



## EVALUASI KAPASITAS SALURAN DRAINASE DALAM MENAMPUNG LIMPASAN HUJAN DAN LIMBAH CAIR DOMESTIC DI JL. SARIBU DOLOK SIMALUNGUN, INDONESIA

Daniel Mario Sidabutar<sup>1</sup>, Rizky Simanjuntak<sup>2</sup>, Rumila Harahap<sup>3</sup>, Wisnu Prayogo<sup>4,\*</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Manajemen Konstruksi, Universitas Negeri Medan, Medan, 20221, Indonesia

Email: [wisnuprayogo@unimed.ac.id](mailto:wisnuprayogo@unimed.ac.id)

### ARTICLE HISTORY

Received:  
May 11, 2026  
Revised  
May 22, 2026  
Accepted:  
May 23, 2026  
Online available:  
June 15, 2026

### Keywords:

Drainage Capacity, Runoff  
Discharge, Domestic Wastewater,  
Rainfall Projection,  
Evapotranspiration

### \*Correspondence:

Name: Wisnu Prayogo

E-mail:

[wisnuprayogo@unimed.ac.id](mailto:wisnuprayogo@unimed.ac.id)

Kantor Editorial  
Politeknik Negeri Ambon  
Pusat Penelitian dan Pengabdian  
Masyarakat  
Jalan Ir. M. Putuhena, Wailela-  
Rumahtiga, Ambon Maluku,  
Indonesia  
Kode Pos: 97234

### ABSTRACT

*This study evaluates the capacity of drainage channels in accommodating stormwater runoff and domestic wastewater along Saribu Dolok Road, Simalungun Regency, Indonesia. Rapid population growth and escalating domestic activities in the area have led to increased volumes of wastewater and surface runoff, potentially exceeding the capacity of the existing drainage system. The objective of this research is to assess the adequacy of the current drainage infrastructure in handling projected hydrological loads. The methodology encompasses population projection analysis to estimate future domestic wastewater discharge, rainfall projection analysis to determine design rainfall intensities, and runoff discharge calculations employing standard hydrological methods. Furthermore, evapotranspiration analysis is conducted to refine water balance estimations, followed by hydraulic capacity assessment of the drainage channels and a comprehensive evaluation of the overall drainage system performance. The results reveal discrepancies between the existing channel capacities and the projected combined discharges from runoff and domestic wastewater, identifying segments that may underperform under peak conditions. These findings offer a technical foundation for pinpointing critical points in the drainage network and elucidating the interplay between hydrological inputs and channel performance under future scenarios.*

### 1. PENDAHULUAN

Permasalahan drainase perkotaan semakin kompleks seiring dengan peningkatan pertumbuhan penduduk dan perubahan tata guna lahan di berbagai wilayah Indonesia, termasuk Jalan Saribu Dolok, Kabupaten Simalungun. Peningkatan luas kawasan terbangun mengakibatkan penurunan daerah resapan air, sehingga limpasan hujan yang sebelumnya dapat diserap oleh tanah kini mengalir langsung ke saluran drainase. Kondisi ini semakin diperburuk oleh

masuknya limbah cair domestik ke dalam sistem drainase yang pada dasarnya tidak dirancang untuk menampung beban ganda tersebut. Akumulasi limpasan hujan dan limbah domestik berpotensi menurunkan kapasitas efektif saluran, menyebabkan genangan air, serta meningkatkan risiko banjir lokal. Berdasarkan rangkuman penelitian terdahulu dalam Tabel 1, kajian mengenai kapasitas drainase umumnya hanya berfokus pada debit limpasan hujan tanpa



mempertimbangkan kontribusi signifikan dari limbah cair domestik. Pendekatan tersebut menghasilkan gambaran yang kurang komprehensif terhadap kondisi aktual di lapangan, khususnya di kawasan permukiman padat. Fenomena ini menegaskan urgensi evaluasi sistem drainase secara holistik dengan mempertimbangkan berbagai sumber aliran yang masuk ke saluran.

Research gap dalam penelitian ini terletak pada keterbatasan pendekatan studi sebelumnya yang cenderung memisahkan analisis limpasan hujan dan limbah domestik sebagai dua komponen independen. Berdasarkan referensi dalam Tabel 1, sebagian besar penelitian hanya menerapkan metode hidrologi konvensional untuk menghitung debit rencana tanpa mengintegrasikan karakteristik limbah cair domestik yang memiliki pola aliran berbeda. Selain itu, penelitian terdahulu lebih banyak dilakukan di kawasan perkotaan besar dengan sistem drainase yang relatif terstruktur, sementara studi di kawasan semi-perkotaan seperti Saribu Dolok masih sangat terbatas. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi analisis debit limpasan hujan dengan estimasi kontribusi limbah domestik dalam satu kerangka evaluasi kapasitas saluran. Penelitian ini juga mengadopsi pendekatan kontekstual dengan mempertimbangkan kondisi eksisting saluran, pola tata guna lahan, serta perilaku masyarakat dalam pembuangan limbah cair.

Pendekatan tersebut menyediakan perspektif baru yang lebih realistis terhadap kinerja sistem drainase di lapangan. Penjelasan mendalam terhadap celah ini menunjukkan bahwa tanpa integrasi kedua komponen, evaluasi kapasitas saluran cenderung meremehkan beban aktual yang diterima saluran.

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi kapasitas saluran drainase di Jalan Saribu Dolok dalam menampung kombinasi limpasan hujan dan limbah cair domestik secara simultan, serta mengidentifikasi potensi ketidaksesuaian antara kapasitas eksisting dan debit aktual. Penelitian ini juga bertujuan memberikan rekomendasi teknis sebagai dasar perbaikan sistem drainase di lokasi studi. Manfaat penelitian ini meliputi kontribusi akademis berupa pengembangan metode evaluasi drainase yang lebih komprehensif, serta kontribusi praktis bagi pemerintah daerah dalam perencanaan dan pengelolaan infrastruktur drainase yang berkelanjutan. Hasil penelitian diharapkan menjadi referensi tambahan bagi studi selanjutnya, khususnya yang melibatkan integrasi aspek hidrologi dan sanitasi dalam sistem drainase. Dengan mempertimbangkan penelitian terdahulu dalam Tabel 1 serta mengembangkan pendekatan terintegrasi, penelitian ini memberikan nilai tambah dalam meningkatkan efektivitas sistem drainase pada kawasan dengan karakteristik serupa.

**Tabel 1. Perbandingan aspek evaluasi saluran drainase eksisting pada penelitian terdahulu**

Aspek Evaluasi Saluran Drainase Ekisting								
Lokasi	Jenis Saluran	Panjang Saluran	Curah hujan	Limbah Cair Domestik	Volume Sedimen	Evapo-transpirasi	Proyeksi	Referensi
Desa Petapahan, (Riau)	Primer	-	✓	✗	✗	✗	5 tahun	Parse (2019)
Jl. Wolter Monginsidi (Ambon)	Primer	894 m	✓	✓	✗	✗	10 tahun	Maruapey et al. (2024)
Kabupaten Lamongan	Sekunder	-	✓	✗	✗	✗	-	Rachmat et al. (2024)
Jl. Sukowati	Primer	-	✓	✗	✗	✗	2,5,10 tahun	Suryanto et al. (2022)
Desa Kasang (Riau)	Primer	-	✓	✗	✗	✗	5 tahun	Irawan (2020)
Kecamatan Garum, (Jawa Timur)	Sekunder	-	✓	✗	✗	✗	-	Gunawan et al. (2021)
Perumahan Noverity Residence, (Padang)	Sekunder	-	✓	✓	✗	✗	-	Nofrizal (2017)



