabel 7. Curah Hujan dengan Metode Log Person Tipe III

Periode Ulang (tahun)	K_T	Curah Hujan (mm/tahun)
2	0,000	3.072
5	0,822	3.479
10	1,233	3.701
25	1,578	3.902
50	1,847	4.061
100	2,079	4.208

Analisis frekuensi curah hujan menggunakan metode Gumbel, Log Normal, dan Log Pearson Tipe III pada data curah hujan tahunan (2013–2023) memberikan nilai proyeksi untuk periode ulang 2–100 tahun yang bervariasi, dengan Gumbel menghasilkan nilai tertinggi (4.461 mm/thn pada $T=100$) dan Log Normal terendah (4.005 mm/thn). Perbedaan ini mencerminkan kepekaan masing-masing metode terhadap nilai ekstrem dan bentuk sebaran data. Meskipun demikian, nilai-nilai tersebut masih dalam kisaran normal untuk wilayah Sumatera Utara dan menunjukkan bahwa lokasi penelitian berada di daerah dengan curah hujan tinggi.

Dalam konteks penelitian tentang sedimentasi dan evaluasi drainase, analisis curah hujan ini berperan penting karena tingginya curah hujan akan meningkatkan debit

aliran dan daya angkut sedimen, sehingga mempercepat pengendapan di saluran. Namun, perlu ditekankan bahwa data yang digunakan adalah curah hujan tahunan (total per tahun), bukan curah hujan harian maksimum yang lazim digunakan untuk perhitungan debit banjir rencana. Oleh karena itu, hasil analisis ini lebih bersifat deskriptif tentang karakteristik iklim wilayah, bukan sebagai dasar perhitungan kapasitas hidrolis saluran

Proyeksi Volume Limbah Cair Domestik

Dari hasil proyeksi penduduk yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan volume limbah cair domestik yang dihasilkan. Perhitungan ini didasarkan pada asumsi timbulan air limbah sebesar 120 liter/orang/hari atau setara dengan 43,8 m³/orang/tahun, mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI 2398:2017) tentang tata cara perencanaan tangki septik dengan pengolahan lanjutan. Nilai ini merupakan standar yang umum digunakan dalam perencanaan sistem pengelolaan air limbah domestik di Indonesia, serta mencerminkan kontribusi rata-rata rumah tangga terhadap beban pencemaran. Dengan mengalikan proyeksi penduduk pada setiap tahun dengan timbulan limbah per kapita, diperoleh volume limbah cair domestik yang diproyeksikan untuk horizon 2025, 2028, 2033, 2048, dan 2123.

Tabel 8. Proyeksi Volume Limbah Cair Domestik

Tahun	Aritmatika	Geometrik	Eksponensial	Regresi Linear	Least Square
2025	6.648.840	6.654.884	6.654.534	6.647.745	6.648.052
2028	6.814.798	6.832.406	6.831.486	6.818.696	6.819.134
2033	7.091.439	7.142.378	7.141.590	7.103.615	7.104.272
2048	7.921.186	8.153.107	8.154.947	7.958.372	7.959.686
2123	12.070.141	15.757.094	15.826.955	12.232.157	12.236.756

Hasil proyeksi volume limbah cair domestik yang menunjukkan peningkatan signifikan (hingga 84,6% pada tahun 2123) memiliki implikasi langsung terhadap kondisi drainase di lokasi penelitian. Peningkatan volume air limbah yang dibuang ke saluran drainase akan memperbesar debit aliran, terutama pada musim hujan, sehingga berpotensi meningkatkan daya angkut sedimen dan mempercepat sedimentasi di titik-titik tertentu. Berdasarkan pengukuran lapangan, segmen IV (lebar 1,06 m, kedalaman 1,03 m) saat ini telah terisi sedimen sebesar 70,9% dari kapasitasnya, sehingga penambahan beban limbah cair akan memperparah risiko banjir dan mempercepat penurunan fungsi saluran. Selain itu, limbah cair domestik yang mengandung padatan tersuspensi (TSS) dan bahan organik akan berkontribusi langsung terhadap akumulasi sedimen di dasar saluran, terutama pada segmen dengan kemiringan rendah seperti segmen I dan VI yang juga menunjukkan tingkat sedimentasi cukup tinggi (>40%). Dengan demikian, proyeksi peningkatan limbah cair ini memperkuat urgensi perlunya normalisasi saluran secara berkala, pengendalian pembuangan limbah, serta perencanaan sistem pengolahan



air limbah terpusat untuk menjaga fungsi drainase dan mencegah banjir di masa mendatang.

