



Optimalisasi Kinerja Saluran Drainase Studi Kasus Daerah Kelurahan Petisah Hulu, Medan Melalui Evaluasi Teknis

Rumilla Harahap^{1*}, Seny Climenty Siagian², Edwart Samuel Gaby Siahaan³, Rizky Simanjuntak⁴, Wisnu Prayogo⁵

Program Studi Manajemen Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Kota Medan, Indonesia

Email: rumillaharahap@unimed.ac.id¹, seny.5252520024@mhs.unimed.ac.id²,

edwartsam.5253220001@mhs.unimed.ac.id³, rizkysmnjntk@unimed.ac.id⁴, wisnuprayogo@unimed.ac.id⁵

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menilai efektivitas sistem drainase di kawasan urban Kelurahan Petisah Hulu dalam mengurangi risiko banjir yang disebabkan oleh tingginya curah hujan dan perubahan fungsi lahan yang cepat. Analisis hidrologi dilakukan dengan memanfaatkan distribusi Log Pearson Tipe III untuk menghitung curah hujan rancangan, sedangkan kapasitas saluran yang ada saat ini dianalisis menggunakan metode rasional. Berdasarkan evaluasi teknis dalam Laporan Akhir Inventarisasi Saluran Terbuka MUDP (Medan Urban Drainage Plan), hasil penelitian menunjukkan adanya tingkat kerawanan banjir yang sangat tinggi. Ditemukan bahwa 58,4% dari total panjang saluran tidak memenuhi kriteria ambang batas aman (freeboard < 30 cm) terhadap debit banjir rancangan. Penumpukan limpasan permukaan serta limbah domestik menyebabkan kapasitas berlebih sebesar 41,6% di titik-titik kritis, khususnya pada ruas Jalan Gajah Mada dan Jalan S. Parman yang mengalir ke Sungai Babura. Penurunan kinerja ini secara signifikan dipengaruhi oleh ukuran yang tidak memadai.

Kata Kunci: Sistem Drainase; Banjir; Log Pearson Tipe III; Hidrologi.

ABSTRACT

This study aims to assess the effectiveness of the drainage system in the urban area of Petisah Hulu Village in reducing the risk of flooding caused by high rainfall and rapid land use changes. Hydrological analysis was conducted using the Log Pearson Type III distribution to calculate the design rainfall, while the existing channel capacity was analyzed using the rational method. Based on the technical evaluation in the Final Report of the Medan Urban Drainage Plan (MUDP) Open Channel Inventory, the results of the study indicate a very high level of flood vulnerability. It was found that 58.4% of the total channel length did not meet the safety threshold criteria (freeboard < 30 cm) for the design flood discharge. The accumulation of surface runoff and domestic waste caused excess capacity of 41.6% at critical points, especially on Jalan Gajah Mada and Jalan S. Parman which flow into the Babura River. This decline in performance was significantly influenced by inadequate measurements.

Keywords: Drainage System; Flood; Log Pearson Type III; Hydrology.

1. PENDAHULUAN

Drainase adalah suatu sistem yang dirancang secara teknis untuk menyalurkan air hujan dari permukaan tanah menuju badan air penerima (seperti sungai atau laut) melalui saluran terbuka maupun tertutup (Tiorma Elita Saragi, dkk., 2022). Pertumbuhan area perkotaan dan perkembangan industri memberikan dampak besar terhadap siklus hidrologi yang memengaruhi sistem drainase kota. Oleh karena itu, setiap pertumbuhan kota harus disertai dengan pengembangan sistem drainase yang memadai. Pengembangan ini tidak hanya dilakukan pada lokasi baru, tetapi juga harus mencakup area di sekitarnya (Indirwan, 2021).

Urbanisasi yang pesat di berbagai kota Indonesia menghasilkan perubahan signifikan dalam penggunaan lahan. Lahan yang sebelumnya berfungsi sebagai kawasan resapan alami kini telah beralih menjadi area terbangun, seperti permukiman padat, pusat belanja, dan infrastruktur transportasi (Gunawan dkk., 2021). Perubahan ini menyebabkan peningkatan koefisien limpasan, di mana air hujan tidak lagi bisa meresap ke tanah, melainkan mengalir cepat di permukaan menuju saluran pembuangan. Situasi ini semakin parah akibat perubahan iklim global yang menghasilkan cuaca anomali dengan hujan intens yang berlangsung singkat. Masalah drainase di jalan raya di Indonesia, seperti yang terlihat di Jalan Wolter Monginsidi di Kota Ambon (Maruapey dkk., 2024) dan Jalan A. H Nasution di Tasikmalaya (Lindawati dkk., 2021), menunjukkan pola serupa: saluran yang ada tidak mampu menampung aliran maksimal. Selain masalah kapasitas fisik, pemeliharaan juga menjadi perhatian penting. Kumulasi sedimen yang tinggi, pertumbuhan gulma, dan penyumbatan oleh sampah sering kali terjadi, yang secara signifikan mengurangi efisiensi aliran (Kinanthi dan Mahardi, 2023). Genangan yang terjadi secara berulang tidak hanya mengganggu arus lalu lintas dan mobilitas ekonomi, tetapi juga mempercepat kerusakan struktural pada permukaan jalan, yang pada gilirannya dapat membebani anggaran pemeliharaan infrastruktur daerah.