Lokasi	Jenis Saluran	Panjang Saluran	Curah hujan	Limbah Cair Domestik	Volume Sedimen	Evapo-transpirasi	Proyeksi	Referensi
Desa Loki (Maluku Tengah)	Sekunder	±2,5 km	✓	✓	X	X	-	Junianis et al. (2024)
Perumahan Harmony Residence (Surakarta)	Sekunder	-	✓	✓	X	X	-	Jupriariyadi (2014)
Academia (Universitas Quality)	Primer	-	✓	X	X	X	-	
Repository UMA	Sekunder	-	✓	X	X	X	-	UMA
Repository UMA	Sekunder	-	✓	X	X	X	-	UMA
Repository UMA	Sekunder	-	✓	X	X	X	-	UMA
Repository USU	Primer	-	✓	X	X	X	-	USU

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Jalan Saribu Dolok, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara. Berdasarkan Gambar 1, jalur pengamatan mengikuti ruas jalan utama secara memanjang dari titik awal hingga titik akhir. Titik awal berada di bagian timur ruas jalan, sedangkan titik akhir berada di bagian barat. Jalur pengamatan mencerminkan keterhubungan antar-segmen dalam satu sistem drainase yang sama. Titik pengamatan ditetapkan sepanjang saluran dengan pola linear yang selaras dengan arah aliran air. Posisi saluran berada di sisi jalan utama, berdekatan dengan kawasan permukiman dan aktivitas masyarakat.

Setiap segmen pada jalur pengamatan merepresentasikan variasi kondisi lapangan. Lingkungan sekitar saluran menunjukkan kepadatan permukiman yang tinggi pada beberapa bagian, sementara bagian lain relatif terbuka dengan jarak antar-bangunan yang lebih renggang. Akses ke saluran umumnya terbuka dari area sekitar, sehingga kondisi fisik saluran dapat diamati secara langsung. Beberapa segmen saluran berada sangat dekat dengan bangunan dan jalan lingkungan, mengindikasikan keterkaitan erat antara sistem drainase dan aktivitas masyarakat. Permukaan jalan sepanjang ruas penelitian

berkontribusi terhadap limpasan air ke saluran, menegaskan peran saluran sebagai penyalur utama air permukaan.

Jalur pengamatan pada Gambar 1 mengilustrasikan susunan segmen yang saling terintegrasi dalam satu jaringan drainase. Penentuan titik pengamatan dilakukan pada lokasi yang mewakili variasi kondisi saluran sepanjang ruas. Penyebaran titik pengamatan mencerminkan perbedaan kondisi lapangan, baik dari aspek lingkungan sekitar maupun kondisi fisik saluran. Pada segmen dengan kepadatan bangunan tinggi, interaksi antara saluran dan aktivitas rumah tangga lebih intensif. Sebaliknya, segmen dengan lingkungan terbuka menunjukkan pengaruh aktivitas domestik yang relatif rendah. Posisi saluran yang sejajar dengan badan jalan menandakan keterkaitan langsung dengan jaringan jalan raya. Variasi kondisi ini memberikan gambaran komprehensif tentang karakteristik saluran dalam sistem drainase yang sama di wilayah penelitian.

Kondisi saluran drainase dirangkum dalam Tabel 2, yang memuat parameter lebar saluran, kedalaman, tinggi sedimen, dan tinggi muka air. Saluran yang diamati merupakan saluran terbuka di sisi jalan. Pengukuran dilakukan secara langsung pada setiap



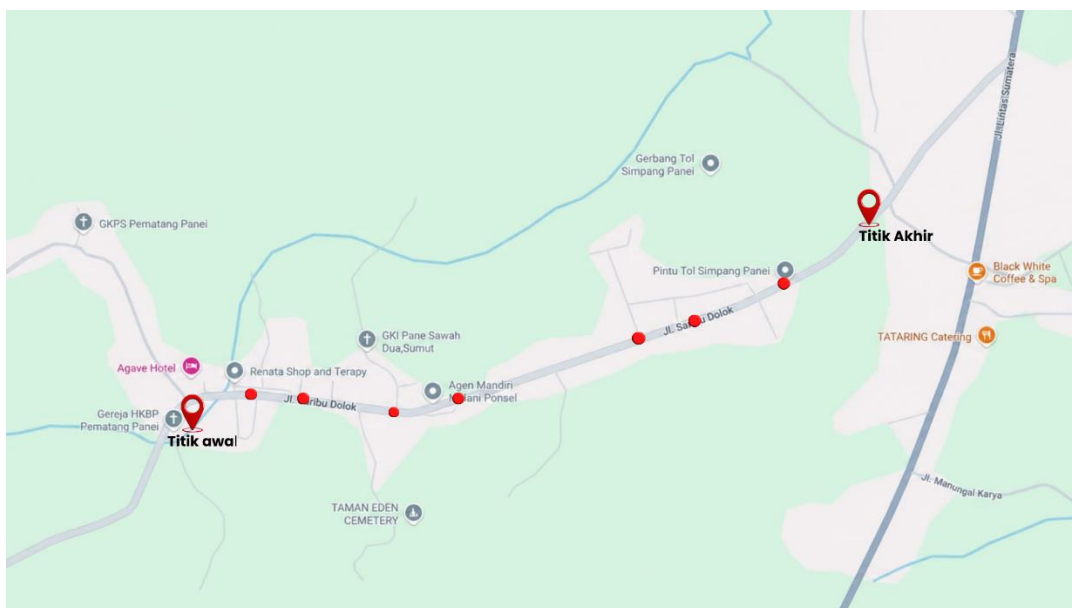
segmen untuk memperoleh data kondisi eksisting di lapangan. Setiap segmen menampilkan variasi penampang, baik dari dimensi maupun bentuk saluran.

Sedimen ditemukan pada seluruh segmen dengan ketebalan yang bervariasi. Pada beberapa bagian, sedimen menumpuk di dasar saluran, sehingga mengurangi kapasitas aliran. Tinggi muka air pada masing-masing segmen berbeda, dipengaruhi oleh kondisi aliran saat pengamatan. Selain itu, dasar saluran menunjukkan endapan material yang tersebar tidak merata, memengaruhi pola aliran air.

Perubahan bentuk penampang terobservasi pada beberapa segmen, mengindikasikan variasi kondisi fisik saluran sepanjang ruas penelitian. Dinding saluran pada beberapa bagian tidak seragam, baik dari struktur





maupun material penyusunnya. Pada titik tertentu, dinding saluran tegak dan terstruktur dengan baik, sementara pada titik lain mengalami deformasi yang berpotensi memengaruhi stabilitas dan kapasitas saluran. Bagian tepi saluran terhubung langsung dengan permukaan jalan sekitar, berfungsi sebagai jalur masuk limpasan air.

Dokumentasi dalam Tabel 2 menyajikan kondisi visual saluran pada setiap titik pengamatan. Gambar yang ditampilkan mengilustrasikan bentuk penampang saluran serta kondisi aliran air di dalamnya. Variasi kondisi ini memberikan representasi autentik tentang kinerja saluran drainase di Jalan Saribu Dolok dalam menampung aliran air, baik dari limpasan hujan maupun aktivitas domestik di sekitarnya.



