

JURNAL KONSTRUKSI DAN INFRASTRUKTUR

Teknik Sipil dan Perencanaan

EVALUASI SISTEM DRAINASE DALAM PENGENDALIAN LIMPASAN PERMUKAAN DI KAWASAN PERMUKIMAN: METODE RASIONAL

Debby Syafriyandi^{1*}, Desty Aulia Maharani¹, Dafa Al-Ghifani¹, Vina Purwayanti¹, Wa Ode
Nurhaidar²

^{1*)} Program Studi Rekayasa Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Esa Unggul, Jakarta.

²⁾ Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Esa Unggul, Jakarta

Email Penulis Korespondensi : debby.syafriyandi@esaunggul.ac.id

Nomor HP Penulis Korespondensi : 081262629730

ABSTRACT

The development of residential areas, characterized by an increase in impervious surfaces, can intensify surface runoff and increase the hydrological load on drainage systems. This condition may cause inundation when the drainage channel capacity is insufficient to convey the resulting runoff discharge. This study aims to evaluate the capacity of the existing drainage channels against the design discharge in Graha Harapan Regency Residential Area, Babelan District, Bekasi Regency. The analysis was conducted using hydrological and hydraulic approaches based on 20 years of annual maximum rainfall data. Frequency analysis was performed using the Log Pearson Type III distribution and tested using the Smirnov–Kolmogorov and Chi-Square methods. Rainfall intensity was calculated using the Mononobe equation, while the design discharge was estimated using the Rational Method. The capacity of the existing drainage channels was analyzed using Manning's equation based on cross-sectional dimensions obtained from field surveys. The results indicate that the 25-year return period design rainfall is 195 mm/day. The design discharges for Channel 1 and Channel 2 were 0.146 m³/s and 0.147 m³/s, respectively, while their existing capacities were 0.1485 m³/s and 0.3222 m³/s, respectively. The comparison results show that the capacities of both channels exceed the corresponding design discharges, indicating that hydraulically, both channels are still capable of accommodating the 25-year return period design rainfall. However, the capacity margin of Channel 1 relative to its design discharge is relatively small. These findings indicate that cross-sectional capacity evaluation should be complemented by an assessment of the physical condition and connectivity of the drainage network to provide a more comprehensive explanation of potential inundation.

Keywords: *design discharge, Log Pearson Type III, residential drainage, rational Method, surface runoff*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan kawasan permukiman menyebabkan perubahan karakteristik permukaan lahan dari permukaan alami menjadi permukaan terbangun yang relatif kedap air. Perubahan tersebut dapat mengurangi infiltrasi dan meningkatkan limpasan permukaan ketika terjadi hujan, karena peningkatan luas permukaan kedap air mengurangi kemampuan tanah dalam meresapkan air hujan dan meningkatkan volume limpasan [1], [2]. Apabila peningkatan limpasan tidak diimbangi dengan kapasitas sistem drainase yang memadai, air dapat terakumulasi pada permukaan dan menimbulkan genangan atau banjir yang dapat mengganggu aktivitas masyarakat serta memberikan dampak negatif terhadap lingkungan perkotaan [3], [4].

Sistem drainase merupakan bagian penting dari infrastruktur kawasan yang berfungsi mengumpulkan dan mengalirkan kelebihan air hujan dari suatu daerah tangkapan menuju badan atau jaringan penerima. Kinerja sistem drainase dipengaruhi oleh karakteristik hujan, luas daerah tangkapan, tata guna lahan, karakteristik limpasan, dimensi saluran, kemiringan dasar, kekasaran saluran, serta kondisi jaringan drainase secara keseluruhan. Oleh karena itu, evaluasi sistem drainase perlu dilakukan melalui keterkaitan antara analisis hidrologi dan hidraulika, sehingga debit limpasan yang dihasilkan dari suatu kejadian hujan dapat dibandingkan secara kuantitatif dengan kapasitas sistem drainase yang tersedia [5], [6].

Penelitian mengenai evaluasi drainase umumnya menggunakan perbandingan antara debit rencana dan kapasitas saluran sebagai salah satu dasar untuk menentukan tingkat kecukupan saluran. Analisis hidrologi digunakan untuk memperoleh hujan rancangan dan debit limpasan, sedangkan analisis hidraulika digunakan untuk menentukan kapasitas saluran berdasarkan karakteristik geometrinya dan kondisi aliran. Pendekatan terintegrasi tersebut dapat memberikan informasi mengenai kemampuan penampang saluran dalam mengalirkan debit rencana [6].

Namun, evaluasi yang hanya didasarkan pada kapasitas teoritis penampang belum selalu mampu menjelaskan permasalahan genangan pada suatu kawasan. Genangan dapat tetap terjadi ketika kapasitas saluran secara teoritis mencukupi apabila terdapat keterbatasan pada komponen lain dalam sistem, seperti penyumbatan inlet, sedimentasi, akumulasi sampah, atau keterbatasan dan kondisi terendam pada outlet. Penelitian eksperimental menunjukkan bahwa penyumbatan inlet dapat menurunkan kapasitas masuk air ke sistem drainase dan meningkatkan potensi genangan, sedangkan kondisi outlet yang terendam juga dapat menurunkan kinerja jaringan drainase secara keseluruhan [7].