Walaupun banyak penelitian telah dilakukan mengenai evaluasi drainase, sebagian besar dari penelitian tersebut memiliki batasan dalam hal metodologi dan ruang lingkup analisis. Banyak evaluasi yang hanya menggunakan pendekatan hidrologi statis dengan Metode Rasional tanpa mempertimbangkan dinamika aliran yang bersifat tidak tetap di sepanjang jalur pipa atau saluran yang saling terhubung (Andrianto dkk., 2021). Selain itu, seringkali terdapat kurangnya perhatian terhadap dampak air limbah rumah tangga yang masuk ke jaringan drainase. Kenyataannya, banyak saluran drainase di daerah perkotaan berfungsi sebagai sistem campuran yang menangani aliran hujan serta limbah domestik (Pasaribu dkk., 2023). Kekurangan dalam penelitian juga terlihat dari minimnya integrasi antara analisis teknis saluran dengan solusi konservasi air tanah. Sebagian besar rekomendasi penelitian lebih mementingkan peningkatan ukuran saluran untuk membuang air secepat mungkin ke

badan air penerima, tanpa memperhatikan prinsip drainase yang berkelanjutan seperti penggunaan sumur resapan atau kolam retensi (Gunawan dkk. , 2021). Selain itu, terdapat kebutuhan mendesak untuk memverifikasi hasil perhitungan manual dengan pemodelan digital yang lebih akurat untuk mengurangi kesalahan desain yang berpotensi menyebabkan kegagalan konstruksi di masa depan (Nursella dan Ariyanto, 2025).

Penelitian ini menawarkan nilai baru dengan menerapkan pendekatan evaluasi menyeluruh yang menggabungkan data hidrologi lapangan dan teknologi pemodelan EPA SWMM 5. 1/5. 2. Dengan memanfaatkan perangkat lunak ini, analisis terhadap perilaku air di masing-masing simpul dan saluran menjadi lebih akurat, sehingga lokasi-lokasi luapan dapat dikenali secara visual dan kuantitatif (Fitriyadi dan Permana, 2024). Berbeda dari studi konvensional, penelitian ini juga menambahkan variabel sedimentasi dan aliran air limbah rumah tangga sebagai parameter tambahan dalam penghitungan kapasitas, mencerminkan kondisi nyata di lapangan (Maruapey dkk. , 2024). Selain itu, pembaruan penelitian ini terletak pada usulan solusi terintegrasi; bukan hanya sekadar mengganti material saluran dengan U-ditch pracetak (Kinanthi dan Mahardi, 2023), tetapi juga mencakup perencanaan sumur resapan untuk mempertahankan keseimbangan hidrologi di area tersebut (Gunawan dkk. , 2021). Pendekatan ini mengarah pada peralihan dari sistem drainase klasik ke sistem yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Tujuan utama dari studi ini adalah untuk melakukan audit teknis dan penilaian fungsional terhadap sistem drainase di lokasi yang diteliti untuk mengatasi permasalahan genangan secara permanen. Secara rinci, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik hidrologi kawasan guna menetapkan debit banjir rancangan pada periode ulang 2, 5, dan 10 tahun, yang selanjutnya diintegrasikan dengan evaluasi kapasitas hidrolis saluran saat ini dalam menampung total beban aliran. Untuk memperoleh proyeksi spasial yang presisi, studi ini mengaplikasikan simulasi pemodelan hidrodinamika berbasis EPA SWMM guna memetakan distribusi aliran dan mengidentifikasi titik-titik spesifik yang rentan mengalami luapan. Berdasarkan hasil pemodelan tersebut, penelitian merumuskan rekomendasi teknis strategis termasuk optimasi dimensi saluran dan perencanaan fasilitas pengendali limpasan tambahan yang dirancang agar adaptif terhadap perubahan tata guna lahan di masa depan

Penelitian ini diharapkan bisa memberikan manfaat positif bagi berbagai pihak. Di bidang akademis, studi ini memperkaya sumber literatur mengenai penerapan teknologi informasi dalam teknik sipil, khususnya pengelolaan sumber daya air. Untuk pemerintah daerah dan instansi terkait, hasil penelitian ini bisa dijadikan acuan akademis atau dasar teknis dalam perumusan kebijakan perencanaan infrastruktur kota yang lebih tahan terhadap risiko banjir (Saragi dkk., 2021). Di sisi lain, dari segi sosial, peningkatan sistem drainase yang tepat bisa meningkatkan kualitas lingkungan permukiman,

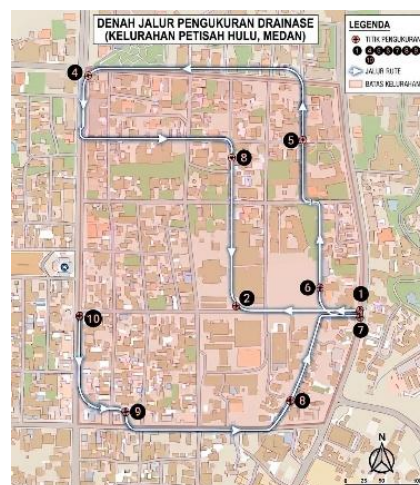
mengurangi potensi kerugian ekonomi akibat banjir, dan mendukung keberlangsungan infrastruktur jalan dalam jangka panjang (Nursella & Ariyanto, 2025).

2. METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Waktu kegiatan observasi ini dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Lokasi drainase yang menjadi objek penelitian berlokasi dikelurahan Petisah Hulu, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara. Lokasi sepanjang jalan tidak dikategorikan aman apabila curah hujan sedang dan tinggi. Terutama pada bulan hujan (Agustus sampai Desember). Penelitian ini dilakukan pada kawasan Kelurahan Petisah Hulu, Kecamatan Medan Petisah, Kota Medan. Wilayah penelitian berada di sekitar Jl. Gajah Mada, Jl. Hasanuddin, Jl. DR. TD Pardede, dan Jl. Iskandar Muda. Kawasan ini merupakan wilayah permukiman padat dengan aktivitas perkotaan yang cukup tinggi sehingga membutuhkan sistem drainase yang baik untuk mengalirkan air hujan dan limpasan permukaan. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan aplikasi pemetaan digital, luas wilayah penelitian sekitar 306.705,78 m² dengan keliling wilayah sekitar 4.237,22 meter. Sistem drainase pada wilayah ini sebagian besar berupa saluran terbuka yang berada di sepanjang sisi jalan.

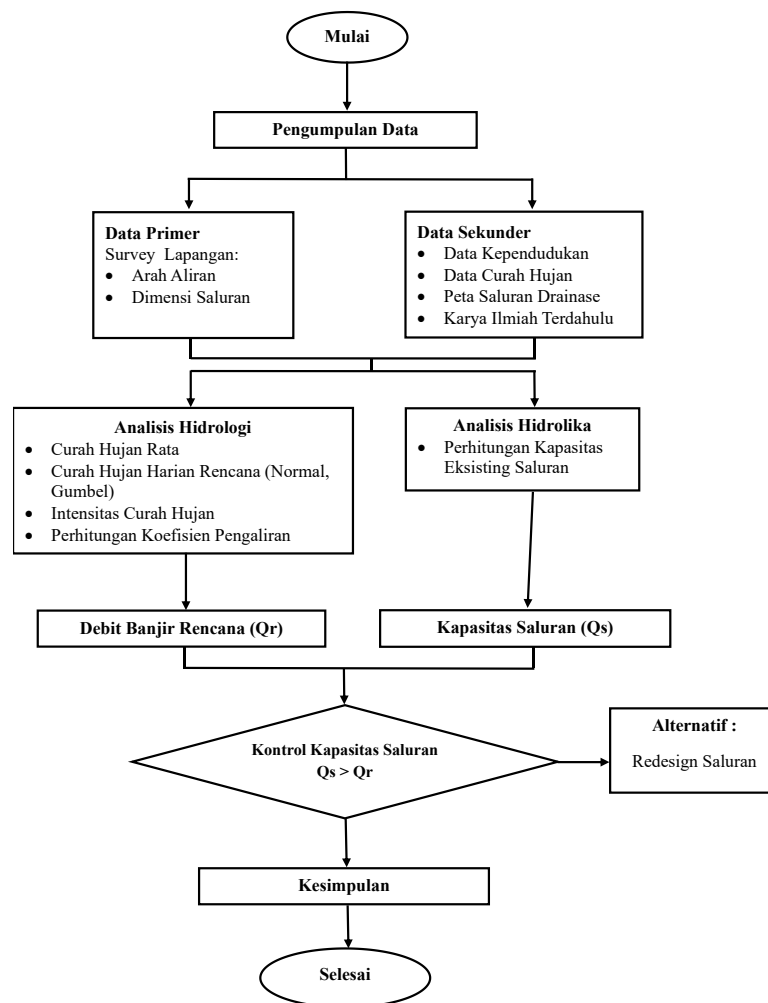
Peta lokasi penelitian digunakan untuk menunjukkan batas wilayah penelitian serta lokasi titik pengamatan saluran drainase. Peta ini diperoleh melalui aplikasi pemetaan berbasis GPS dan digunakan untuk mempermudah identifikasi lokasi penelitian. Pada Gambar 1 garis yang berwarna berikut merupakan Jalan dengan saluran drainase yang dipilih sebagai rute objek penelitian ini.



Gambar 1. Denah Penelitian Drainase

2.2 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis mulai dari identifikasi masalah hingga penarikan kesimpulan. Tahapan penelitian meliputi identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, analisis hidrologi, dan evaluasi sistem drainase. Pada Gambar 2 ini mengilustrasikan prinsip kerja Sistem Drainase Terpadu di mana air tidak hanya dibuang melalui pipa (drainase konvensional), tetapi juga dikelola melalui proses infiltrasi pada area hijau untuk menjaga keseimbangan siklus hidrologi perkotaan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.3 Analisis Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk ini dilakukan dengan metode pertumbuhan geometrik untuk memprediksi total populasi pada tahun rencana. Perhitungan ini didasarkan pada persamaan (1) yang melibatkan jumlah penduduk awal, laju pertumbuhan tahunan, dan jangka waktu proyeksi. Hasil analisis dapat menjadi data acuan dalam menentukan besarnya beban kebutuhan atau kapasitas infrastruktur yang akan direncanakan.