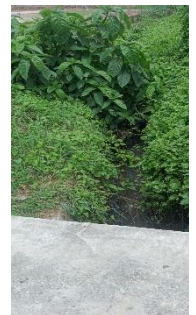
**Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan jalur saluran drainase di Jalan Saribu Dolok, Kab Simalungun**

**Tabel 2. Data survei saluran drainase pada Lokasi penelitian**

	Lokasi	Lebar I (m)	Kedalaman D (m)	Ketinggian Sedimen Ds (m)	Ketinggian Air (m)	Dokumentasi
Segmen 1	Jl. Saribu Dolok 12, Pematang Pane, Kec. Panombean Panei, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara 21165 (2.9207605039662417,9 9.02161873877048)	2,2	0,93	0,8	0,30	
Segmen 2	Jl. Saribu Dolok 279, Pematang Pane, Kec. Panombean Panei, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara 21165 (2.920262930739713,99. 02654696255922)	2,3	1,5	0,2	0,28	
Segmen 3	Jl. Saribu Dolok No.520, Simpang Pane, Kec. Panombean Panei, Kota Pematang Siantar, Sumatera Utara 21129 (2.9224025610173694,9 9.03336983174086)	1,3	1,2	0,2	0,10	
Segmen 4	Jl. Saribu Dolok No.365, Simpang Pane, Kec. Panombean Panei, Kota Pematang Siantar, Sumatera Utara 21129 (2.9239381366650843,9 9.03760872781277)	1,3	0,60	0,30	0,20	



Segmen 5	Jl. Saribu Dolok, Kota Pematang Siantar, Sumatera Utara 21129 (2.9250859663695454,9 9.040104188025)	1,2	1,5	0,7	0,17
-------------	---	-----	-----	-----	------



## 2.2 Analisis Proyeksi Jumlah Penduduk dan Limbah Cair Domestik

Analisis proyeksi jumlah penduduk dilakukan dengan menerapkan lima metode utama, yaitu aritmatika, geometrik, eksponensial, least square, dan logistik, yang masing-masing dipilih berdasarkan karakteristik pertumbuhan wilayah studi. Metode aritmatika digunakan untuk menggambarkan pertumbuhan penduduk dengan penambahan konstan secara temporal, sehingga sesuai untuk kondisi pertumbuhan yang stabil. Metode geometrik mengasumsikan laju pertumbuhan konstan dalam bentuk persentase, sehingga dapat merepresentasikan peningkatan populasi secara eksponensial dari tahun ke tahun. Sementara itu, metode eksponensial diterapkan untuk memodelkan pertumbuhan kontinu dengan mempertimbangkan dinamika alami populasi dalam jangka panjang.

Metode least square diimplementasikan melalui analisis regresi linear antara variabel waktu dan jumlah penduduk, menghasilkan persamaan tren untuk memprediksi populasi pada periode mendatang. Di sisi lain, metode logistik memasukkan parameter kapasitas maksimum lingkungan sebagai batas daya

dukung, sehingga pertumbuhan penduduk diasumsikan melambat ketika mendekati ambang batas tersebut. Seluruh metode dianalisis berdasarkan data historis yang tersedia, kemudian dibandingkan melalui tingkat kesalahan atau deviasi terhadap data aktual guna menentukan metode yang paling akurat terhadap kondisi riil.

Hasil proyeksi jumlah penduduk digunakan sebagai dasar estimasi timbulan limbah cair domestik. Perhitungan dilakukan dengan merujuk pada kebutuhan air bersih per kapita serta persentase air buangan dari aktivitas rumah tangga. Volume limbah cair diperoleh melalui perkalian jumlah penduduk proyeksi dengan produksi limbah per individu per hari, yang kemudian dikonversi menjadi debit aliran. Analisis ini juga mempertimbangkan faktor kepadatan penduduk, pola konsumsi air, serta aktivitas sosial-ekonomi yang memengaruhi volume limbah. Pendekatan tersebut menyediakan estimasi kuantitatif mengenai peningkatan beban sistem drainase akibat pertumbuhan penduduk dan volume limbah cair domestik yang masuk ke jaringan saluran eksisting

$$P_n = P_0 + K_a(T_n - T_0) \quad (1)$$

Rumus  $P_n = P_0 + K_a(T_n - T_0)$  digunakan untuk menghitung jumlah penduduk pada tahun tertentu, Dimana ( $P_n$ ) adalah penduduk yang diproyeksikan, ( $P_0$ ) penduduk awal, ( $K_a$ ) laju pertumbuhan per tahun, dan ( $T_n - T_0$ ) selisih waktu.

$$P_n = P_0(1 + r)^n \quad (2)$$



Rumus  $P_n = P_0 (1 + r)^n$  digunakan untuk menghitung jumlah penduduk dengan pertumbuhan majemuk, dimana ( $P_0$ ) adalah penduduk awal, ( $r$ ) laju pertumbuhan, dan  $n$  waktu.

$$P_n = P_0 e^{rn} \quad (3)$$

Rumus  $P_n = P_0 e^{rn}$  digunakan untuk menghitung pertumbuhan penduduk secara eksponensial kontinu, dimana ( $P_0$ ) adalah jumlah awal, ( $r$ ) laju pertumbuhan, dan ( $t$ ) waktu.

$$Y = a + bX \quad (4)$$

Dimana,  $Y$ : jumlah penduduk hasil proyeksi,  $a$ : konstanta;  $b$ : koefisien regresi;  $X$ : waktu.

$$Y = a + b \ln X \quad (5)$$

Rumus  $Y = a + b \ln X$  adalah persamaan regresi logaritmik, dimana ( $Y$ ) adalah nilai yang diprediksi, ( $a$ ) konstanta, ( $b$ ) koefisien, dan ( $X$ ) variabel bebas yang diubah ke bentuk logaritma.

$$Q_{limbah} = f \times Q_{air\ bersih} \quad (6)$$

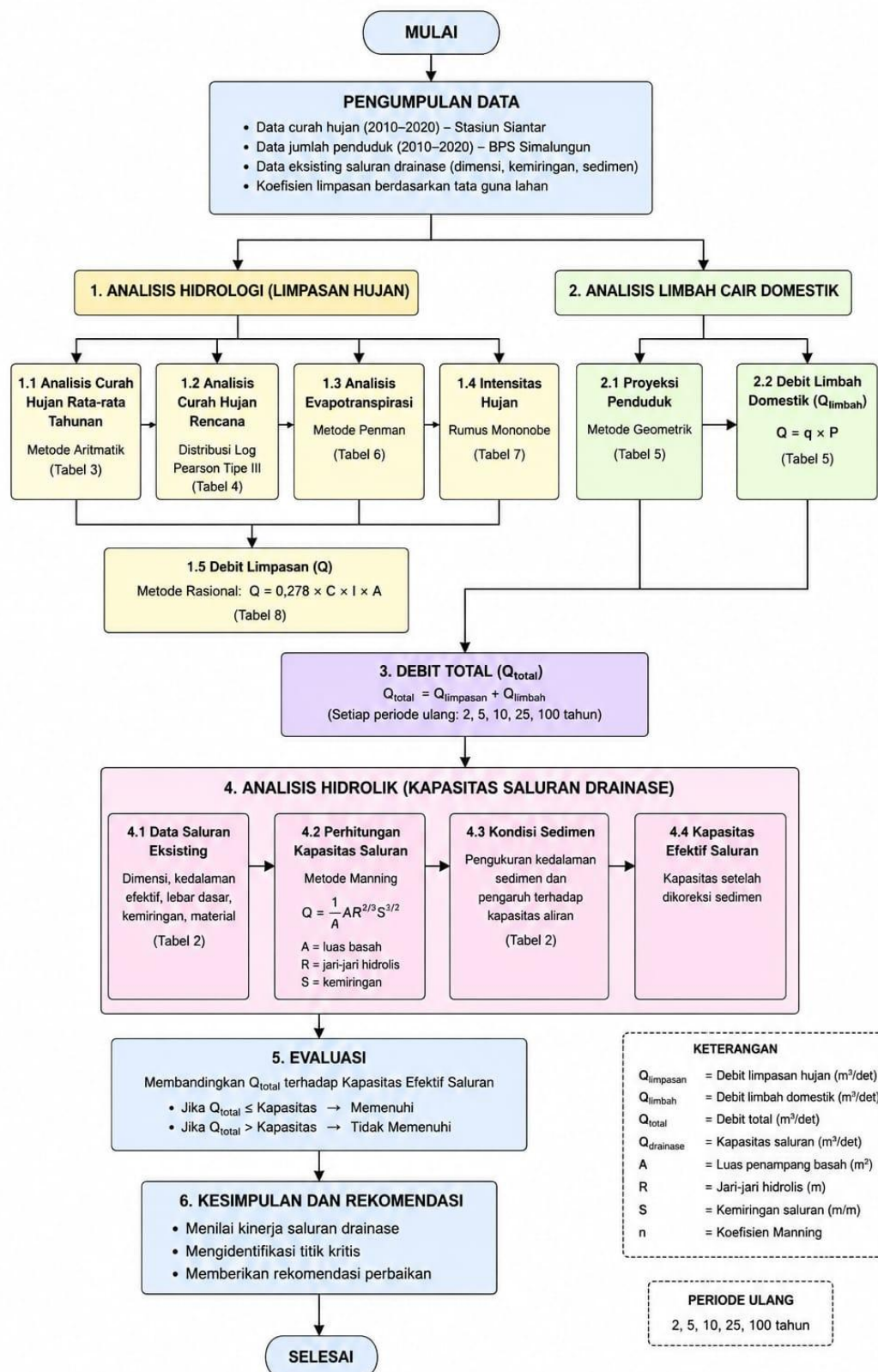
Rumus  $Q_{limbah} = f \times Q_{air\ bersih}$  digunakan untuk menghitung debit limbah domestik, dimana ( $Q_{limbah}$ ) adalah debit limbah, ( $f$ ) adalah faktor konversi, dan ( $Q_{air\ bersih}$ ) adalah debit air bersih yang digunakan.