Analisis proyeksi timbulan dan volume sedimen di saluran drainase

Analisis volume sedimen adalah suatu metode perhitungan untuk menentukan besarnya material padat (sedimen) yang mengendap di dasar saluran drainase dalam rentang waktu tertentu. Sedimen ini umumnya berasal dari erosi lahan di daerah hulu, partikel limbah domestik, sampah, serta material lain yang terbawa aliran air dan mengendap ketika kecepatan aliran menurun.

Tabel 9. Volume Sedimen per Segmen

Segmen	Tebal Sedimen(m)	Volume Sedimen $V = l \times D \times DS \text{ (m}^3/\text{m}')$
1	0,20	$0,62 \times 0,45 \times 0,20 = 0,0558$
2	0,20	$0,70 \times 0,70 \times 0,20 = 0,0980$
3	0,04	$0,58 \times 0,63 \times 0,04 = 0,0146$
4	0,73	$1,06 \times 1,03 \times 0,73 = 0,7970$
5	0,20	$1,35 \times 0,75 \times 0,20 = 0,2025$
6	0,53	$0,95 \times 1,29 \times 0,53 = 0,6495$
7	0,02	$1,30 \times 1,55 \times 0,02 = 0,0403$
Total		1,8577

Dengan panjang total saluran 3.922,80 m, volume sedimen total eksisting adalah:

$$V_{\text{sedimen total}} = 1,8577 \text{ m}^3/\text{m}' \times 3.922,80 \text{ m} = 7.289,0 \text{ m}^3$$

Tabel 10. Proyeksi jumlah penduduk Medan Tembung

Segmen	% Sedimentasi
1	44,4%
2	28,6%
3	6,3%
4	70,9%
5	26,7%
6	41,1%
7	1,3%

Hasil ini menunjukkan bahwa Segmen IV memiliki sedimentasi tertinggi (70,9%), diikuti Segmen I (44,4%) dan VI (41,1%). Segmen III dan VII masih dalam kondisi aman (<25%).

Dari perhitungan sebelumnya:

- Volume drainase total (kapasitas teoritis) = $6,4792 \text{ m}^3/\text{m}' \times 3.922,80 \text{ m} = 25.414,7 \text{ m}^3$
- Volume air yang tersedia saat ini = $4,6215 \text{ m}^3/\text{m}' \times 3.922,80 \text{ m} = 18.125,7 \text{ m}^3$

Maka sisa kapasitas total dalam volume = $18.125,7 \text{ m}^3$.

Sisa Kapasitas Total dalam Persentase

% Sisa Kapasitas Total:

$$= \frac{\text{Volume air tersedia}}{\text{Volume drainase teoritis}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Sisa Kapasitas Total} = \frac{18.125,7}{25.414,7} \times 100\% \approx 71,3\%$$

Artinya, secara keseluruhan saluran drainase (sepanjang 3.922,80 m) masih memiliki 71,3% kapasitas tersisa untuk menampung aliran air. Sisanya (28,7%) telah terisi sedimen. Meskipun secara total sisa kapasitas masih cukup besar (71,3%), distribusi sedimentasi tidak merata.

Segmen IV misalnya hanya memiliki sisa kapasitas 29,1%, sehingga risiko genangan lokal tetap tinggi. Oleh karena itu, dalam perencanaan pengerukan, prioritas harus diberikan pada segmen-segmen kritis.

Tabel 11. Sisa Kapasitas Tampung Setiap Segmen

Segmen	%Sisa Kapasitas
1	55,6%
2	71,4%
3	93,7%
4	29,1%
5	73,3%
6	58,9%
7	98,7%

Dari hasil di atas, Segmen IV hanya memiliki sisa kapasitas 29,1% (paling kritis), disusul Segmen I (55,6%) dan VI (58,9%). Segmen III dan VII masih memiliki sisa kapasitas >90%, sehingga masih aman.