Kondisi tersebut relevan pada kawasan Perumahan Graha Harapan Regency, Kecamatan Babelan, Kabupaten Bekasi. Kawasan ini berkembang sebagai lingkungan permukiman dengan tingkat kepadatan bangunan yang relatif tinggi dan didominasi permukaan kedap air berupa bangunan, jalan lingkungan, serta area berpaving. Berdasarkan pengamatan pada lokasi penelitian, kawasan tersebut mengalami permasalahan genangan pada musim hujan. Kondisi ini menunjukkan perlunya evaluasi terhadap kemampuan saluran drainase eksisting dalam mengalirkan limpasan berdasarkan kondisi hujan rencana.

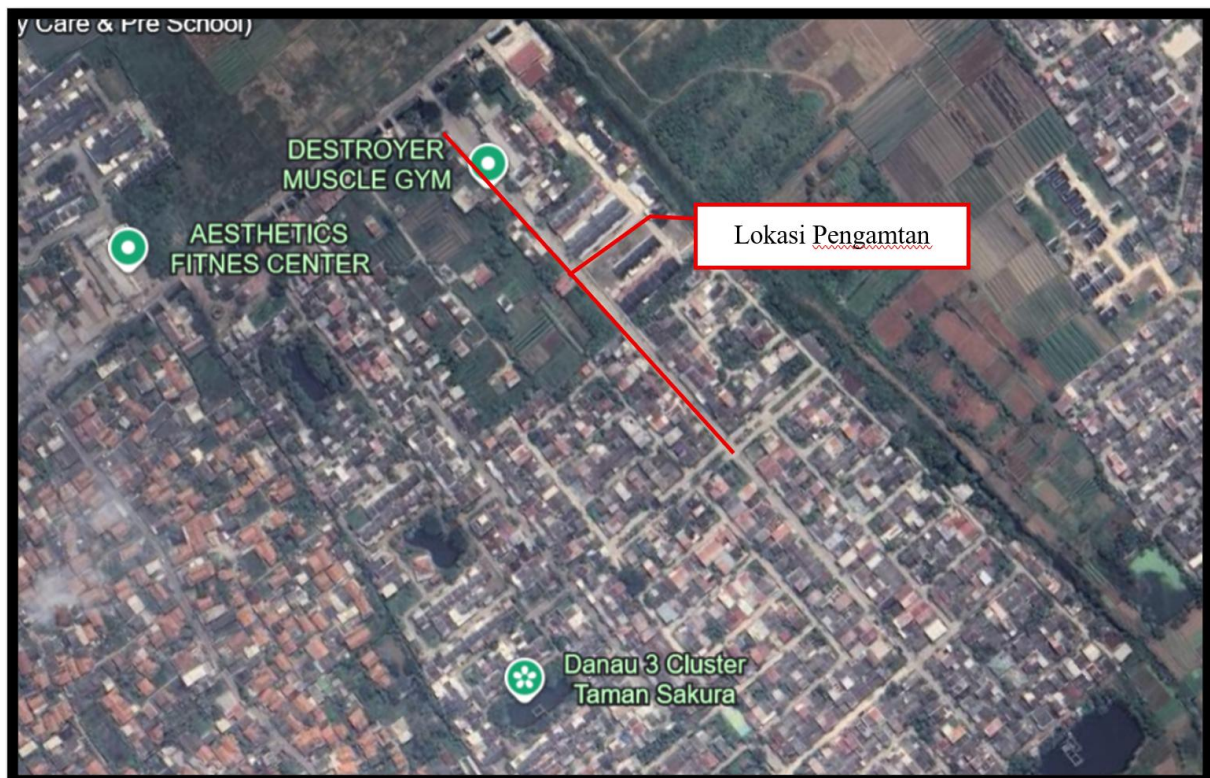
Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menentukan hujan rancangan berdasarkan analisis frekuensi data curah hujan maksimum tahunan; (2) menghitung intensitas hujan dan debit limpasan rencana menggunakan Metode Rasional; (3) menentukan kapasitas hidraulik saluran eksisting menggunakan persamaan Manning; dan (4) mengevaluasi kecukupan kapasitas saluran terhadap debit rencana kala ulang 25 tahun pada Perumahan Graha Harapan Regency. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi teknis mengenai tingkat kecukupan saluran drainase eksisting serta menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan pemeliharaan dan evaluasi lebih lanjut terhadap sistem drainase kawasan permukiman.

2. METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Perumahan Graha Harapan Regency, Kecamatan Babelan, Kabupaten Bekasi, Provinsi Jawa Barat. Fokus penelitian adalah jaringan drainase lingkungan yang berfungsi mengumpulkan dan mengalirkan limpasan air hujan dari kawasan permukiman menuju saluran pembuangan utama.

Lokasi penelitian dipilih karena merupakan kawasan permukiman dengan tingkat kepadatan bangunan yang relatif tinggi serta memiliki dominasi permukaan kedap air. Kondisi tersebut berpotensi menghasilkan limpasan permukaan yang relatif besar pada saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Evaluasi difokuskan pada dua saluran drainase yang melayani daerah tangkapan berbeda..



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2 Teknik Pengumpulan Data

2.2.1 Data Primer

Data primer diperoleh melalui survei lapangan terhadap saluran drainase eksisting. Data yang dikumpulkan meliputi dimensi penampang saluran, yaitu lebar dan kedalaman saluran, serta informasi geometrik yang diperlukan untuk analisis hidraulika.