$$Q_{peak} = f_{peak} \times Q_{rata-rata} \quad (7)$$

Rumus  $Q_{peak} = f_{peak} \times Q_{rata-rata}$  digunakan untuk menghitung debit puncak, dimana ( $Q_{peak}$ ) adalah debit maksimum, ( $f_{peak}$ ) faktor puncak, dan ( $Q_{rata-rata}$ ) adalah debit rata-rata.

$$PE = \frac{|Y_{aktual} - Y_{model}|}{Y_{aktual}} \times 100\% \quad (8)$$

Rumus  $PE = \frac{|Y_{aktual} - Y_{model}|}{Y_{aktual}} \times 100\%$  digunakan untuk menghitung persentase kesalahan, dimana ( $Y_{aktual}$ ) adalah nilai sebenarnya dan ( $Y_{model}$ ) adalah nilai hasil perhitungan/model.



Gambar 2. Diagram alir metodologi evaluasi kapasitas saluran drainase di Jalan Saribu Dolok, Simalungun



### 2.3 Analisis Proyeksi Curah Hujan dan Debit Limpasan

Analisis proyeksi curah hujan dilakukan dengan menerapkan beberapa metode distribusi statistik, yaitu distribusi normal, log normal, Gumbel, log Pearson tipe III, serta metode Iway Kadoya. Pemilihan metode tersebut disesuaikan dengan karakteristik data curah hujan di wilayah penelitian. Distribusi normal digunakan untuk data dengan pola penyebaran simetris relatif, sehingga sesuai untuk kondisi dengan variasi yang tidak signifikan. Distribusi log normal diterapkan melalui transformasi data guna mengurangi pengaruh nilai ekstrem dan menstabilkan pola distribusi. Distribusi Gumbel dimanfaatkan untuk menganalisis curah hujan maksimum tahunan yang terkait dengan kejadian ekstrem dan periode ulang tertentu. Distribusi log Pearson tipe III diadopsi dengan mempertimbangkan tingkat kemencengan (skewness) data, sehingga mampu merepresentasikan distribusi asimetris. Metode Iway Kadoya digunakan sebagai pendekatan empiris yang menghubungkan curah hujan dengan periode ulang berdasarkan kecenderungan data historis.

Data curah hujan maksimum tahunan dianalisis menggunakan kelima metode tersebut, diikuti uji kesesuaian untuk menentukan metode yang paling akurat terhadap kondisi lapangan. Nilai curah hujan rencana yang diperoleh menjadi dasar perhitungan debit limpasan permukaan. Perhitungan debit limpasan mempertimbangkan koefisien limpasan yang dipengaruhi kondisi tata guna lahan, seperti dominasi kawasan permukiman padat dan perkerasan jalan di wilayah penelitian. Intensitas hujan ditetapkan berdasarkan analisis curah hujan rencana sesuai periode ulang yang dipilih. Luas daerah tangkapan dihitung dari peta lokasi penelitian yang menggambarkan batas aliran permukaan menuju saluran drainase. Analisis juga mencakup waktu konsentrasi serta pola distribusi aliran yang memengaruhi debit puncak. Pendekatan ini menyajikan hubungan antara curah hujan dan limpasan permukaan yang masuk ke sistem drainase pada lokasi penelitian. Penjelasan lebih rinci dapat dilihat pada Gambar 2.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (9)$$

Dimana  $x$  adalah nilai data yang dianalisis,  $\mu$  merupakan nilai rata-rata,  $\sigma$  adalah simpangan baku, dan  $f(x)$  menyatakan peluang kemunculan nilai tersebut dalam distribusi normal yang berbentuk simetris di sekitar rata-rata.

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x)-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (10)$$

Dimana  $x$  adalah nilai data,  $\mu$  adalah rata-rata logaritmik,  $\sigma$  adalah simpangan baku logaritmik, dan  $f(x)$  menyatakan peluang data dalam distribusi log normal.

$$f(x) = \frac{1}{|\beta|\Gamma(\alpha)} \left(\frac{\ln(x)-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\frac{\ln(x)-\gamma}{\beta}} \quad (11)$$

Dimana  $x$  adalah nilai data,  $\alpha$  adalah parameter bentuk,  $\beta$  adalah parameter skala,  $\gamma$  adalah parameter lokasi,  $\Gamma(\alpha)$  adalah fungsi gamma, dan  $f(x)$  menyatakan peluang data dalam distribusi Log Pearson tipe III.

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)} e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)}} \quad (12)$$

Dimana  $x$  adalah nilai data,  $\mu$  adalah parameter lokasi,  $\alpha$  adalah parameter skala, dan  $f(x)$  menyatakan peluang data dalam distribusi Gumbel yang digunakan untuk analisis nilai ekstrem.



$$I = \frac{R}{t} \left( \frac{t}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (13)$$

Dimana  $I$  adalah intensitas hujan,  $R$  adalah curah hujan,  $t$  adalah durasi hujan, dan  $T$  adalah periode ulang yang digunakan dalam analisis hidrologi.

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad (14)$$

Dimana  $Q$  adalah debit limpasan,  $C$  adalah koefisien limpasan,  $I$  adalah intensitas hujan, dan  $A$  adalah luas daerah tangkapan.

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (15)$$

Dimana  $Q$  adalah debit limpasan,  $C$  adalah koefisien limpasan,  $I$  adalah intensitas hujan,  $A$  adalah luas daerah tangkapan, dan 0,278 adalah faktor konversi satuan agar hasil debit dalam m<sup>3</sup>/detik.

#### 2.4 Analisis Evapotranspirasi

Analisis evapotranspirasi dalam penelitian ini dilakukan dengan menerapkan beberapa metode standar dalam kajian hidrologi, yaitu metode Thornthwaite, Blaney Criddle, Penman, dan Penman-Monteith. Pemilihan metode tersebut disesuaikan dengan ketersediaan data iklim di wilayah penelitian guna memastikan relevansi dan akuntabilitas hasil perhitungan. Metode Thornthwaite digunakan untuk memperkirakan evapotranspirasi potensial berdasarkan suhu udara rata-rata bulanan dan indeks panas tahunan, sehingga sesuai untuk kondisi dengan keterbatasan data klimatologi. Metode Blaney Criddle menghubungkan temperatur rata-rata harian dengan persentase lama penyinaran matahari untuk mengestimasi kehilangan air akibat evaporasi dan transpirasi. Metode Penman diterapkan dengan mempertimbangkan parameter fisik seperti radiasi matahari, suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin, sehingga menyediakan representasi komprehensif proses evapotranspirasi. Metode Penman-Monteith, sebagai pengembangan dari metode Penman, memasukkan faktor resistansi

permukaan dan resistansi aerodinamik, sehingga hasilnya lebih mencerminkan kondisi aktual vegetasi dan atmosfer.