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

Keterangan :

- P_n : Jumlah penduduk pada tahun ke - n (jiwa). Ini adalah hasil proyeksi yang ingin dicari.
- P_0 : Jumlah penduduk pada tahun awal atau tahun dasar penentuan (jiwa).
- r : Laju pertumbuhan penduduk per tahun (dalam bentuk desimal, misalnya 2%
- n : Jangka waktu proyeksi dalam satuan tahun (selisih antara tahun proyeksi dengan tahun dasar).

2.4 Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan dilakukan untuk menetapkan nilai curah hujan rencana dengan menerapkan metode distribusi Log Pearson III. Perhitungan ini didasarkan pada persamaan (2) yang mengintegrasikan rata-rata curah hujan maksimum, standar deviasi. Melalui pendekatan statistik ini, besarnya intensitas hujan yang diprediksi terjadi dalam periode ulang tertentu dapat ditentukan secara akurat untuk kebutuhan desain teknis.

$$\text{Log}X_T = \text{Log}\bar{X} + (K \cdot S_{\text{Log}X}) \quad (2)$$

Keterangan:

- $\text{Log} X_T$: Nilai logaritma curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun.
- $\text{Log} \bar{X}$: Nilai rata-rata dari data curah hujan maksimum tahunan (mm).
- $S_{\text{Log}x}$: Standar deviasi (simpangan baku) dari data curah hujan tersebut. Nilai ini menunjukkan seberapa besar persebaran data terhadap nilai rata-ratanya.
- K : Faktor frekuensi Log Pearson Tipe III (nilainya ditentukan berdasarkan koefisien kemiringan G dan peluang periode ulang).

2.5 Analisis Runoff

Perhitungan limpasan permukaan dilakukan menggunakan metode rasional. Analisis limpasan permukaan (*runoff*) dihitung dengan metode rasional dengan tujuan menentukan seberapa besarnya beban air yang mengalir di permukaan tanah. Rumus yang diterapkan adalah pada persamaan (3), di mana angka 0,278 sebagai konstanta konversi satuan untuk mendapatkan hasil debit dalam satuan metrik. Komponen pendukung dalam persamaan ini meliputi karakteristik tata guna lahan, intensitas hujan rencana, serta dimensi wilayah cakupan drainase.

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A \quad (3)$$

Keterangan:

- Q*** : Debit banjir rencana atau debit limpasan permukaan ($m^3/detik$).
0.278 : Konstanta konversi satuan agar hasil akhir menjadi ($m^3/detik$).
C : Koefisien limpasan (nilai antara 0–1) yang menunjukkan persentase air hujan yang mengalir di permukaan tanah tanpa terinfiltrasi.
I : Intensitas curah hujan selama durasi waktu tertentu (mm/jam).
A : Luas daerah tangkapan hujan atau cakupan wilayah penelitian (km^2).

2.6 Analisis Timbulan Sedimen

Analisis sedimen ini dilakukan untuk menentukan besarnya volume endapan yang terakumulasi pada saluran drainase secara akurat. Perhitungan ini dilakukan untuk mengalikan luas penampang endapan terhadap panjang total dari ruas saluran yang ditinjau. Dari hasil evaluasi tersebut dapat menjadi parameter penting dalam menentukan tingkat penurunan kapasitas tampung saluran akibat sedimentasi. Persamaan (4) digunakan untuk menghitung Volume Sedimen (endapan) yang mengendap di dalam saluran.

$$V = A \times L \quad (4)$$

Keterangan :

- V*** : Volume sedimen atau endapan dalam saluran (m^3)
A : Luas penampang endapan/sedimen (m^2)
*(Luas ini didapat dari perkalian antara lebar saluran (*B*) dengan tebal/tinggi endapan (d_s))*
L : Panjang saluran yang ditinjau (m).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

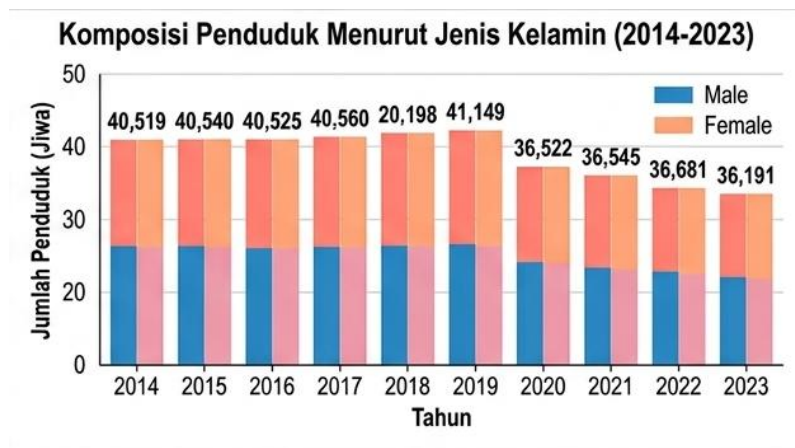
3.1 Kondisi Saat Ini Saluran Drainase Kelurahan Petisah Hulu

Data kondisi saluran drainase diperoleh melalui survey lapangan secara langsung. Pengukuran dilakukan pada beberapa segmen saluran untuk mengetahui dimensi saluran serta kondisi sedimen yang terdapat pada saluran. Tabel 1 memaparkan mengenai hasil pengukuran kondisi saat ini saluran. Volume sedimen dihitung dengan cara mengalikan luas penampang sedimen dalam meter persegi dengan panjang segmen saluran dalam meter. Hasil analisis menunjukkan perbedaan volume yang cukup besar, kondisi ini menunjukkan adanya penumpukan bahan padat yang bisa mengurangi kemampuan saluran untuk menampung air di bagian tersebut.