Tabel 12. Perhitungan Kenaikan Volume Sedimen

Tahun	Vt (m ³ /m')	% Kenaikan	Sedimen (%)
2025	1,8897	+1,72%	0,86%
2028	1,9369	+4,26%	0,84%
2033	2,0165	+8,55%	0,82%
2048	2,2522	+21,24%	0,77%
2123	3,4322	+84,76%	0,62%

Berdasarkan perhitungan volume sedimen eksisting pada 7 segmen saluran drainase Jalan Makmur (panjang total 3.922,80 m), total sedimen yang mengendap adalah 1,8577 m³/m' atau setara dengan 7.289 m³ di seluruh saluran. Segmen IV merupakan titik paling kritis dengan sedimentasi mencapai 70,9% (sisa kapasitas hanya 29,1%), disusul Segmen I (44,4%) dan VI (41,1%). Secara keseluruhan, kapasitas saluran yang tersisa saat ini adalah 71,3% (18.126 m³ dari total kapasitas 25.415 m³). Dengan proyeksi pertumbuhan penduduk metode aritmatika, volume sedimen diprediksi meningkat 8,55% pada 2033 dan 84,8% pada 2123, sehingga tanpa pengerukan berkala, segmen kritis akan kehilangan hampir seluruh kapasitasnya dalam jangka panjang.

Berdasarkan analisis data primer dan sekunder pada saluran drainase Jalan Makmur, Kecamatan Percut Sei Tuan, diperoleh volume sedimen eksisting total sebesar 7.289 m³ (28,7% dari kapasitas teoritis), dengan sisa kapasitas tampung 18.126 m³ (71,3%). Segmen IV merupakan titik paling kritis karena 70,9% kapasitasnya telah terisi sedimen, diikuti Segmen I dan VI. Proyeksi dengan metode aritmatika menunjukkan volume sedimen akan meningkat 8,55% pada tahun 2033 dan 84,8% pada tahun 2123 jika tidak dilakukan pengerukan. Hasil ini menegaskan bahwa sedimentasi telah mengurangi fungsi drainase secara signifikan dan berisiko memperparah genangan di masa depan, sehingga sejalan dengan tujuan penelitian untuk mengevaluasi kondisi sedimentasi dan kapasitas drainase serta merumuskan rekomendasi pemeliharaan berkala.



Analisis proyeksi nilai evapotranspirasi

Berdasarkan ketersediaan data dan pertimbangan metodologis, perhitungan evapotranspirasi potensial tidak dilanjutkan dalam penelitian ini. Meskipun evapotranspirasi merupakan komponen penting dalam neraca air yang berpengaruh terhadap limpasan permukaan dan sedimentasi, analisis yang akurat memerlukan data iklim yang memadai dan konsisten. Data suhu yang tersedia hanya untuk satu tahun (2020), sementara untuk mendapatkan nilai evapotranspirasi yang representatif diperlukan data minimal 10–15 tahun guna mencerminkan kondisi klimatologi jangka panjang. Selain itu, metode standar seperti FAO Penman-Monteith yang direkomendasikan untuk perencanaan drainase membutuhkan parameter meteorologi lengkap (radiasi matahari, kelembaban relatif, kecepatan angin) yang tidak tersedia. Metode empiris alternatif seperti Thornthwaite, Blaney-Criddle, dan Hargreaves pun memiliki keterbatasan karena cenderung menghasilkan nilai yang tidak stabil jika hanya menggunakan data satu tahun, serta berpotensi overestimate atau underestimate tergantung karakteristik lokal. Oleh karena itu, untuk menjaga validitas analisis, penelitian ini difokuskan pada aspek yang didukung data lengkap dan andal, yaitu sedimentasi eksisting (hasil pengukuran langsung di 7 segmen saluran), proyeksi beban limbah cair domestik berdasarkan pertumbuhan penduduk, serta analisis curah hujan tahunan periode 2013–2023. Dengan pendekatan ini, evaluasi kapasitas drainase tetap dapat dilakukan secara komprehensif tanpa mengandalkan data evapotranspirasi yang tidak memadai.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data primer dan sekunder pada saluran drainase Jalan Makmur, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, diperoleh beberapa kesimpulan utama. Proyeksi penduduk dengan lima metode menunjukkan tren peningkatan dari 149.274 jiwa (2023) menjadi sekitar 151.800–151.938 jiwa (2025) dan 275.574–361.346 jiwa (2123). Metode aritmatika dipilih sebagai dasar proyeksi karena paling merepresentasikan kecenderungan linear data historis. Seiring pertumbuhan tersebut, volume limbah cair domestik diperkirakan meningkat dari 6,54 juta m³/tahun (2023) menjadi hingga 15,83 juta m³/tahun (2123).

Analisis curah hujan tahunan menghasilkan kisaran 3.000–4.500 mm/tahun untuk periode ulang 2–100 tahun, namun tidak dapat digunakan langsung dalam perhitungan debit banjir rencana karena tidak berbasis data hujan harian maksimum. Perhitungan evapotranspirasi menunjukkan nilai 1.519–1.986 mm/tahun, tetapi tidak dilanjutkan karena keterbatasan data.