Data yang digunakan mencakup suhu udara, kelembaban relatif, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, serta radiasi, yang diperoleh dari stasiun klimatologi terdekat dengan lokasi penelitian. Hasil perhitungan evapotranspirasi dari setiap metode dibandingkan untuk mengevaluasi kesesuaiannya dengan karakteristik iklim lokal serta variasi musiman sepanjang tahun. Nilai evapotranspirasi yang dihasilkan menjadi komponen krusial dalam analisis keseimbangan air, karena memengaruhi volume air yang tersedia sebagai limpasan permukaan. Analisis juga mempertimbangkan dinamika kondisi cuaca yang dapat mengubah nilai evapotranspirasi pada periode tertentu. Pendekatan ini menyajikan estimasi kehilangan air ke atmosfer yang berperan dalam siklus hidrologi lokasi penelitian. Penjelasan lebih rinci dapat dilihat pada Gambar 2.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (16)$$

Dimana  $ET_0$  adalah evapotranspirasi referensi,  $\Delta$  adalah kemiringan kurva tekanan uap,  $R_n$  adalah radiasi netto,  $G$  adalah fluks panas tanah,  $\gamma$  adalah konstanta psikrometrik,  $T$  adalah suhu udara rata-rata,  $u_2$  adalah kecepatan angin pada ketinggian 2 meter,  $e_s$  adalah tekanan uap jenuh, dan  $e_a$  adalah tekanan uap aktual.



$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(ET_{obs} - ET_{model})^2}{n}} \quad (17)$$

Dimana,  $RMSE$ : root mean square error yang digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan model,  $ET_{obs}$ : nilai evapotranspirasi hasil observasi,  $ET_{model}$ : nilai evapotranspirasi hasil perhitungan model,  $n$ : jumlah data pengamatan.

## 2.5 Analisis Sedimentasi

Analisis volume sedimentasi dilakukan untuk mengidentifikasi jumlah material padat yang mengendap di dalam saluran drainase serta implikasinya terhadap kapasitas aliran. Penelitian ini menerapkan beberapa pendekatan, yaitu pengukuran langsung di lapangan, perhitungan berbasis geometri penampang, serta estimasi yang mempertimbangkan karakteristik aliran dan sedimen. Pengukuran langsung dilakukan dengan menentukan ketebalan sedimen pada berbagai titik sepanjang saluran menggunakan alat ukur sederhana, sehingga menghasilkan representasi autentik kondisi endapan di lapangan. Metode geometri penampang diterapkan dengan menghitung luas penampang sedimen, yang kemudian dikalikan dengan panjang segmen saluran untuk memperoleh volume total endapan, dengan mempertimbangkan distribusi sedimen yang tidak seragam. Pendekatan ini memanfaatkan data dimensi saluran seperti lebar, kedalaman, dan tinggi endapan yang diperoleh dari survei lapangan.

$$V_{sedimen} = B \times D_s \times L \quad (18)$$

Dimana,  $V_{sedimen}$ : Volume sedimen,  $B$ : dihitung berdasarkan dimensi saluran yang meliputi,  $D_s$ : kedalaman sedimen,  $L$ : panjang segmen.

$$PE = \frac{|V_{obs} - V_{calc}|}{V_{obs}} \times 100\% \quad (19)$$

Dimana,  $PE$ : persentase kesalahan,  $V_{obs}$ : volume hasil observasi,  $V_{calc}$ : hasil perhitung.

## 2.6 Analisis Kapasitas Saluran Drainase dan Evaluasi Sistem Drainase

Analisis kapasitas saluran serta evaluasi sistem drainase dilakukan untuk menilai kemampuan saluran dalam menampung debit limpasan hujan dan aliran limbah domestik yang masuk ke jaringan drainase di lokasi penelitian. Pendekatan yang diterapkan mencakup analisis hidrolika saluran, perhitungan debit limpasan menggunakan metode rasional, serta perbandingan antara debit rencana dan kapasitas saluran eksisting. Kapasitas saluran ditentukan

Selain itu, dilakukan estimasi berdasarkan karakteristik aliran dengan mempertimbangkan parameter seperti kecepatan aliran, debit, dan ukuran butir sedimen yang terbawa limpasan. Kecepatan aliran rendah cenderung mempercepat proses pengendapan, sehingga berpotensi menurunkan kapasitas saluran. Analisis juga mencakup sumber sedimen dari limpasan permukaan, aktivitas lalu lintas, serta limbah domestik yang masuk ke sistem drainase. Data pengukuran diolah untuk menentukan volume sedimentasi per segmen saluran, sehingga dapat diidentifikasi tingkat penurunan kapasitas. Variasi volume sedimen antar-lokasi mencerminkan perbedaan kondisi lingkungan dan intensitas aktivitas sekitar saluran. Dengan demikian, analisis ini menyajikan pengaruh sedimentasi terhadap kinerja sistem drainase serta potensi penyempitan penampang aliran di lokasi penelitian. Penjelasan lebih rinci dapat dilihat pada Gambar 2.

berdasarkan parameter geometrik seperti lebar, kedalaman, dan kemiringan dasar saluran yang diperoleh dari survei lapangan. Perhitungan mempertimbangkan karakteristik aliran terbuka serta kondisi permukaan saluran yang memengaruhi kecepatan aliran. Selain itu, dilakukan pengamatan langsung untuk mengidentifikasi kondisi aliran aktual dan hambatan di lapangan. Debit limpasan dihitung dari analisis curah hujan rencana sebelumnya,



dikombinasikan dengan koefisien limpasan sesuai tata guna lahan wilayah penelitian. Debit limbah domestik juga diperhitungkan sebagai beban tambahan. Total debit yang masuk ke saluran merupakan penjumlahan debit limpasan dan debit limbah domestik, sehingga merefleksikan kondisi aktual di lapangan.

Evaluasi sistem drainase dilakukan dengan membandingkan kapasitas saluran terhadap debit total pada setiap segmen. Jika kapasitas saluran lebih kecil daripada debit masuk, saluran dinyatakan tidak memadai dan berpotensi menyebabkan genangan. Sebaliknya, jika kapasitas saluran melebihi debit,

sistem drainase dinilai masih optimal. Analisis ini mempertimbangkan faktor sedimentasi yang mengurangi luas penampang efektif dan menurunkan kapasitas aliran. Selain itu, kondisi fisik saluran seperti kerusakan struktur, penyempitan, dan akumulasi sampah turut memengaruhi kinerja sistem. Hasil analisis digunakan untuk mengidentifikasi segmen saluran dengan penurunan fungsi serta menentukan kebutuhan perbaikan atau normalisasi. Dengan demikian, pendekatan ini menyajikan evaluasi komprehensif mengenai kapasitas saluran dan kinerja sistem drainase di lokasi penelitian. Penjelasan lebih rinci dapat dilihat pada Gambar 2.