2.2.2 Data Sekunder

Data sekunder terdiri atas data spasial dan hidrologi. Data spasial mencakup luas daerah tangkapan dan batas wilayah yang memberikan kontribusi limpasan terhadap saluran drainase. Data spasial diperoleh dari sumber yang tersedia dan didigitalisasi menggunakan Google Earth Pro. Data hidrologi berupa curah hujan maksimum tahunan selama 20 tahun, yaitu periode 2005–2024. Data diperoleh dari beberapa stasiun pengamatan BMKG, yaitu Stasiun Klimatologi Maritim Tanjung Priok, Stasiun Klimatologi Kemayoran, Stasiun Klimatologi Banten, dan Stasiun Klimatologi Soekarno–Hatta.

2.3 Analisis Data

2.3.1 Rata-Rata Curah Hujan (P)

Curah hujan merupakan besarnya presipitasi yang mencapai dan tertampung di permukaan bumi dalam suatu interval waktu tertentu, yang dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Nilai tersebut menggambarkan lapisan air yang terbentuk apabila seluruh air hujan yang jatuh tidak melalui proses penguapan, infiltrasi, maupun run-off [8]. Data yang diperoleh dari stasiun hanya menggambarkan kondisi hujan pada titik pengamatan tertentu sehingga belum dapat mewakili distribusi hujan pada suatu kawasan secara keseluruhan. Karena karakteristik hujan bervariasi menurut ruang dan waktu, diperlukan perhitungan curah hujan wilayah menggunakan beberapa stasiun yang relevan. Hujan rata-rata wilayah tersebut selanjutnya dimasukkan ke analisis intensitas hujan dan perhitungan hidrologi lainnya.

Perancangan dan pengelolaan sumber daya air memerlukan informasi curah hujan yang dapat menggambarkan kondisi suatu wilayah secara menyeluruh. Oleh karena itu, yang digunakan adalah

curah hujan wilayah, bukan curah hujan pada satu titik pengamatan tertentu, dengan satuan pengukuran milimeter (mm) [9]. Metode rata-rata Aljabar menggunakan persamaan 1 dan 2 berikut:

$$P \text{ rata} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots P_n}{n} \quad (1)$$

$$P \text{ maks} = (P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n) \quad (2)$$

2.3.2 Pengukuran Penyebaran

Guna mengestimasi peluang kejadian hujan lebat pada interval waktu tertentu, dilakukan kajian frekuensi terhadap data hidrologi. Dalam proses ini, sejumlah parameter statistik dimanfaatkan untuk mengkarakterisasi distribusi data hujan harian maksimum tahunan, meliputi nilai tengah ($\bar{X}$), *standard deviation* (S), *skewness coefficient* (Cs), *kurtosis coefficient* (Ck), *variation coefficient* (Cv) [10].

Average value $\bar{X}$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum X_i \quad (3)$$

standard deviation (S)

$$S = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})^2\right)} \quad (4)$$

skewness coefficient (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (5)$$

kurtosis coefficient (Ck)

$$Ck = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) s^4} \quad (6)$$

variation coefficient (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (7)$$

Besaran-besaran statistik dimaksud berfungsi untuk mendeskripsikan sifat dan distribusi pola curah hujan, sehingga dapat digunakan sebagai landasan dalam pemilihan model sebaran probabilitas yang paling representatif untuk keperluan analisis frekuensi.

2.3.3 Analisa Frekuensi

Statistika menyediakan beragam model sebaran frekuensi yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang keilmuan. Khususnya dalam analisis hidrologi, metode distribusi memiliki karakteristik statistik berbeda-beda, sehingga kecocokan data hidrologi terhadap masing-masing distribusi perlu diverifikasi secara cermat [11]. Secara substantif, analisis sebaran frekuensi dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antara magnitude kondisi ekstrem dan frekuensi terjadi melalui pendekatan metode distribusi probabilitas. Besaran suatu kejadian ekstrem berbanding terbalik dengan nilai probabilitas terjadinya peristiwa tersebut. Dalam konteks analisis hidrologi, beberapa model lazim digunakan distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, serta Log Pearson Tipe III.

2.3.4 Analisis Kala Ulang Hujan

Kajian hidrologi, konsep kala ulang menjadi salah satu parameter fundamental yang digunakan mengestimasi magnitudo hujan ekstrem berpotensi terjadi di rentang waktu tertentu. Penggunaan metode Log Pearson Tipe III didasarkan pada pertimbangan bahwa distribusi tersebut dinilai paling

representatif dalam menggambarkan pola sebaran data hujan maksimum tahunan, sebagaimana dibuktikan melalui serangkaian pengujian kecocokan distribusi statistik. Dengan demikian, metode Log Pearson tipe III menjadi acuan dalam perhitungan hujan rancangan kala ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun.

2.3.5 Uji Kecocokan Distribusi

Hasil analisis curah hujan selanjutnya diuji kesesuaian distribusi statistik. Pengujian dimaksudkan untuk memverifikasi apakah model yang digunakan mampu menggambarkan karakteristik sebaran statistik sampel data yang dikaji. Dalam hal ini, dua metode pengujian diterapkan secara bersamaan adalah uji Smirnov-Kolmogorov dan uji Chi-Square, guna memperoleh validasi yang lebih komprehensif terhadap kesesuaian distribusi yang digunakan [12]. Uji Smirnov-Kolmogorov, distribusi dapat diterima jika nilai D lebih kecil daripada D_o . Adapun pada uji chi-kuadrat, distribusi dinyatakan memenuhi syarat apabila nilai χ^2 hitung lebih rendah dibandingkan nilai χ^2 kritis, sehingga hipotesis kesesuaian distribusi dapat diterima [13].