Tabel 1. Data Kondisi Saluran Drainase

Titik	Lebar Alas	Lebar Atas	Panjang (L)	Tinggi	Tinggi Air	Volume Drainase m^3	Luas Sedimen (m^2) A	(Volume sedimen) $V = A \times L$ (m^3)
1	0.3	0.51	307	0.51	0.15	307,20655	0,012	3,684
2	0.4	1.05	339	0.8	0.10	339,58	0,016	5,424
3	0.4	0.85	420	1.0	0.07	421,625	0,008	3,36
4	0.6	0.8	588	1.1	0.10	588,77	0,048	28,224
5	0.9	1.0	686	0.5	0.10	686,475	0,045	30,87
6	0.8	1.1	420	1.6	0.00	421,52	0,008	3,36
7	0.35	1.1	101	1.15	0.07	101,83375	0,0105	1,0605
8	0.7	0.8	377	0.3	0.00	377,225	0,021	7,917
9	0.6	0.8	408	0.85	0.09	408,595	0,042	17,136
10	0.9	1.3	337	0.4	0.08	337,44	0,036	12,132

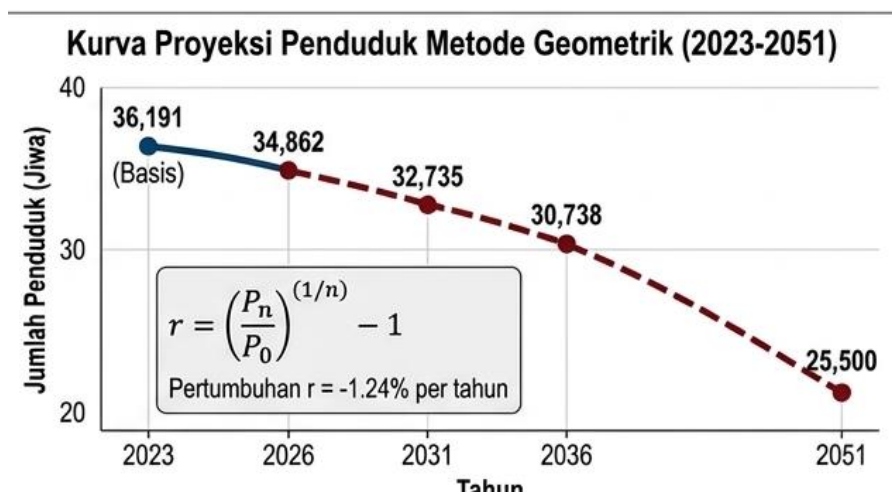
3.2 Analisis Proyeksi Penduduk



Gambar 3. Data Penduduk Kelurahan Petisah Hulu

Dari data penduduk diatas (Gambar 3), untuk mencari proyeksi data penduduk perlu memiliki persentase laju pertumbuhan penduduk (r). Perhitungan ini menggunakan rumus geometrik yang ditampilkan pada persamaan (5). Rumus ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan proyeksi jumlah penduduk. Kurva proyeksi penduduk metode geometrik tahun 2023–2051 disajikan pada Gambar 4.

$$\begin{aligned}
 r &= \left(\frac{P_n}{P_0}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 = \left(\frac{36.191}{40.519}\right)^{\frac{1}{9}} - 1 = (0,893)^{0,11} - 1 \\
 &= 0,987504 - 1 = - 1,24 \%/ \text{ tahun}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$



Gambar 4. Kurva Proyeksi Metode Geometrik

3.3 Analisis Curah Hujan Rencana

Tabel 2. Data Curah Hujan Kota Medan BPS Sumut

Bulan	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Januari	20	353	189	312	258	208	87	519	213	164
Februari	33	154	323	124	40	205	79	88	296	128
Maret	129	144	166	347	74	131	104	201	232	228
April	140	254	108	175	303	172	326	300	169	196
Mei	326	250	365	289	235	425	486	146	134	175
Juni	62	86	126	161	218	374	615	231	319	256
Juli	161	161	168	207	610	200	300	127	150	303
Agustus	206	199	284	262	138	131	196	378	514	586
September	266	234	590	540	369	388	336	287	243	598
Oktober	322	345	330	255	397	456	466	260	376	271
November	184	499	0*	179	279	292	337	494	526	190
Desember	299	124	181	338	260	319	397	174	321	326
Tahunan	2,148	2,803	2,83	3,19	3,181	3,301	3,729	3,205	3,495	3,424

Tabel 2 adalah basis data krusial untuk analisis hidrologi dalam penelitian ini. Tabel ini menyajikan fluktuasi curah hujan bulanan di Kota Medan selama periode 10 tahun (2014–2023). Data ini juga menggambarkan mengenai intensitas air yang jatuh ke permukaan tanah dalam rentang waktu satu dekade terakhir.