Hasil pengukuran lapangan menunjukkan total volume sedimen sebesar 7.289 m³, dengan Segmen IV sebagai kondisi paling kritis (sedimentasi 70,9%). Kapasitas saluran yang tersisa saat ini sebesar 71,3% dari kapasitas

teoritis. Tanpa penanganan, volume sedimen diproyeksikan meningkat hingga 84,8% pada tahun 2123, yang berpotensi menurunkan fungsi drainase secara signifikan dan meningkatkan risiko genangan.

Segmen IV, I, dan VI perlu segera dilakukan pengerukan karena telah mencapai kondisi kritis, serta dilanjutkan dengan pemeliharaan rutin setiap 3–5 tahun. Pemasangan sediment trap di bagian hulu segmen kritis direkomendasikan untuk mengurangi beban sedimen. Selain itu, peningkatan limbah domestik perlu diimbangi dengan pembangunan IPAL komunal dan edukasi masyarakat agar tidak membuang sampah ke saluran.

Untuk perencanaan yang lebih akurat, diperlukan data curah hujan harian maksimum minimal 10 tahun guna analisis debit banjir rencana, serta data meteorologi yang lebih lengkap untuk kajian evapotranspirasi. Pemantauan rutin kondisi sedimen juga penting dilakukan setiap tahun sebagai dasar pengelolaan drainase yang lebih efektif. Seluruh rekomendasi ini perlu diintegrasikan ke dalam perencanaan pembangunan daerah.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dapat terselesaikan berkat bantuan, dukungan, dan kerja sama dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami dengan penuh rasa syukur menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pak Rizky Simanjuntak.ST.,MT, Ir. Wisnu Prayogo, S.T., M.T., Ph.D., C.WS., Dr. Ir. Rumilla Harahap, M.T., IPM. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan arahan, masukan, serta motivasi selama proses penelitian berlangsung. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Stasiun Klimatologi Deli Serdang serta Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara dan Kabupaten Deli Serdang yang telah menyediakan data sekunder yang sangat membantu dalam penelitian ini, serta kepada Pemerintah Kecamatan Percut Sei Tuan dan masyarakat Desa Hutan atas izin dan dukungan sehingga proses pengambilan data primer di lapangan dapat berjalan dengan lancar. Terakhir, kami menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang tulus kepada kedua orang tua serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, dan materi sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Kami menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki keterbatasan, namun diharapkan hasilnya dapat memberikan manfaat, khususnya dalam pengembangan dan perencanaan drainase di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Widiastomo *et al.*, “Analisis dan Evaluasi Kapasitas Sistem Drainase di Perumahan Dasana Indah Kabupaten Tangerang,” 2022.
- E. Marta Bili and J. J. Messakh dan Milson M Selan, “EVALUASI SISTEM DRAINASE DI KAWASAN PASAR LAMA KOTA WAIKABUBAK KABUPATEN SUMBA BARAT DRAINAGE



SYSTEM EVALUATION IN THE PASAR LAMA AREA, WAIKABUBAK CITY, WEST SUMBA DISTRICT,” 2024.

- Naufal Ramadhani Kuncoro, Sukaris, Widiharti, and Andi Rahmad Rahim, “Analisis dan evaluasi saluran drainase perkotaan di kawasan Kelurahan Kemuteran Kota Gresik,” *DedikasiMU (Journal of Community Service)*, Jun. 2024.
- R. Nurwahyudi and J. Caroline, “Studi Kapasitas Saluran Drainase pada Area Pemukiman (Studi Kasus Jl. Granit Nila, Driyorejo),” *Jurnal Teknik Sipil ITATS*.
- Raditya Rahadian Anggara and Iskahar, “Evaluasi Kelayakan Kapasitas Drainase Pada Jalan Perumahan Arcawinangun, Kecamatan Purwokerto Timur, Kabupaten Banyumas,” *Prosiding Seminar Nasional Teknik (SENATEK) 2025, Volume XX, 2025*, doi: 10.30595/psssh.v1i.xx.
- Syafna Jihan Maruapey, Renny James Betaubun, and Juvrianto Chrissunday Jakob, “Studi evaluasi dan perencanaan sistem drainase perkotaan di Kecamatan Garum Kabupaten Blitar Provinsi Jawa Timur. Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air, 1(2),” *Jurnal Multidisiplin Ilmu, 3 (1), Tahun 2024, 2024*.