2.3.6 Intensitas Hujan

Menghitung parameter intensitas hujan menggunakan persamaan Mononobe yang mengaitkan curah hujan dengan lama hujan. Menurut Soemarto (1999), metode ini banyak diterapkan dalam analisis hidrologi memperoleh nilai intensitas hujan rencana [14] debit rancangan dapat dihitung dengan persamaan 8 berikut:

$$I = \frac{R24}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (8)$$

2.3.7 Analisis Debit Rencana

Metode rasional merupakan pendekatan yang digunakan dalam perhitungan debit rancangan pada penelitian ini. Merujuk pada Suripin (2004) sebagaimana dikutip dalam [14], debit rancangan dapat dihitung dengan persamaan 9 berikut:

$$Q = 0,278 CIA \quad (9)$$

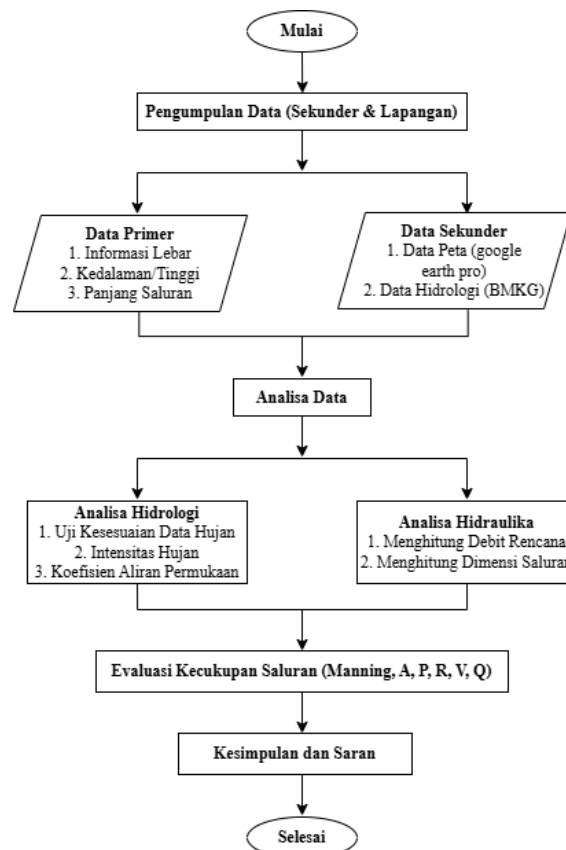
2.3.8 Analisis Hidraulika Saluran

Perhitungan kapasitas saluran dilakukan dengan mengacu pada karakteristik geometri penampang melintang saluran di setiap lokasi pengamatan yang telah ditetapkan sebelumnya. Evaluasi kapasitas tersebut dilaksanakan pada tiap titik pengukuran yang merepresentasikan masing-masing daerah aliran atau tangkapan air yang bersangkutan. Besaran kapasitas saluran diperoleh melalui perkalian luas penampang basah dan kecepatan aliran pada penampang tersebut. Kecepatan aliran pada penampang saluran dihitung menggunakan pendekatan hidraulika saluran terbuka melalui persamaan Manning. Sebagaimana dikemukakan oleh Chow (1964) yang dikutip dalam [15] dengan persamaan berikut :

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

$$Q = V.A \quad (11)$$

2.4 Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alur Tahapan Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi guna memperoleh debit banjir rencana dari data curah hujan yang tersedia. Debit tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kapasitas saluran atau sungai yang ada serta sebagai acuan dalam perencanaan perbaikan dan pengembangan sistem saluran agar mampu mengalirkan debit rencana secara optimal [16].

3.1.1 Analisis Data Curah Hujan

Kajian hidrologi merupakan landasan fundamental dalam proses perencanaan sistem drainase, mitigasi banjir, pengembangan jaringan irigasi, maupun perancangan infrastruktur sumber daya air lainnya. Data curah hujan dalam penelitian ini bersumber dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) sebagai instansi resmi yang berwenang dalam penyediaan informasi iklim dan cuaca di Indonesia. Basis data yang dianalisis mencakup rekaman curah hujan harian maksimum dalam periode dua dekade, yakni rentang tahun 2005-2024. Keseluruhan data curah hujan diperoleh dari BMKG tersebut selanjutnya disajikan secara sistematis pada Tabel 1 sebagai acuan dalam tahapan analisis berikutnya (BMKG).

Tabel 1. Curah hujan maksimum

TAHUN	P
2005	55,575
2006	56,450
2007	156,400
2008	146,925

TAHUN	P
2009	101,000
2010	49,000
2011	45,375
2012	45,300
2013	133,675
2014	75,425
2015	192,300
2016	93,225
2017	110,475
2018	78,375
2019	72,600
2020	162,050
2021	80,275
2022	50,300
2023	66,250
2024	106,875

Sumber: Hasil Analisis, 2026.

3.1.2 Pemilihan Jenis Sebaran

Penentuan jenis distribusi curah hujan yang paling sesuai dilaksanakan melalui proses komparasi terhadap koefisien statistik dari masing-masing metode distribusi yang menjadi kandidat dalam analisis ini. Adapun parameter dan kriteria yang dijadikan acuan dalam proses seleksi distribusi tersebut dapat ditelaah secara lebih rinci pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis Sebaran

Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan	Syarat	Keterangan
Normal	Cs = 0,815	Cs = 0,00	Tidak Memenuhi
	Ck = 3,058	Ck = 3,00	Tidak Memenuhi
	Cv = 0,103	Cs < 3 Cv	Memenuhi
Log Normal	Cs = 0,222	Cs > 0	Memenuhi
	Ck = 0,115	Ck = 5,4412	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 0,815	Cs = 1,1396	Tidak Memenuhi
	Ck = 3,058	Ck = 5,4002	Tidak Memenuhi
Log Pearson Type III	Cs = 0,222	Cs ≠ 0	Memenuhi

Sumber: Hasil Analisis, 2026.