Tabel 3. Statistik Data Curah Hujan Maksimum Tahunan

No (m)	Tahun	Hujan Maks (Xi) (mm)	LogXi	(LogXi-LogX)2	(LogXi-LogX)3
1	2020	615	2.7889	0.0050	0.00035
2	2018	610	2.7853	0.0045	0.00030
3	2023	598	2.7767	0.0034	0.00020
4	2016	590	2.7709	0.0028	0.00014
5	2017	540	2.7324	0.0002	0.00000

No (m)	Tahun	Hujan Maks (Xi) (mm)	LogXi	(LogXi-LogX)2	(LogXi-LogX)3
6	2022	526	2.7210	0.0000	0.00000
7	2021	519	2.7152	0.0000	0.00000
8	2015	499	2.6981	0.0004	-0.00001
9	2019	456	2.6590	0.0035	-0.00021
10	2014	326	2.5132	0.0421	-0.00863
Jumlah		5279	27.1607	0.0619	-0.00786
Rata-rata		527.9	2.7161		

Tabel 3 merupakan bagian dari analisis frekuensi curah hujan yang berfungsi sebagai tahap awal dalam menentukan parameter statistik untuk perhitungan debit banjir rencana. Data tersebut dipersiapkan untuk diolah menggunakan metode distribusi probabilitas. Metode yang digunakan kemungkinan besar adalah Log Pearson Tipe III, mengingat adanya kolom pangkat tiga. Berdasarkan Tabel 3, parameter statistik untuk metode Log Pearson Tipe III adalah rata-rata log, standar deviasi log (persamaan (6)), dan koefisien kemiringan (persamaan (7)).

- **Rata-rata Log ($\overline{\text{Log}X}$) :** 2.7161
- **Standar Deviasi Log (S_{log}):**

$$S_{log} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n - 1}} \tag{6}$$

$$S_{log} = \sqrt{\frac{0.0619}{10 - 1}} = 0.0829$$

- **Koefisien Kemiringan (G) :**

$$G = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n - 1)(n - 2)(S_{log})^3} \tag{7}$$

$$G = \frac{10 \cdot (-0.00786)}{(9 \cdot 8 \cdot 0.0829^3)} = -1.91$$

Tabel 4. Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Tipe III

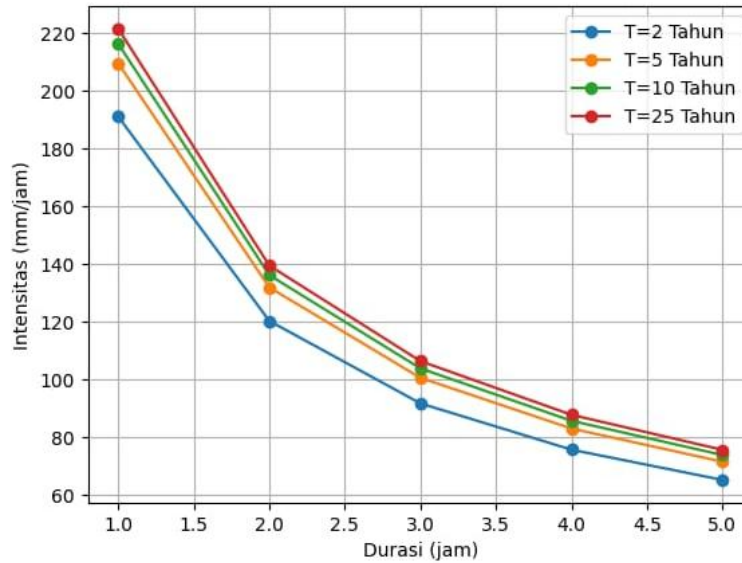
Periode Ulang (T)	Peluang (P)	Faktor Frekuensi (K)*	$\text{Log}X_T = \text{Log}X + (K \cdot S_{\text{log}})$	Hujan Rencana X_T (mm)
2 Tahun	0,50	0,299	$2,7161 + (0,299 \cdot 0,0829)$ $= 2,7409$	550,68
5 Tahun	0,20	0,782	$2,7161 + (0,782 \cdot 0,0829)$ $= 2,7809$	603,81
10 Tahun	0,10	0,948	$2,7161 + (0,948 \cdot 0,0829)$ $= 2,7947$	623,31
25 Tahun	0,04	1,073	$2,7161 + (1,073 \cdot 0,0829)$ $= 2,8051$	638,41

Tabel 4 merupakan hasil akhir dari analisis frekuensi curah hujan menggunakan Metode Log Pearson Tipe III. Tabel ini sangat krusial karena menyajikan nilai curah hujan rancangan X_T yang akan menjadi dasar beban hidrologi dalam perencanaan dimensi saluran drainase. Secara hidrologis, peningkatan nilai curah hujan yang berbanding lurus dengan lamanya periode ulang menunjukkan probabilitas kejadian hujan ekstrem yang lebih besar pada interval waktu yang lebih panjang.