### 3. HASIL dan PEMBAHASAN

#### 3.1 Proyeksi Jumlah Penduduk dan Limbah Cair Domestik

Proyeksi jumlah penduduk dilakukan berdasarkan data sekunder dengan tahun dasar 2024 di wilayah Jalan Saribu Dolok, Kabupaten Simalungun. Perhitungan proyeksi menerapkan metode aritmatika, geometrik, eksponensial, least square, dan logistik untuk periode 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, serta 100 tahun ke depan. Penerapan beragam metode tersebut bertujuan membandingkan pola pertumbuhan penduduk berdasarkan karakteristik masing-masing pendekatan, dengan merujuk pada penelitian terdahulu mengenai analisis pertumbuhan penduduk (Pasaribu et al., 2023). Hasil perhitungan menunjukkan peningkatan

jumlah penduduk pada setiap periode proyeksi. Nilai proyeksi bervariasi antar-metode. Metode aritmatika dan least square mengindikasikan pertumbuhan linear, sedangkan metode geometrik dan eksponensial menghasilkan pertumbuhan yang lebih pesat. Sementara itu, metode logistik menunjukkan laju pertumbuhan yang lebih rendah dibandingkan metode lainnya. Variasi hasil tersebut mencerminkan pengaruh pendekatan matematis pada masing-masing metode perhitungan

**Tabel 3. Jumlah Penduduk Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara**

Jumlah Penduduk Kab Simalungun Menurut Kecamatan dan Jenis Kelamin (Jiwa)			
Tahun	Laki-laki	Perempuan	Laki-laki+Perempuan
2010	407.990	411.613	819.603
2011	411.616	414.698	826.314
2012	414.492	417.781	832.273
2013	417.593	420.702	838.295
2014	420.591	423.442	844.033
2015	423.202	426.203	849.405
2016	425.749	428.695	854.489
2017	428.105	431.123	859.228
2018	430.306	433.387	863.693
2019	432.425	435.497	867.922
2020	434.176	437.502	871.678

**Tabel 4. Perbandin jumlah penduduk rencana untuk berbagai periode ulang**

Periode (Tahun)	Aritmatika	Geometrik	Eksponensial	Least Square	Logaritmik
2	882.093	882.485	882.518	883.169	877.570
5	897.716	898.946	899.032	899.072	883.344
10	923.753	927.068	927.244	925.577	890.929
25	1.001.866	1.016.812	1.017.305	1.005.092	905.990
100	1.392.428	1.614.023	1.617.095	1.402.667	937.447

### 3.2 Proyeksi Debit Cair Domestik

Berdasarkan data jumlah penduduk Kabupaten Simalungun dengan tahun dasar 2020 sebesar 871.678 jiwa, dilakukan perhitungan debit limbah cair domestik untuk periode proyeksi 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, dan 100 tahun ke depan. Kebutuhan air bersih diasumsikan sebesar 150 L/orang/hari sesuai referensi penelitian sebelumnya. Sebanyak 80% dari kebutuhan air bersih tersebut diasumsikan menjadi limbah cair domestik yang dialirkan ke saluran drainase. Perhitungan debit limbah cair dilakukan dengan mengalikan jumlah penduduk proyeksi dengan kebutuhan air bersih per kapita, kemudian dikalikan faktor 0,8 untuk memperoleh debit air limbah domestik. Hasil perhitungan dikonversi ke satuan liter per detik guna mendapatkan debit rata-rata. Debit puncak dihitung menggunakan faktor puncak untuk merepresentasikan kondisi aliran maksimum pada

waktu tertentu, sedangkan debit total diperoleh dari penjumlahan debit rata-rata dan debit puncak.

Hasil perhitungan menunjukkan peningkatan debit limbah cair domestik pada setiap periode proyeksi. Pada kondisi awal tahun 2020, debit total tercatat 1.452 L/detik. Pada periode 2 tahun (2022), debit total meningkat menjadi 1.470 L/detik. Pada periode 5 tahun (2027), debit total mencapai 1.497 L/detik. Pada periode 10 tahun (2032), debit total menjadi 1.545 L/detik. Pada periode 25 tahun (2045), debit total naik menjadi 1.694 L/detik. Pada periode 100 tahun (2120), debit total mencapai 2.690 L/detik. Peningkatan debit limbah cair domestik tersebut berkorelasi positif dengan pertumbuhan jumlah penduduk di wilayah penelitian, sehingga semakin tinggi populasi, semakin besar beban aliran yang harus ditampung sistem drainase.

**Tabel 5. Proyeksi debit air limbah domestik berdasarkan pertumbuhan penduduk**

Periode (Tahun)	Tahun	Populasi (Orang)	Q Kebutuhan Air (L/orang/hari)	Q Air Limbah (L/detik)	Q Puncak (L/detik)	Q Total (L/detik)
0	2020	871.678	1.210	968	1.452	1.452
2	2022	882.485	1.225	980	1.470	1.470



5	2027	898.946	1.248	998	1.497	1.497
10	2032	927.068	1.287	1.030	1.545	1.545
25	2045	1.016.821	1.412	1.129	1.694	1.694
100	2120	1.614.023	2.241	1.793	2.690	2.690

### 3.3 Analisis Proyeksi Curah Hujan

Data curah hujan dalam penelitian ini diperoleh dari BMKG Wilayah I untuk periode 2014–2023. Lokasi stasiun pengamatan yang berdekatan dengan wilayah penelitian menjadikan data tersebut representatif dalam merefleksikan kondisi curah hujan di daerah studi. Data yang digunakan merupakan curah hujan maksimum tahunan, yang diolah dari data curah hujan bulanan. Hasil analisis menunjukkan curah hujan maksimum tertinggi terjadi pada tahun 2020 sebesar 615 mm.

Perhitungan curah hujan rencana dilakukan untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 100 tahun menggunakan tiga metode distribusi, yaitu Gumbel, Log Normal, dan Log Pearson Tipe III (Soewarno, 1995; Bambang Triatmodjo, 2008). Metode Gumbel menghasilkan nilai curah hujan rencana berturut-turut sebesar 525,4 mm; 598,7 mm; 640,2 mm; 685,9 mm; dan 755,6 mm. Metode Log Normal memberikan hasil 521,6 mm; 590,3 mm; 632,5 mm; 681,4 mm; dan 762,8 mm. Metode Log Pearson Tipe III menghasilkan nilai 515,2 mm; 605,8 mm; 665,7 mm; 745,9 mm; dan 905,3 mm.

Variasi nilai antar-metode mencerminkan pengaruh karakteristik distribusi statistik terhadap hasil perhitungan. Metode Log Pearson Tipe III menghasilkan nilai relatif lebih tinggi pada periode ulang panjang, mengindikasikan kemampuannya mengakomodasi kejadian ekstrem. Hal ini selaras dengan karakteristik data yang memiliki koefisien kemencengan negatif, sehingga distribusi bersifat asimetris.

Peningkatan nilai curah hujan rencana seiring periode ulang menandakan potensi intensitas hujan ekstrem yang lebih tinggi. Kondisi ini menjadi pertimbangan krusial dalam perencanaan sistem drainase, khususnya untuk mengantisipasi kapasitas saluran terhadap debit limpasan yang lebih besar. Berdasarkan karakteristik data dan hasil analisis, metode Log Pearson Tipe III dinilai paling representatif karena kemampuannya merepresentasikan kondisi ekstrem secara optimal (Suripin, 2004).

**Tabel 6. Perbandingan curah hujan rencana berdasarkan metode distribusi probabilitas**

Periode (Tahun)	Gumbel (mm)	Log Normal (mm)	Log Pearson Type III (mm)
2	525,4	521,6	515,2
5	598,7	590,3	605,8
10	640,2	632,5	665,7
25	685,9	681,4	745,9



100	755,6	762,8	905,3
Cs	—	-1,38	+0,21
Cv	—	0,167	0,175
Status	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi	Memenuhi

### 3.4 Analisis Proyeksi Debit Limpasan

Metode tersebut banyak diterapkan dalam analisis hidrologi perkotaan sebagaimana diuraikan oleh Suripin (2004) dan Bambang Triatmodjo (2008). Nilai intensitas hujan diperoleh dari analisis curah hujan rencana menggunakan data curah hujan BMKG Wilayah I periode 2014–2023 yang telah diolah sebelumnya. Perhitungan intensitas hujan dilakukan dengan persamaan Mononobe untuk masing-masing periode ulang hujan.