3.1.3 Analisa Distribusi Frekuensi

Berdasarkan hasil analisis statistik terhadap nilai Cv, Cs, dan Ck, diketahui bahwa karakteristik data curah hujan memenuhi kriteria yang ditetapkan untuk distribusi metode Log Pearson tipe III. Oleh sebab itu, metode tersebut dipilih sebagai model untuk analisis frekuensi hujan rancangan karena mampu merepresentasikan pola sebaran data yang diamati dengan lebih baik dibandingkan dengan distribusi lainnya. Hasil perhitungan menggunakan metode Log Pearson tipe III (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Perhitungan Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson Tipe III

No.	Tahun	Xi (mm)	LogXi	Log Xi-Log X	(Log Xi-Log x) ²	(Log Xi-Log x) ³	(Log Xi- Log x) ⁴
1	2005	55,6	1,745	-0,1845	0,0340	-0,0063	0,0012
2	2006	56,5	1,752	-0,1777	0,0316	-0,0056	0,0010
3	2007	156,4	2,194	0,2649	0,0702	0,0186	0,0049
4	2008	146,9	2,167	0,2378	0,0565	0,0134	0,0032
5	2009	101,0	2,004	0,0750	0,0056	0,0004	0,0000
6	2010	49,0	1,690	-0,2391	0,0572	-0,0137	0,0033
7	2011	45,4	1,657	-0,2725	0,0743	-0,0202	0,0055
8	2012	45,3	1,656	-0,2732	0,0747	-0,0204	0,0056
9	2013	133,7	2,126	0,1967	0,0387	0,0076	0,0015
10	2014	75,4	1,878	-0,0518	0,0027	-0,0001	0,0000
11	2015	192,3	2,284	0,3546	0,1258	0,0446	0,0158
12	2016	93,2	1,970	0,0402	0,0016	0,0001	0,0000
13	2017	110,5	2,043	0,1139	0,0130	0,0015	0,0002
14	2018	78,4	1,894	-0,0352	0,0012	0,0000	0,0000
15	2019	72,6	1,861	-0,0684	0,0047	-0,0003	0,0000
16	2020	162,1	2,210	0,2803	0,0786	0,0220	0,0062
17	2021	80,3	1,905	-0,0248	0,0006	0,0000	0,0000
18	2022	50,3	1,702	-0,2278	0,0519	-0,0118	0,0027
19	2023	66,3	1,821	-0,1081	0,0117	-0,0013	0,0001
20	2024	106,9	2,029	0,0995	0,0099	0,0010	0,0001
Jumlah		1877,9	38,587	38,5866228	0,7444	0,0294	0,0294
$\bar{X}$					93,9		
Log					1,929		
Sd					0,198		
Cs					0,222		

Sumber: Hasil Analisis, 2026.

Potensi kejadian curah hujan dengan intensitas tinggi pada kala ulang yang ditetapkan, yakni 2, 5, 10, dan 25 tahun, diquantifikasi melalui analisis frekuensi metode Log Pearson tipe III sebagai kerangka dasar perhitungan. Seluruh rekapitulasi nilai hujan rancangan yang dihasilkan dari proses analisis untuk keempat periode ulang tersebut disajikan secara terperinci (Tabel 4).

Tabel 4. Perhitungan kala ulang Log Pearson Tipe III

P	Tr (Tahun)	K	Xt
50	2	0,03674	86
20	5	0,82868	124
10	10	1,30276	154
4	25	1,82482	195
2	50	2,17044	229
1	100	2,48784	264

Sumber: Hasil Analisis, 2026.

Dari hasil analisis didapat kala ulang 25 tahun dengan nilai sebesar 195 mm/hari,

3.1.4 Uji Kesesuaian Distribusi

Analisis kecocokan distribusi bertujuan menilai kesesuaian antara data hasil pengamatan dan distribusi peluang secara teoritis yang digunakan dalam analisis frekuensi. Uji ini memastikan bahwa distribusi yang dipilih merepresentasikan perilaku statistik data secara akurat. Dalam praktik hidrologi, metode yang sering digunakan untuk tujuan tersebut adalah uji Smirnov–Kolmogorov dan uji chi-kuadrat.

a) Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Tabel 5. Uji Distribusi *Smirnov-Kolmogorov*

No.	Tahun	R _{max}	Log Ri	P	f(t)	P'	ΔP
1	2015	192,300	2,2840	0,048	1,8383	-0,2056	0,25321
2	2020	162,050	2,2096	0,095	1,4530	-0,0619	0,157116
3	2007	156,400	2,1942	0,143	1,3731	0,0775	0,065327
4	2008	146,925	2,1671	0,190	1,2324	0,0993	0,091204
5	2013	133,675	2,1261	0,238	1,0197	0,142135	0,09596
6	2017	110,475	2,0433	0,286	0,5906	0,2607	0,024972
7	2024	106,875	2,0289	0,333	0,5160	0,2856	0,047762
8	2009	101,000	2,0043	0,381	0,3887	0,3304	0,050579
9	2016	93,225	1,9695	0,429	0,2084	0,3974	0,031199
10	2021	80,275	1,9046	0,476	-0,1283	0,5280	0,051764
11	2018	78,375	1,8942	0,524	-0,1822	0,5481	0,024258
12	2014	75,425	1,8775	0,571	-0,2686	0,5803	0,008854
13	2019	72,600	1,8609	0,619	-0,3545	0,6123	0,006711
14	2023	66,250	1,8212	0,667	-0,5606	0,6892	0,022526
15	2006	56,450	1,7517	0,714	-0,9209	0,8236	0,109323
16	2005	55,575	1,7449	0,762	-0,9561	0,8367	0,074822
17	2022	50,300	1,7016	0,810	-1,1806	0,9205	0,110943
18	2010	49,000	1,6902	0,857	-1,2396	0,9053	0,04818
19	2011	45,375	1,6568	0,905	-1,4126	0,9359	0,03109
20	2012	45,300	1,6561	0,952	-1,4163	0,9310	0,021416
Jumlah		1877,850		D hitung			0,253
X				1,929			
Sd				0,192920307			
n				20			
Cs				0,814901269			

Sumber: Hasil Analisis, 2026.

D hitung < D kritis, maka hasil analisis tersebut diterima; jika D hitung > D kritis, maka hasil analisis tersebut tidak diterima.

Tabel 6. Ketentuan uji kesesuaian distribusi

Jumlah Data	α	D _{kritis}	D _{hitung}
20	5%	0,294	0,253

Sumber: Hasil Analisis, 2026.

Hasil uji kesesuaian dapat diterima karena nilai D hitung sebesar 0,253 < D kritis 0,294 pada tingkat kepercayaan (α) 5% dan jumlah data (n) 20.

b) Uji Distribusi Chi-Kuadrat

Tabel 7. Uji Chi-Kuadrat

Nilai Batas Tiap Kelas			Ei	Oi	$((Ei - Oi)^2)/Ei$
	>	123,9805	4,00	5	0,25
91,65472886	-	123,9805	4,00	4	0,00
61,52219177	-	91,65473	4,00	5	0,25
48,6330681	-	61,52219	4,00	4	0,00
31,28740858	-	48,63307	4,00	2	1,00
JUMLAH			20,00	20	1,50

Sumber: Hasil Analisis, 2026.

Ketentuan hasil uji kesesuaian distribusi jika X^2 hitung $< X^2$ kritis, maka data tersebut diterima; jika X^2 hitung $> X^2$ kritis, maka data tersebut tidak diterima.

Tabel 8. Uji Chi-kuadrat

Jumlah Data	α	X^2 kritis	X^2 hitung
20	5%	5,991	1,50

Sumber: Hasil Analisis, 2026.

Hasil evaluasi uji kesesuaian metode Log Pearson Tipe III dinyatakan lolos dan dapat diterima untuk pengujian Chi-Kuadrat. Hal ini dibuktikan dengan nilai Chi-Kuadrat hitung (X^2 hitung) yang diperoleh sebesar 1,50, berada di bawah nilai Chi-Kuadrat kritis (X^2 kritis) sebesar 5,991 pada taraf signifikansi (α) sebesar 5% dengan jumlah data pengamatan (n) sebanyak 20 data. Dengan demikian, distribusi Log Pearson tipe III terbukti memenuhi persyaratan statistik yang ditetapkan dalam pengujian Chi-Kuadrat dan layak digunakan sebagai dasar analisis frekuensi curah hujan selanjutnya.

3.1.5 Analisis Intensitas Hujan

Penentuan intensitas hujan yang dinyatakan dalam mm/jam dilakukan sebagai salah satu tahapan dalam penerapan Metode Rasional untuk menghitung debit rencana. Nilai intensitas diperoleh dengan mengonversi curah hujan rencana berdasarkan durasi hujan yang diasumsikan setara dengan waktu konsentrasi (T_c) daerah tangkapan. T_c yang digunakan merupakan akumulasi waktu aliran pada jaringan saluran yang terdiri atas beberapa ruas atau segmen. Perhitungan intensitas hujan menggunakan persamaan Mononobe. Intensitas hujan rancangan ditentukan melalui analisis distribusi frekuensi. Nilai intensitas hujan untuk periode ulang 25 tahun (Tabel 9).

Tabel 9. Data Intensitas Hujan

Saluran	Bagian	T_c (menit)	R25 (mm)	I (mm/jam)
1	Perkerasan Jalan	13,2450	195	185,2894623
	Bahu Jalan			
	Perumahan			
2	Tanah Tertutup Rumput	13,1583	195	186,1020145
	Perkerasan Jalan			
	Bahu Jalan			
	Perumahan			
	Tanah Tertutup Rumput			

Sumber: Hasil Analisis, 2026.

Hasil analisis pada kala ulang 25 tahun menunjukkan intensitas curah hujan saluran 1 sebesar 185,289 mm/jam dan intensitas curah hujan saluran 2 sebesar 186,102 mm/jam.

3.1.6 Analisis Debit Rencana

Perhitungan debit rancangan pada penelitian ini menerapkan metode rasional sebagai pendekatan analitis yang mendasari proses estimasi. Debit yang diperhitungkan merupakan debit aliran aktual pada saluran yang telah dibagi ke dalam beberapa segmen pengamatan, dengan mempertimbangkan akumulasi volume limpasan permukaan yang bersumber dari seluruh subdaerah pengaliran yang berkontribusi pada sistem saluran tersebut. Rincian hasil perhitungan debit rancangan untuk masing-masing segmen saluran dapat ditelaah secara komprehensif (Tabel 10).

Tabel 10. Hasil Perhitungan Debit Rencana

Saluran	Bagian	Total TC (menit)	R25 (mm)	I (mm/jam)	A (km ²)	C _{avg}	Q (m ³ /det)
1	Perkerasan Jalan	13,2450	195	185,289	0,00549	0,519	0,146
	Bahu Jalan						
	Perumahan Tanah Tertutup Rumput						
2	Perkerasan Jalan	13,1583	195	186,102	0,00549	0,521	0,147
	Bahu Jalan						
	Perumahan Tanah Tertutup Rumput						

Sumber: Hasil Analisis, 2026.

3.2 Analisis Hidrolika

3.2.1 Analisis Debit Saluran

Berdasarkan hasil observasi dan pengamatan yang dilaksanakan secara langsung di lapangan, diperoleh informasi bahwa tipe penampang saluran pada lokasi studi adalah saluran bergeometri persegi empat. Seluruh hasil perhitungan parameter hidrolika untuk setiap segmen saluran yang dianalisis kemudian dirangkum dan ditabulasikan secara sistematis dalam Tabel 11, guna memfasilitasi proses evaluasi dan penilaian kinerja kapasitas saluran eksisting terhadap debit rancangan yang telah ditetapkan.

Tabel 11. Debit Saluran Ekisting

Saluran	A (m ²)	P (m)	R (m)	V (m/s)	Q _{eksisting} (m ³ /s)
1	0,3015	1,57	0,1920	0,4925	0,1484967
2	0,4200	1,85	0,227	0,7671	0,3221995

Sumber; Hasil Analisis, 2026.

3.2.2 Analisis Tampung Debit

Evaluasi tumpungan saluran drainase bertujuan untuk mengetahui sejauh mana saluran eksisting mengakomodasi debit rencana. Melalui perbandingan antara kapasitas debit saluran dan debit rencana pada setiap ruas saluran. Apabila nilai tumpungan saluran lebih besar daripada debit rencana, saluran tersebut dinilai mampu berfungsi dengan baik. Sebaliknya, jika kapasitas saluran lebih kecil daripada debit rencana, diperlukan upaya untuk meningkatkan kapasitas atau menyesuaikan desain (Tabel 12).

Tabel 12. Rekapitulasi Analisis Kecukupan

Saluran	Dimensi Ekisting		Q Ekisting	Q rencana (25 th)	Keterangan
	B	h			
1	0,67	0,45	0,148	0,146	Memadai
2	1,05	0,4	0,322	0,147	Memadai

Sumber; Hasil Analisis, 2026.

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa kedua saluran memiliki kapasitas lebih besar daripada debit rencana kala ulang 25 tahun. Dengan demikian, berdasarkan pendekatan hidraulik yang digunakan, kedua saluran masih mampu mengalirkan debit rencana.

Namun, tingkat kecukupan kedua saluran tidak sama. Saluran 1 hanya memiliki selisih kapasitas sekitar 0,0025 m³/s terhadap debit rencana. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa saluran 1 memiliki margin kapasitas yang relatif kecil. Sebaliknya, saluran 2 memiliki kapasitas yang jauh lebih besar dibandingkan debit rencana.

Temuan tersebut memiliki implikasi penting terhadap pengelolaan drainase. Status “memadai” secara teoritis tidak berarti saluran terbebas dari risiko genangan pada semua kondisi. Kapasitas aktual saluran dapat berkurang akibat sedimentasi, sampah, pertumbuhan vegetasi, kerusakan fisik, atau penyempitan penampang. Selain itu, genangan juga dapat dipengaruhi oleh kapasitas inlet dan outlet serta kondisi jaringan drainase di bagian hilir.

Dengan demikian, adanya informasi mengenai genangan di kawasan penelitian meskipun kapasitas teoritis saluran lebih besar daripada debit rencana menunjukkan bahwa permasalahan drainase kemungkinan tidak hanya ditentukan oleh kapasitas penampang. Evaluasi lanjutan terhadap seluruh jaringan drainase, terutama titik masuk aliran, titik pertemuan saluran, outlet, dan kondisi hilir, diperlukan untuk mengidentifikasi penyebab genangan secara lebih spesifik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis hidrologi dan hidraulika pada sistem drainase Perumahan Graha Harapan Regency, dapat disimpulkan bahwa analisis frekuensi menunjukkan bahwa distribusi Log Pearson Tipe III dapat digunakan untuk menentukan hujan rancangan berdasarkan data curah hujan maksimum tahunan periode 2005–2024. Hasil uji Smirnov–Kolmogorov menunjukkan ($D_{hitung} = 0,253 < D_{kritis} = 0,294$), sedangkan uji Chi-Square menunjukkan ($X^2_{hitung} = 1,50 < X^2_{kritis} = 5,991$). Hujan rancangan kala ulang 25 tahun diperoleh sebesar 195 mm/hari. Intensitas hujan yang dihasilkan melalui persamaan Mononobe sebesar 185,289 mm/jam untuk saluran 1 dan 186,102 mm/jam untuk saluran 2. Berdasarkan Metode Rasional, debit rencana yang harus dilayani saluran 1 sebesar 0,146 m³/s dan saluran 2 sebesar 0,147 m³/s. Kapasitas hidraulik saluran eksisting berdasarkan persamaan Manning masing-masing sebesar 0,1485 m³/s untuk saluran 1 dan 0,3222 m³/s untuk saluran 2. Kedua nilai tersebut lebih besar daripada debit rencana, sehingga secara hidraulik saluran masih memiliki kapasitas yang memadai untuk melayani hujan rancangan kala ulang 25 tahun. Meskipun kapasitas teoritis kedua saluran masih memadai, kondisi tersebut belum sepenuhnya menjelaskan potensi genangan yang terjadi di kawasan penelitian. Faktor seperti sedimentasi, penyumbatan, kondisi inlet dan outlet, serta kapasitas jaringan bagian hilir perlu dievaluasi dalam penelitian lanjutan. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan parameter hidrologi dan hidraulika yang digunakan, sistem saluran yang ditinjau masih memadai untuk melayani debit rencana kala ulang 25 tahun. Namun, pengelolaan drainase kawasan tidak cukup hanya mengandalkan kapasitas penampang saluran, tetapi juga memerlukan pemeliharaan rutin dan evaluasi keterhubungan sistem secara menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. W. Strohbach *et al.*, “The ‘hidden urbanization’: Trends of impervious surface in low-density

- housing developments and resulting impacts on the water balance,” *Front. Environ. Sci.*, vol. 7, no. MAR, pp. 1–10, 2019, doi: 10.3389/fenvs.2019.00029.
- [2] C. O. Ongaga, M. Makokha, K. Obiero, I. Kipkemai, and J. Diang’a, “Urbanization and hydrological dynamics: a 22-year assessment of impervious surface changes and runoff in an urban watershed,” *Front. Water*, vol. 6, no. December, pp. 1–18, 2024, doi: 10.3389/frwa.2024.1455763.
- [3] B. Feng, Y. Zhang, and R. Bourke, “Urbanization impacts on flood risks based on urban growth data and coupled flood models,” *Nat. Hazards*, vol. 106, no. 1, pp. 613–627, 2021, doi: 10.1007/s11069-020-04480-0.
- [4] Ş. Öztürk, K. Yılmaz, A. E. Dinçer, and V. Kalpakcı, “Effect of urbanization on surface runoff and performance of green roofs and permeable pavement for mitigating urban floods,” *Nat. Hazards*, vol. 120, no. 13, pp. 12375–12399, 2024, doi: 10.1007/s11069-024-06688-w.
- [5] N. Komang, M. Trisnasari, I. G. Ngurah, H. Respati, and N. K. Armaeni, “Capacity Analysis and Optimization of Urban Drainage Channels Using the SWMM: A Case Study of Jalan Raya Puputan,” vol. 11, no. 01, pp. 11–22, 2026, doi: 10.29244/jsil.11.1.11-22.
- [6] Jody Martin Ginting, E. Pardosi, and Sri Anggraeni, “Analysis of the Capacity and Effectiveness of Urban Drainage System,” *J. Civ. Eng. Plan.*, vol. 6, no. 2, pp. 280–294, 2025, doi: 10.37253/jcep.v6i2.11693.
- [7] X. Hao, J. Mu, and H. Shi, “Experimental study on the inlet discharge capacity under different clogging conditions,” *Water (Switzerland)*, vol. 13, no. 6, 2021, doi: 10.3390/w13060826.
- [8] E. F. Hasyimzoem and A. Zakaria, “Perbandingan Analisis Data Curah Hujan yang Hilang Menggunakan Metode Reciprocal , Normal Ratio , dan Rata-rata Aljabar,” vol. 7, no. 1, pp. 155–162, 2019.
- [9] E. Q. Ajr and F. Dwirani, “DENGAN METODE POLYGON THIESSEN DAERAH KABUPATEN LEBAK,” vol. 2, no. 2, pp. 139–146, 2019.
- [10] M. Iqbal and M. O. Mahendra, “Analisis Drainase Simpang Jalan Dengan Menggunakan Software SWMM 5 . 2 (Studi Kasus : Jalan Kh . Wasyid Lingkar Selatan , Kota Cilegon),” vol. 2, pp. 68–79, 2025, doi: 10.33364/konstruksi/v.23-2.2472.
- [11] D. Yuniarti, “Analisis Distribusi Frekuensi dan Periode Ulang Hujan (Studi Kasus : Curah Hujan Kecamatan Long Iram Kabupaten Kutai Barat Tahun 2013-2017) Frequency Distribution Analysis and Rain Return Period (Case Study : Rainfall data of Long Iram Sub-District , West Kutai District in 2013 to 2017),” vol. 11, pp. 65–70, 2020.
- [12] R. Suryadi, E. K. Sari, and T. I. Fadhil, “ANALISA DISTRIBUSI CURAH HUJAN DENGAN UJI KECOCOKAN CHI SQUARE DAN SIMIRNOV KOLMOGOROV DI KABUPATEN OKU,” vol. 10, pp. 40–50, 2025.
- [13] I. B. Suryatmaja, A. Agung, and R. Ritaka, “Peguyangan Kangin Denpasar Utara,” vol. 3, no. 2, 2023.
- [14] A. N. Jifa *et al.*, “Evaluasi Saluran Drainase di Jalan Gajayana dan Jalan Sumbersari Kota Malang Evaluation of Drainage Channels at Gajayana Street and Sumbersari Street Malang,” pp. 9–17.
- [15] S. D. Perkotaan, “EVALUASI KAPASITAS SALURAN DRAINASE PERKOTAAN”.
- [16] S. Penanggulangan, B. Di, K. Batan, F. Teknik, and U. Kadiri, “KABUPATEN KEDIRI,” vol. 1, no. 1, pp. 91–100, 2018.