Tabel 5. Intensitas Curah Hujan Rencana Rumus Mononobe

Durasi (t) (Jam)	$X_2=550,68\text{mm}$	$X_5=603,81\text{ mm}$	$X_{10}=623,31\text{ mm}$	$X_{25}=638,41\text{ mm}$
1	191,01	209,43	216,19	221,43
2	120,33	131,93	136,19	139,49
3	91,82	100,67	103,92	106,44
4	75,80	83,11	85,79	87,87
5	65,34	71,64	73,95	75,74

Berdasarkan hasil pengolahan data curah hujan pada Tabel 5 yang divisualisasikan melalui Gambar 5 (Kurva IDF), terdapat pola distribusi hujan di lokasi penelitian yang memiliki intensitas sangat tinggi pada durasi singkat. Hal ini dibuktikan oleh nilai intensitas pada kala ulang 25 tahun yang mencapai 221,43 mm/jam untuk durasi 1 jam. Tingginya angka intensitas ini menjelaskan mengapa saluran drainase saat ini sering kali mengalami *overload* (meluap), karena dimensi saluran saat ini tidak dirancang untuk mengakomodasi debit puncak dari karakteristik hujan ekstrem yang tergambar pada kurva IDF dibawah ini.



Gambar 5. Kurva Intensity-Duration-Frequency (IDF)

Berdasarkan hasil analisis kurva *Intensity-Duration-Frequency* (IDF), dapat disimpulkan bahwa karakteristik curah hujan di lokasi studi menunjukkan korelasi negatif non-linear di mana intensitas hujan akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya durasi hujan, yang mengindikasikan bahwa kejadian hujan singkat memiliki tingkat kekuatan intensitas yang lebih ekstrem. Secara kuantitatif, kurva ini juga memperlihatkan bahwa peningkatan periode ulang (T_{tahun}) berbanding lurus dengan peningkatan intensitas hujan, yang merepresentasikan risiko banjir dari hujan ekstrem yang langka terjadi. Pola distribusi ini mengonfirmasi konsistensi penggunaan metode Log Pearson Tipe III dalam analisis frekuensi hujan penelitian ini, yang secara akurat menggambarkan perilaku hidrologis wilayah untuk dasar perencanaan dimensi saluran drainase.

3.4 Analisis Kapasitas Efektif dan Perencanaan Optimalisasi Dimensi Saluran

Tabel 6. Analisis Kapasitas Efektif

Titik Saluran	A (Km ²)	Q (0,278×C×I×A) (m ³ /det)	Kapasitas Teoritis (m ³ /det)	Kapasitas Efektif (Qs)* (m ³ /det)	Rasio (Qs /Qrunoff)	Evaluasi	Dimensi Usulan (m) (B×H)	Keterangan
Saluran 1	0,0055	0,109	0.08	0.05	0.45	Tidak Aman	0,40 x 0,60	Redesain
Saluran 2	0,0042	0,083	0.11	0.07	0.84	Tidak Aman	0,40 x 0,60	Redesain
Saluran 3	0,0068	0,135	0.15	0.1	0.74	Tidak Aman	0,60 x 0,80	Redesain

Titik Saluran	A (Km ²)	Q (0,278×C×I×A)(m ³ /det)	Kapasitas Teoritis (m ³ /det)	Kapasitas Efektif (Qs)* (m ³ /det)	Rasio (Qs /Qrunoff)	Evaluasi	Dimensi Usulan (m) (B×H)	Keterangan
Saluran 4	0,0035	0,069	0.18	0.12	1.73	Aman	-	Normalisasi
Saluran 5	0,0072	0,143	0.22	0.15	1.04	Kritis	0,60 x 0,80	Redesain
Saluran 6	0,0048	0,095	0.21	0.14	1.47	Aman	-	Normalisasi
Saluran 7	0,0050	0,099	0.06	0.04	0.4	Tidak Aman	0,40 x 0,60	Redesain
Saluran 8	0,0061	0,121	0.19	0.13	1.07	Kritis	0,60 x 0,80	Redesain
Saluran 9	0,0039	0,077	0.16	0.11	1.42	Aman	-	Normalisasi
Saluran 10	0,0085	0,169	0.2	0.14	0.82	Tidak Aman	0,60 x 0,80	Redesain

Analisis debit banjir rencana (*runoff*) pada Tabel 6 dilakukan menggunakan Metode Rasional dengan menetapkan nilai koefisien pengaliran (*C*) sebesar 0,70 dan intensitas hujan (*I*) sebesar 102,15 mm/jam untuk sepuluh titik tinjauan. Hasil perhitungan pada Tabel 6 menunjukkan perbedaan signifikan antara kapasitas teoritis dan kapasitas efektif di lapangan. Meskipun secara geometri beberapa saluran terlihat besar, namun tingginya akumulasi sedimen serta adanya hambatan sampah menyebabkan kapasitas efektif saluran berkurang hingga 40%.