Analisis debit limpasan dilakukan untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, dan 100 tahun. Hasil perhitungan menghasilkan intensitas hujan berturut-turut sebesar 177,99 mm/jam; 205,03 mm/jam; 222,93 mm/jam; 245,55 mm/jam; dan 278,98 mm/jam. Koefisien limpasan ditentukan berdasarkan kondisi tata guna lahan di wilayah penelitian sesuai pedoman Suripin (2004), sedangkan luas daerah tangkapan diperoleh dari pengukuran area yang mengalirkan limpasan ke saluran drainase.

Hasil analisis menunjukkan bahwa debit limpasan sangat dipengaruhi oleh intensitas hujan, koefisien limpasan, dan luas daerah tangkapan. Semakin panjang periode ulang hujan, semakin tinggi intensitas hujan yang dihasilkan, sehingga debit limpasan meningkat. Kondisi ini selaras dengan teori hidrologi yang menyatakan bahwa hujan dengan periode ulang lebih besar menghasilkan aliran permukaan yang lebih signifikan (Ven Te Chow, 1988).

Debit limpasan yang diperoleh menjadi dasar analisis kapasitas saluran drainase. Nilai tersebut dikombinasikan dengan debit limbah cair domestik untuk memperoleh debit total aliran yang masuk ke saluran. Pendekatan ini secara umum digunakan dalam evaluasi sistem drainase perkotaan guna menilai kemampuan saluran menampung debit pada kondisi hujan rencana.

**Tabel 7. Perhitungan debit limpasan berdasarkan metode rasional**

Periode (Tahun)	Intensitas (mm/jam)	Q (m <sup>3</sup> /det)
2	177,99	0,520·C·177,9·A
5	205,03	0,598·C·205,03·A
10	222,93	0,650·C·222,93·A
25	245,55	0,717·C·245,55·A
100	278,98	0,815·C·278,98·A



### 3.5 Analisis Evapotranspirasi

Perhitungan evapotranspirasi dalam penelitian ini menggunakan metode Penman-Monteith FAO-56, yang diakui sebagai standar dalam kajian hidrologi dan sumber daya air menurut Richard G. Allen et al. (1998). Data klimatologi disesuaikan dengan kondisi wilayah Medan berdasarkan pengamatan BMKG Wilayah I periode 2014–2023. Parameter iklim yang diterapkan mencakup temperatur udara, radiasi netto, kelembaban udara, serta kecepatan angin.

Nilai ( $T_m$ ) menunjukkan temperatur rata-rata bulanan yang diperoleh dari data klimatologi. Nilai ( $ET$ ) merupakan evapotranspirasi acuan harian yang dihitung menggunakan persamaan Penman-Monteith, sedangkan nilai ( $ET$ ) diperoleh dari konversi evapotranspirasi harian ke satuan cm per bulan berdasarkan jumlah hari pada masing-masing bulan. Nilai evapotranspirasi tersebut digunakan dalam analisis hidrologi untuk merepresentasikan kehilangan air ke atmosfer akibat proses evaporasi dan transpirasi tanaman, sebagaimana diuraikan oleh Bambang Triatmodjo (2008) dan Suripin (2004).

Tabel 8. Perhitungan evapotranspirasi bulanan

Bulan	$T_m$ (°C)	I (mm/hari)	ET (cm)
Jan	26,8	4,2	11,5
Feb	27,0	4,5	11,9
Mar	27,3	4,8	12,4
Apr	27,5	5,0	12,8
Mei	27,7	5,3	13,2
Jun	27,9	5,5	13,6
Jul	28,1	5,8	14,1
Agt	28,3	6,0	14,5
Sep	28,0	5,7	13,9
Okt	27,8	5,3	13,3
Nov	27,3	4,8	12,5
Des	26,9	4,4	11,8

## 4. PEMBAHASAN

Saluran tersier pada kawasan Jalan Saribu Dolok, Kabupaten Simalungun berasal dari area permukiman dengan ukuran relatif kecil dan berfungsi mengalirkan limbah domestik dari aktivitas sehari-hari seperti mandi, mencuci, dan kegiatan rumah tangga lainnya. Aliran tersebut kemudian diteruskan menuju saluran sekunder di sepanjang Jalan Saribu Dolok yang berperan sebagai saluran utama. Sistem drainase ini menyebabkan adanya aliran dasar yang berlangsung terus-menerus meskipun tidak terjadi hujan. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, dimensi saluran memiliki variasi lebar antara 0,75 m sampai 1,5 m dengan kedalaman berkisar 0,12 m hingga 0,87 m. Perbedaan ukuran tersebut menunjukkan kapasitas saluran yang tidak seragam pada setiap segmen. Jika dibandingkan dengan saluran sekunder di kawasan lain

dengan karakteristik serupa, ukuran tersebut masih tergolong terbatas dalam menampung debit gabungan. Selain itu, ditemukan endapan sedimen dengan ketebalan sekitar 0,15 m hingga 0,40 m pada beberapa bagian saluran. Keberadaan sedimen tersebut mengurangi luas penampang efektif sehingga kapasitas aliran menjadi menurun.

Kondisi topografi di kawasan Jalan Saribu Dolok cenderung datar hingga landai sehingga laju aliran air menjadi lebih lambat. Kondisi ini meningkatkan potensi pengendapan sedimen pada dasar saluran. Penggunaan lahan di sekitar wilayah penelitian didominasi oleh permukaan kedap air seperti jalan beraspal dan bangunan, sehingga kemampuan infiltrasi tanah menjadi rendah. Akibatnya, sebagian



besar air hujan berubah menjadi limpasan permukaan yang langsung masuk ke saluran drainase. Keadaan tersebut sesuai dengan karakteristik kawasan perkotaan yang mengalami peningkatan limpasan akibat perubahan tata guna lahan. Analisis curah hujan rencana menggunakan metode Log Pearson Type III menunjukkan adanya peningkatan curah hujan pada setiap periode ulang. Nilai curah hujan rencana tercatat mencapai 668,5 mm pada periode 10 tahun dan meningkat menjadi 890,5 mm pada periode ulang 100 tahun. Perbedaan nilai intensitas hujan dapat dipengaruhi oleh metode analisis, lokasi stasiun hujan, serta data yang digunakan dalam perhitungan.

Hasil proyeksi jumlah penduduk menunjukkan adanya peningkatan pada setiap periode perencanaan. Pertumbuhan jumlah penduduk tersebut berdampak langsung terhadap peningkatan debit limbah cair domestik yang masuk ke sistem drainase. Debit limbah domestik menjadi salah satu komponen utama dalam pembentukan debit total saluran. Perhitungan debit limpasan menggunakan metode rasional memperlihatkan bahwa intensitas hujan, koefisien limpasan, dan luas daerah tangkapan sangat memengaruhi besarnya debit limpasan. Tingginya nilai koefisien limpasan disebabkan oleh dominasi permukaan kedap air sehingga air hujan lebih banyak menjadi aliran permukaan dibandingkan meresap ke dalam tanah. Debit limpasan kemudian bergabung dengan debit limbah domestik dan menghasilkan debit total yang mengalir pada saluran drainase. Sementara itu, nilai evapotranspirasi cenderung stabil sehingga

Kinerja saluran drainase juga dipengaruhi oleh kondisi fisik saluran, terutama adanya sedimentasi pada dasar saluran. Endapan sedimen mengurangi luas penampang efektif sehingga kemampuan saluran dalam mengalirkan air menjadi berkurang. Kondisi topografi yang relatif landai menyebabkan kecepatan aliran rendah dan mempercepat proses pengendapan material di dalam saluran. Apabila kondisi ini tidak ditangani, maka kapasitas saluran dapat terus menurun terutama

pengaruhnya terhadap debit total relatif kecil dibandingkan limpasan hujan dan limbah domestik.

Berdasarkan hasil evaluasi antara debit banjir rencana dan kapasitas saluran drainase di Jalan Saribu Dolok, diperoleh bahwa debit rencana mengalami peningkatan seiring bertambahnya periode ulang hujan. Pada periode ulang 2 hingga 25 tahun, nilai debit rencana masih berada di bawah kapasitas saluran sehingga drainase masih mampu menampung aliran yang terjadi. Namun pada periode ulang 100 tahun, nilai debit rencana mulai mendekati kapasitas saluran sehingga menunjukkan adanya potensi penurunan kinerja drainase ketika terjadi hujan ekstrem. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kapasitas saluran masih mampu melayani debit aliran pada periode tertentu, tetapi memiliki keterbatasan apabila terjadi peningkatan debit yang lebih besar.

Meningkatnya debit rencana dipengaruhi oleh kenaikan intensitas hujan pada setiap periode ulang. Intensitas hujan yang semakin tinggi menyebabkan limpasan permukaan meningkat. Selain itu, kondisi tata guna lahan di kawasan Jalan Saribu Dolok yang didominasi permukaan kedap air menyebabkan air hujan tidak banyak mengalami infiltrasi dan langsung mengalir menuju saluran. Kontribusi limbah cair domestik dari aktivitas masyarakat juga menambah debit aliran dalam drainase. Kombinasi antara limpasan hujan dan limbah domestik menyebabkan debit total semakin besar dan mendekati kapasitas maksimum saluran.

ketika debit aliran mendekati kapasitas maksimum. Oleh karena itu, diperlukan upaya penanganan seperti normalisasi saluran secara berkala dan pengelolaan limpasan permukaan agar sistem drainase di Jalan Saribu Dolok tetap berfungsi secara optimal dalam jangka panjang.

**Tabel 9. Evaluasi debit banjir rencana terhadap kapasitas saluran drainase**

Periode (Tahun)	Tahun	Qrencana (m <sup>3</sup> /det)	Qdrainase (m <sup>3</sup> /det)	Keterangan
2	2026	0,111	0,830	Memenuhi
5	2029	0,132	0,830	Memenuhi
10	2034	0,142	0,830	Memenuhi
25	2049	0,152	0,830	Memenuhi
100	2124	0,163	0,830	Memenuhi



## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian evaluasi kapasitas saluran drainase di Jalan Saribu Dolok, Kabupaten Simalungun, dapat disimpulkan bahwa peningkatan pertumbuhan penduduk dan aktivitas domestik berkontribusi terhadap eskalasi debit limpasan hujan serta limbah cair domestik yang masuk ke sistem drainase. Proyeksi jumlah penduduk mengindikasikan peningkatan populasi pada setiap periode perencanaan, yang secara langsung menyebabkan kenaikan debit limbah cair domestik dari tahun ke tahun.

Analisis curah hujan menunjukkan bahwa nilai curah hujan rencana meningkat seiring periode ulang. Metode Log Pearson Tipe III menghasilkan nilai curah hujan tertinggi pada periode ulang panjang, sehingga dinilai paling representatif dalam merepresentasikan kondisi hujan ekstrem di wilayah penelitian. Kondisi ini menandakan potensi peningkatan debit limpasan yang perlu diantisipasi oleh sistem drainase eksisting.

Hasil evaluasi kapasitas saluran mengindikasikan bahwa beberapa segmen mengalami penurunan kapasitas akibat sedimentasi, penyempitan penampang, serta masuknya limbah domestik. Meskipun sebagian segmen masih mampu menampung debit total, terdapat bagian saluran yang berpotensi mengalami degradasi kinerja, khususnya pada kondisi hujan intensitas tinggi. Oleh karena itu, diperlukan pemeliharaan dan peningkatan kapasitas saluran guna memastikan sistem drainase berfungsi optimal dalam menampung limpasan hujan dan limbah cair domestik secara simultan.

Penelitian ini menegaskan bahwa evaluasi sistem drainase harus dilakukan secara terintegrasi dengan mempertimbangkan aspek hidrologi, limbah domestik, dan sedimentasi agar analisis lebih mencerminkan kondisi aktual di lapangan. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar pengembangan sistem drainase yang lebih efektif dan berkelanjutan di Jalan Saribu Dolok serta wilayah dengan karakteristik serupa.

## SARAN

Berdasarkan hasil penelitian evaluasi kapasitas saluran drainase di Jalan Saribu Dolok, Kabupaten Simalungun, terdapat beberapa rekomendasi untuk meningkatkan kinerja sistem drainase di wilayah penelitian.

1. Pemerintah daerah disarankan melakukan pemeliharaan saluran drainase secara rutin, khususnya pada segmen dengan sedimentasi dan penyempitan penampang. Kegiatan normalisasi, seperti pengerukan sedimen dan pembersihan sampah, perlu dilaksanakan berkala guna mempertahankan kapasitas aliran optimal.
2. Diperlukan peningkatan kapasitas saluran pada titik-titik yang berpotensi tidak memadai menampung debit total limpasan hujan dan limbah cair domestik, terutama pada periode ulang hujan panjang. Upaya ini dapat direalisasikan melalui pelebaran atau pendalaman saluran berdasarkan kebutuhan teknis lapangan.
3. Masyarakat sekitar diimbau untuk lebih memperhatikan pengelolaan limbah domestik dan menghindari pembuangan sampah serta limbah cair langsung ke saluran drainase, karena hal tersebut mempercepat sedimentasi dan menurunkan kapasitas aliran.
4. Pada perencanaan drainase mendatang, analisis disarankan tidak hanya memfokuskan pada debit limpasan hujan, tetapi juga mengintegrasikan kontribusi limbah cair domestik serta faktor sedimentasi, sehingga evaluasi lebih selaras dengan kondisi aktual di lapangan.
5. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan analisis menggunakan simulasi hidrolika berbasis perangkat lunak, memperluas cakupan wilayah penelitian, serta mempertimbangkan pengaruh perubahan tata guna lahan dan perubahan iklim terhadap sistem drainase di masa mendatang. .



#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Wilayah I Medan 2023, *Data Curah Hujan Tahun 2014–2023*, BMKG, Medan.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Simalungun 2021, *Kabupaten Simalungun Dalam Angka*, BPS, Simalungun.
- Gunawan, H. *et al.* 2021, *Evaluasi Drainase Kecamatan Garum, Jawa Timur*, Jawa Timur.
- Irawan, R. 2020, *Kajian Kapasitas Drainase Desa Kasang, Riau*, Riau.
- Junianis *et al.* 2024, *Kajian Drainase Desa Loki Kabupaten Maluku Tengah*, Maluku Tengah.
- Jupriariyadi 2014, *Evaluasi Saluran Drainase Perumahan Harmony Residence Surakarta*, Surakarta.
- Maruapey, A. *et al.* 2024, *Analisis Kapasitas Saluran Drainase di Jalan Wolter Monginsidi Ambon*, Ambon.
- Nofrizal 2017, *Analisis Sistem Drainase Perumahan Neverity Residence Padang*, Padang.
- Parse, F. 2019, *Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase dalam Menampung Debit Limpasan di Desa Petapahan, Riau*, Riau.
- Soewarno 1995, *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*, Nova, Bandung.
- Suripin 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Suryanto, B. *et al.* 2022, *Analisis Debit Limpasan pada Saluran Drainase Jalan Sukowati*, Sukowati.
- Triatmodjo, B. 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Universitas Medan Area Repository 2020, *Analisis Kapasitas Saluran Drainase Kawasan Perkotaan*, UMA Repository, Medan.
- Universitas Sumatera Utara Repository 2021, *Evaluasi Sistem Drainase dan Pengendalian Banjir*, USU Repository, Medan.