Kondisi ini menjelaskan mengapa Kelurahan Petisah Hulu tetap mengalami banjir meskipun secara kasat mata saluran terlihat masih memiliki ruang. Titik-titik dengan rasio < 1,00 (seperti Titik 1, 2, 3, 7, dan 10) dikategorikan sebagai "Tidak Aman" dan memerlukan redesain struktural. Sementara titik dengan rasio 1,00 - 1,10 dikategorikan sebagai "Kritis" karena tidak memiliki tinggi jagaan (*freeboard*) yang cukup untuk mengantisipasi lonjakan debit puncak.

1. Redesain Struktural: Untuk titik yang "Tidak Aman" dan "Kritis", diusulkan penggantian menjadi saluran persegi (U-Ditch) beton pracetak. Penggunaan beton akan meningkatkan kecepatan aliran (*flow velocity*) sehingga mengurangi potensi pengendapan sedimen di masa depan.
2. Normalisasi: Untuk titik yang masih "Aman", solusi difokuskan pada pembersihan sedimen total dan perbaikan dinding saluran yang rusak tanpa mengubah dimensi (efisiensi biaya).

3. Sistem Terpadu: Redesain ini harus disertai dengan pemasangan *trash rack* (bak kontrol sampah) pada titik-titik strategis untuk mencegah penurunan kapasitas efektif saluran secara drastis akibat sampah rumah tangga.

4. PENUTUP

Simpulan dan Saran

Berdasarkan Infrastruktur drainase di Kelurahan Petisah Hulu, khususnya pada ruas Jl. Gajah Mada hingga Jl. Iskandar Muda, saat ini dalam kondisi tidak andal karena tidak mampu menampung beban limpasan air hujan secara efektif. Hasil analisis menunjukkan bahwa debit limpasan puncak sebesar 0,169 m³/detik secara konsisten melampaui kapasitas saluran saat ini yang telah mengalami reduksi akibat dimensi penampang yang terlalu kecil serta akumulasi sedimen mencapai 30,87 m³. Sebagai solusi teknis, direkomendasikan optimalisasi melalui *redesign* menggunakan penampang U-Ditch pracetak dengan kapasitas minimal 0,20 m³/detik yang terintegrasi dengan pemasangan *trash rack* untuk kontrol sampah. Penerapan prinsip *eco-drainage* melalui sumur resapan dan biopori sangat disarankan sebagai upaya berkelanjutan dalam mereduksi beban debit puncak dan meningkatkan efisiensi sistem drainase di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto, Junaidi, A., & Irawan, B. B. (2021). Evaluasi jaringan drainase Kampus Universitas Dharma Andalas menggunakan software Storm Water Management Model. *Jurnal RIVET (Riset dan Inovasi Teknologi)*, 1(1), 71-78.
- Fitriyadi, A., & Permana, S. (2024). Evaluasi sistem drainase terhadap genangan air pada ruas jalan Malangbong-Wado di Kabupaten Garut. *Jurnal Teknik Sipil*, 20(2), 302-317.
- Gunawan, R. A., Sholichin, M., & Chandrasasi, D. (2021). Studi evaluasi dan perencanaan sistem drainase perkotaan di Kecamatan Garum Kabupaten Blitar Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), 429-440.
- Kinanthi, M. A., & Mahardi, P. (2023). Evaluasi sistem drainase jalan raya terhadap banjir (Studi kasus: Jl. Raya Tanggulangin, Kec. Tanggulangin, Kab. Sidoarjo, Jawa Timur). *MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi*, 1(2), 120-128.
- Lindawati, L., Irawan, P., & Nursani, R. (2021). Evaluasi sistem drainase dalam upaya pengurangan banjir di Jalan A.H Nasution Kota Tasikmalaya menggunakan program EPA SWMM 5.1. *Jurnal Siliwangi Seri Sains dan Teknologi*, 7(2), 51-58.

- Maruapey, S. J., Betaubun, R. J., & Jakob, J. C. (2024). Evaluasi saluran drainase Jalan Wolter Monginsidi Passo Kecamatan Baguala Kota Ambon. *KOLONI: Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 3(1), 116-122.
- Nursella, S., & Ariyanto, L. (2025). Evaluasi fungsi dan analisis kapasitas dimensi saluran drainase di kawasan permukiman Kota Bandar Lampung. *Jurnal Konstruksi*, 23(1), 1-12.
- Pasaribu, H. S. V., Sakinah, N., Marbun, H. S., Mulyana, R., Alvan, S., Panjaitan, N., Khairuni, Z. I., Ikhwal, M. F., & Prayogo, W. (2023). Evaluasi komprehensif saluran drainase di sepanjang jalan terpilih Kota Medan, Sumatera Utara. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 12(1), 138-147.
- Saragi, T. E., Saragi, Y. R., Zai, E. O., & Harefa, M. (2021). Analisis dan perencanaan sistem drainase Jalan Pelita 1 Kecamatan Medan Perjuangan Kota Medan. *Jurnal Visi Eksakta (JVIEKS)*, 2(1), 97-110.
- Saragi, T. E., Zai, E. O., & Siregar, H. F. (2021). *Studi evaluasi kinerja saluran drainase pada Jalan Perumnas Simalingkar Kota Medan dalam mengatasi debit puncak air (Studi kasus: Jalan Karet Raya Perumnas Simalingkar)* [Laporan Penelitian]. Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan.