



Journal of Scientech Research and Development

Volume 8, Issue 1, June 2026

P-ISSN 2715-6974

E-ISSN 2715-5846

Open Access at: <https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

PENGARUH CURAH HUJAN TERHADAP KINERJA SISTEM DRAINASE KELURAHAN FITU, KOTA TERNATE

THE EFFECT OF RAINFALL ON THE PERFORMANCE OF THE DRAINAGE SYSTEM IN FITU VILLAGE, TERNATE CITY

Susanti Rahman¹, Amirudin Miradj²

^{1,2}Universitas Muhammadiyah Maluku Utara, Indonesia

Email: susantirahman12@gmail.com

INFO ARTIKEL

Kata Kunci:

Curah Hujan, Sistem Drainase, Limpasan Permukaan, Genangan.

ABSTRAK

Curah hujan merupakan salah satu variabel penting yang berpengaruh terhadap kinerja sistem drainase di wilayah perkotaan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh intensitas curah hujan terhadap kemampuan sistem drainase di Kelurahan Fitu, Kota Ternate, dalam mengalirkan air hujan dan mencegah genangan. Metode yang diterapkan mencakup analisis terhadap data curah hujan historis, pengukuran kapasitas saluran eksisting, serta perhitungan debit limpasan menggunakan metode Rasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan curah hujan dengan intensitas tinggi (>80 mm/hari) dengan debit kala ulang 2 tahun $2.2 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 5 tahun $3.09 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 10 tahun $3.55 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 25 tahun $4.05 \text{ m}^3/\text{det}$, hasil evaluasi saluran berdasarkan saluran eksisting dilokasi penelitian menunjukkan peningkatan debit limpasan melampaui kapasitas saluran drainase sebesar $2.68 \text{ m}^3/\text{det}$, sehingga mengakibatkan genangan pada beberapa titik rawan di wilayah permukiman. Rekomendasi teknis meliputi peningkatan dimensi saluran, normalisasi dan pemeliharaan berkala, serta penerapan infrastruktur hijau seperti sumur resapan untuk mengurangi limpasan permukaan.

Copyright © 2026 JSR. All rights reserved.

ARTICLE INFO**Keywords:**

Rainfall, Drainage System, Surface Runoff, Puddles.

ABSTRACT

Rainfall represents a key variable influencing the performance of drainage systems in urban areas. This study seeks to examine the impact of rainfall intensity on the ability of the drainage system in Fitu Village, Ternate City, to drain rainwater and prevent flooding. The methods used include analysis of historical rainfall data, measurement of existing channel capacity, and calculation of runoff discharge calculated by applying the Rational method. The findings of this study indicate that an increase in high-intensity rainfall (>80 mm/day) with a 2-year return period of $2.2 \text{ m}^3/\text{s}$, a 5-year return period of $3.09 \text{ m}^3/\text{s}$, a 10-year return period of $3.55 \text{ m}^3/\text{s}$, and a 25-year return period of $4.05 \text{ m}^3/\text{s}$, the results of channel evaluation based on existing channels at the research location show an increase in runoff discharge exceeding the drainage channel capacity of $2.68 \text{ m}^3/\text{s}$, resulting in flooding at several vulnerable points in residential areas. Technical recommendations include increasing channel dimensions, normalization and regular maintenance, and the implementation of green infrastructure such as infiltration wells to reduce surface runoff.

Copyright © 2026 JSR. All rights reserved.

PENDAHULUAN

Perkembangan kawasan perkotaan di Indonesia menyebabkan peningkatan luas permukaan kedap air dan berkurangnya kemampuan alami lahan untuk meresapkan air. Kondisi ini menjadikan sistem drainase sebagai infrastruktur kunci dalam pengendalian limpasan permukaan. Di sisi lain, perubahan karakteristik hujan (intensitas, durasi, dan frekuensi) akibat perubahan iklim global memperbesar risiko banjir dan genangan di kawasan perkotaan (Arnbjerg-Nielsen et al., 2013; Cristiano et al., 2016; Rezaei et al., 2019).

Kota Ternate memiliki topografi berbukit dengan kepadatan permukiman yang tinggi dan jaringan drainase yang sebagian besar berupa saluran terbuka. Kelurahan Fitu dikenal sebagai salah satu kawasan yang sering mengalami geangan saat hujan lebat. Peningkatan intensitas hujan di wilayah tropis berpotensi menghasilkan limpasan puncak yang lebih besar dibanding kenaikan curah hujannya sendiri, sehingga memperberat beban sistem drainase (Wu et al., 2024; Zhao et al., 2022).

Berbagai studi menunjukkan bahwa kombinasi curah hujan tinggi dan perubahan tata guna lahan memperbesar debit limpasan, meningkatkan puncak aliran, dan mempersingkat waktu konsentrasi (Redfern et al., 2016; Rezaei et al., 2019). Selain itu, perubahan pola hujan dan kejadian hujan ekstrem memaksa perlunya peninjauan ulang hujan rencana dan kapasitas sistem drainase (Dunkerley, 2021). Namun, kajian spesifik yang mengkaitkan karakteristik hujan dengan kinerja drainase mikro di Kota Ternate, khususnya Kelurahan Fitu, masih terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik curah hujan di Kelurahan Fitu berdasarkan data historis, menghitung debit limpasan permukaan menggunakan metode Rasional untuk beberapa periode ulang, mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting dengan rumus Manning, dan menilai kinerja sistem drainase berdasarkan perbandingan debit rencana dan kapasitas saluran serta observasi genangan. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar perencanaan peningkatan

sistem drainase di Kelurahan Fitu dan referensi bagi kota-kota lain dengan karakteristik topografi serupa.

TINJAUAN PUSTAKA

Curah Hujan dan Karakteristiknya

Curah hujan didefinisikan sebagai volume air yang turun ke permukaan bumi dalam periode waktu tertentu (mm). Dalam kajian drainase, karakteristik penting mencakup kedalaman hujan, intensitas, durasi, frekuensi, serta profil intensitas hujan dalam suatu kejadian (Dunkerley, 2021; Cristiano et al., 2016). Penelitian menunjukkan bahwa fluktuasi intensitas (rainfall intensity profile) mempengaruhi pembagian air di permukaan, infiltrasi, dan besarnya aliran permukaan (Dunkerley, 2021; Zhao et al., 2022).

Perubahan iklim diproyeksikan meningkatkan frekuensi dan intensitas hujan ekstrem di banyak kawasan perkotaan, dengan implikasi besar bagi desain drainase. Oleh karena itu, pemilihan hujan rencana umumnya dilakukan menggunakan analisis frekuensi (misalnya distribusi Gumbel, Log Pearson III) untuk berbagai periode ulang (Maniquiz et al., 2010; Putranto et al., 2024).

Dalam pemilihan hujan rencana dilakukan analisis frekuensi. Aplikasi Aprob 5.1 UGM adalah sebuah program perangkat lunak yang dikembangkan untuk keperluan analisis probabilitas data hidrologi, antara lain meliputi data curah hujan dan debit air. AProb adalah aplikasi untuk mengolah data hidrologi ekstrem maksimum. Kegunaannya antara lain untuk mengolah data debit banjir guna memperoleh debit banjir rencana atau untuk mengolah data hujan lebat untuk mendapatkan hujan rancangan.

Hidrologi Perkotaan dan Limpasan Permukaan

Urbanisasi menyebabkan bertambahnya permukaan kedap yang menurunkan infiltrasi dan meningkatkan volume runoff, puncak debit, serta mempercepat waktu konsentrasi (Rezaei et al., 2019). Studi *review* menunjukkan bahwa proses limpasan di permukaan kota lebih kompleks dibanding asumsi klasik permukaan “impervious”; infiltrasi di retakan, genangan mikro, dan penyimpanan sementara seringkali signifikan (Rammal & Berthier, 2020; Cristiano et al., 2016).

Debit limpasan permukaan pada skala kecil hingga menengah banyak dihitung dengan metode Rasional:

$$Q = 0.00278 \times C \times I \times A$$

Dimana:

Q = Debit limpasan (m³/detik)

C = Koefisien limpasan

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas DAS (ha)

Sistem Drainase Perkotaan

Sistem drainase di kawasan perkotaan terdiri atas jaringan saluran terbuka/tertutup yang menyalurkan air hujan menuju sungai atau saluran utama. Kinerja sistem bergantung pada dimensi penampang, kemiringan, kekasaran, serta kondisi fisik saluran (sedimentasi, sampah, kerusakan struktur) ((Putranto et al., 2024; De Souza & Júnior, 2024).

Kapasitas saluran pada umumnya dihitung menggunakan rumus Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot R^{2/3} S^{1/3}$$

Dimana:

n = koefisien kekasaran (Manning)

A = Luas Penampang basah (m²)

R = jari-jari hidrolik (m)

S = kemiringan saluran

Perbandingan antara Q desain (dari hujan rencana) dan Q saluran menentukan apakah saluran memadai atau tidak (Maniquiz et al., 2010; Putranto et al., 2024).

Studi di berbagai kota menunjukkan bahwa infrastruktur drainase yang dirancang dengan asumsi hujan masa lalu sering tidak lagi memadai di bawah kondisi hujan yang lebih intens sekarang, sehingga diperlukan redesign atau penambahan infrastruktur hijau (bioretention, swales, permeable pavement, dan sumur resapan) (De Macedo et al., 2019; (De Macedo et al., 2019; Tafazzoli, 2023; , 2023; Wang et al., 2025; De Souza & Júnior, 2024).

Pengaruh Curah Hujan terhadap Kinerja Drainase

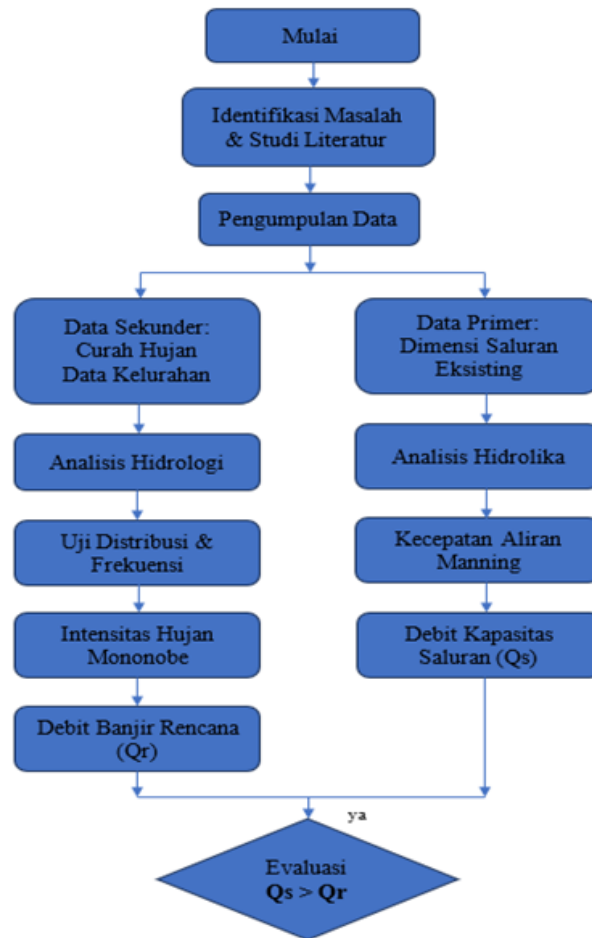
Kinerja drainase sangat sensitif terhadap perubahan intensitas hujan. Kenaikan intensitas 10–20% dapat meningkatkan puncak debit dan volume limpasan lebih besar dari persentase kenaikan hujan, terutama pada daerah dengan permukaan kedap tinggi (Arnbjerg-Nielsen et al., 2013; Zhao et al., 2022; Rezaei et al., 2019). Penelitian menunjukkan bahwa pada rejim hujan berat, karakteristik DAS (luas kecil, lereng curam, sedikit ruang hijau) meningkatkan puncak aliran dan mengurangi efektivitas pengendalian runoff (Zhao et al., 2022).

Review tentang perubahan iklim dan drainase menyimpulkan bahwa banyak jaringan drainase perlu dievaluasi ulang dengan skenario hujan ekstrem masa depan karena risiko overcapacity dan kegagalan fungsi akan meningkat (Arnbjerg-Nielsen et al., 2013).

Evaluasi Kinerja Sistem Drainase

Jika kapasitas saluran drainase eksisting lebih besar dibandingkan dengan debit rencana saluran ($Q_{\text{saluran}} > Q_{\text{rancangan}}$), maka tidak diperlukan perencanaan saluran baru mengingat saluran drainase yang ada dinilai masih mampu menyalurkan debit drainase yang terjadi. Sebaliknya, jika kapasitas saluran drainase yang ada lebih rendah dibandingkan dengan debit rencana ($Q_{\text{saluran}} < Q_{\text{rancangan}}$), sehingga diperlukan perancangan sistem drainase yang baru. Pengembangan sistem drainase

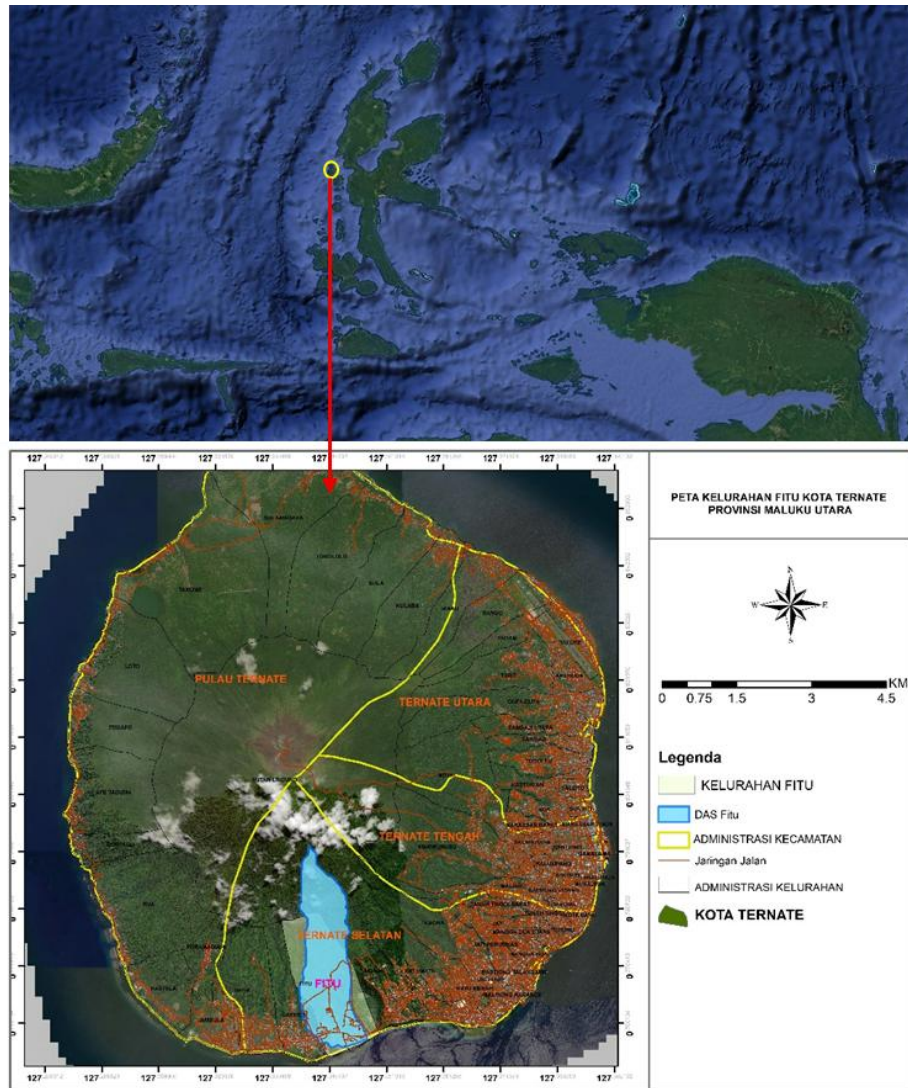
tersebut dapat dilakukan melalui pendimensian ulang atau rehabilitasi saluran, serta dengan merencanakan pembangunan sumur resapan.



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

METODE

Lokasi penelitian adalah Kelurahan Fitu, Kecamatan Ternate Selatan, Kota Ternate, Provinsi Maluku Utara. Wilayah ini berada di lereng selatan Pulau Ternate dengan topografi bergelombang, kemiringan 8-15%. Kondisi lereng menyebabkan aliran permukaan menuju dataran rendah permukiman padat, meningkatkan potensi genangan ketika hujan intens.



Gambar 2. Lokasi Studi Kelurahan Fitu Kota Ternate

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang bersifat deskriptif melalui analisis hidrologi dan hidrolika untuk menilai pengaruh curah hujan terhadap kinerja sistem drainase di Kelurahan Fitu. Metode ini sejalan dengan praktik umum studi drainase jalan dan kawasan kampus yang menggabungkan analisis hujan rencana, debit banjir rencana, dan perhitungan kapasitas saluran (Maniquiz et al., 2010; Putranto et al., 2024; De Souza & Júnior, 2024).

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui kegiatan survei lapangan yang meliputi pengukuran langsung dimensi saluran drainase, kedalaman, serta kemiringan saluran untuk mengetahui kapasitas dan kondisi hidrauliknya. Selain itu, dilakukan observasi terhadap titik-titik genangan, lama waktu terjadinya genangan, serta kondisi fisik saluran, termasuk tingkat sedimentasi, keberadaan sampah, dan kerusakan struktural saluran drainase.

Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari berbagai instansi dan sumber terpercaya untuk mendukung analisis. Data curah hujan harian selama periode 10 tahun diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun

Meteorologi Ternate sebagai dasar analisis hujan dan intensitas curah hujan. Selain itu, digunakan peta topografi, tata guna lahan, dan jaringan drainase yang bersumber dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kota Ternate untuk memahami karakteristik wilayah studi dan sistem drainase eksisting. Penelitian ini juga didukung oleh literatur ilmiah yang relevan terkait hujan ekstrem, limpasan permukaan (*runoff*) perkotaan, serta perencanaan dan desain sistem drainase.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Analisis Curah Hujan

Data hujan harian diproses untuk mendapatkan nilai curah hujan maksimum 24 jam tahunan (R_{24}), kemudian dianalisis frekuensinya menggunakan distribusi Gumbel atau distribusi lain yang sesuai. Hujan rencana ditentukan untuk periode ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun dihitung, mengikuti praktik pada studi drainase jalan dan kawasan di Indonesia (Maniquiz et al., 2010; Putranto et al., 2024).

Intensitas hujan rencana (I) dihitung menggunakan metode Mononobe:

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

dimana:

$R_{(24)}$ = curah hujan maksimum 24 jam (mm)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

2. Analisis Debit Limpasan

Perhitungan debit rancangan dalam studi ini menggunakan metode rasional, dengan persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$Q = 0.00278 \times C \times I \times A$$

Dimana:

Q = Debit limpasan ($m^3/detik$)

C = Koefisien limpsan

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas DAS (ha)

Koefisien limpasan C ditetapkan berdasarkan tata guna lahan dan persentase permukaan kedap. Studi hidrologi perkotaan menunjukkan bahwa peningkatan impervious area menaikkan C , volume runoff, dan puncak debit secara signifikan (Cristiano et al., 2016; Redfern et al., 2016; Rezaei et al., 2019)

3. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (C) ditetapkan berdasarkan peta tata guna lahan pada wilayah studi Kelurahan Fitu. Nilai koefisien pengaliran untuk masing-masing saluran diperoleh sebagai hasil dari koefisien gabungan yang dihitung menggunakan rumus:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_i}{\sum_i A_i}$$

Dimana:

A_i = Luas daerah pengaliran (ha)

C_i = Koefisien pengaliran

C = Koefisien pengaliran gabunga

4. Luas Daerah Pengaliran

Daerah pengaliran (*catchment area*) merupakan wilayah wilayah aliran air hujan menuju saluran. Luas daerah pengaliran (A) ditentukan berdasarkan peta topografi.

5. Analisis Kapasitas Saluran

Data dimensi saluran (lebar, tinggi, kemiringan, kekasaran) untuk menghitung debit kapasitas aktual (Q_{sal}). Sistem drainase eksisting berupa saluran terbuka beton dengan dimensi bervariasi. Di beberapa segmen terjadi pendangkalan dan penyempitan penampang akibat sedimentasi dan sampah, yang secara umum dilaporkan sebagai penyebab utama penurunan kapasitas drainase di kawasan urban (De Souza & Júnior, 2024).

Kapasitas hidraulik saluran ditentukan menggunakan persamaan Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/3}$$

Dimana:

n = koefisien kekasaran (Manning)

A = Luas Penampang basah (m^2)

R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan saluran

Nilai n ditetapkan sesuai material saluran (beton, pasangan batu) dan kondisi permukaan. Kemudian dilakukan perbandingan antara debit rencana (Q_1) dan debit kapasitas saluran eksisting (Q_2):

6. Evaluasi Kinerja Sistem Drainase

Evaluasi kinerja dapat dilakukan melalui:

- Mengoverlay segmen saluran yang $Q_1 > Q_2$ dengan peta titik genangan;
- Menganalisis korelasi antara intensitas hujan tinggi (misal > 80 mm/hari) dan frekuensi kejadian genangan;
- Mengkaitkan hasil dengan temuan global tentang sensitivitas respon hidrologi kota terhadap intensitas hujan dan karakteristik DAS (Arnbjerg-Nielsen et al., 2013; Cristiano et al., 2016; Zhao et al., 2022; Redfern et al., 2016; Rezaei et al., 2019).

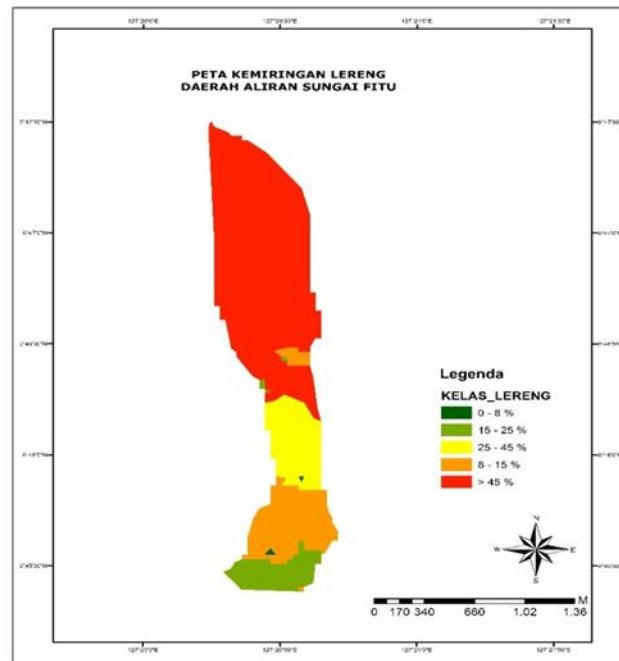
7. Perhitungan Kapasitas dengan Rumus Manning:

Gunakan data dimensi saluran (lebar, tinggi, kemiringan, kekasaran) untuk menghitung debit kapasitas aktual (Q_{sal}). Sistem drainase eksisting berupa saluran terbuka beton dengan dimensi bervariasi. Di beberapa segmen terjadi pendangkalan dan penyempitan penampang akibat sedimentasi dan sampah, yang secara umum dilaporkan sebagai penyebab utama penurunan kapasitas drainase di kawasan urban (De Souza & Júnior, 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Lokasi

Kelurahan Fitu secara geografis terletak 0°46'3.37"-0°46'4.46" Lintang Utara, dan 127°20'17.21"-127°20'45.75" Lintang Selatan di Kecamatan Ternate Selatan, topografi bergelombang dengan kemiringan 0-45% mempercepat aliran permukaan ke daerah rendah. Penelitian ini menunjukkan bahwa lereng curam, jika dipadukan dengan permukaan kedap, meningkatkan kecepatan aliran dan puncak debit di hilir (Zhao et al., 2022; Redfern et al., 2016; Wu et al., 2024). Hal ini sesuai dengan pola genangan yang teridentifikasi di zona permukiman dataran rendah Kelurahan Fitu.



Gambar 3. Topografi Lokasi Penelitian

Tata Guna Lahan dan Sistem Drainase Eksisting

Penggunaan lahan pada daerah aliran sungai Fitu terdiri atas pemukiman dengan luas 53.68 ha, lahan pertanian 6.04 ha, lahan terbuka 4.66 ha hutan lindung 85.29 ha, jalan aspal 0.74 ha dan hutan lahan kering sekunder 174.94 ha, Studi review menyatakan bahwa peningkatan permukiman dan pengurangan ruang hijau menurunkan infiltrasi, meningkatkan runoff, dan menurunkan kemampuan sistem drainase konvensional untuk mengendalikan limpasan (Cristiano et al., 2016; Redfern et al., 2016; Rezaei et al., 2019). sebagaimana disajikan dalam perhitungan dan gambar peta tataguna lahan berikut ini:

Koefisien pengaliran (C) ditetapkan berdasarkan peta penggunaan lahan pada wilayah kajian Kelurahan Fitu. Nilai koefisien pengaliran untuk setiap saluran diperoleh sebagai hasil penggabungan beberapa koefisien yang dihitung menggunakan rumus:

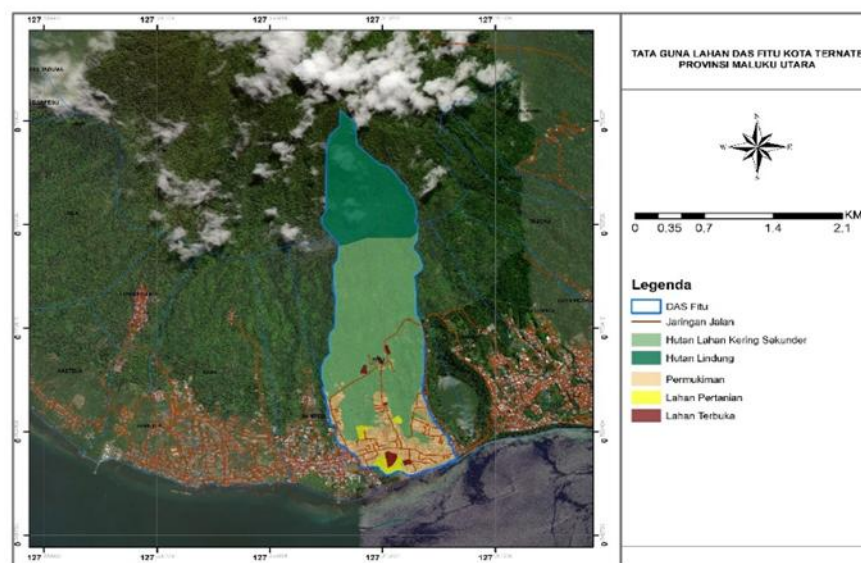
$$C = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$C = \left[\frac{(53.68 \times 0.6) + (6.04 \times 0.3) + (4.66 \times 0.6) + (85.29 \times 0.4) + (0.74 \times 0.7) + (174.94 \times 0.4)}{324.61} \right]$$

$$C = 0.44$$

Tabel 1. Koefisien Pengaliran

No	Uraian	Luas (ha)	C
1	Permukiman	53.68	0.6
2	Lahan Pertanian	6.04	0.3
3	Lahan Terbuka	4.66	0.6
4	Hutan Lindung	85.29	0.4
5	Jalan ASPAL dan Tanah	0.74	0.7
6	Hutan Lahan Kering Sekunder	174.94	0.4
Total Luas		324.61	0.44



Gambar 4. Peta Tataguna Lahan Lokasi Penelitian

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi menjadi tahapan pendahuluan yang penting dalam proses perancangan bangunan hidraulik. Makna yang terkandung dalam hal tersebut menunjukkan bahwa informasi serta parameter yang diperoleh akan menjadi dasar bagi tahapan analisis berikutnya. Dalam bidang teknik sipil, bangunan hidraulik dapat berupa saluran drainase, gorong-gorong, bendung, seperti bangunan pelimpah, tanggul pengendali banjir, dan jenis bangunan lainnya. Dimensi serta karakteristik bangunan tersebut ditentukan oleh tujuan perencanaan dan informasi yang dihasilkan dari analisis hidrologi.

Data Curah Hujan

Analisis hidrologi memerlukan ketersediaan data guna menghasilkan temuan kajian yang mendekati kondisi sebenarnya. Data yang digunakan meliputi Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta parameter-parameter yang sesuai dengan wilayah kajian, serta

data pencatatan curah hujan pada lokasi tersebut. Data hujan harian maksimum pada tahun 2015-2024 sebagaimana disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Curah Hujan Maksimum

No	Tahun	CH Maksimum
1	2015	87
2	2016	60
3	2017	60.7
4	2018	33.3
5	2019	60.7
6	2020	113
7	2021	118
8	2022	102.5
9	2023	106
10	2024	149

Sumber: BMKG Kota Ternate

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi dilakukan untuk menelaah keterkaitan antara besarnya kejadian ekstrem dan tingkat kemunculannya kemunculannya melalui penerapan distribusi probabilitas. Analisis ini merupakan suatu prosedur yang digunakan untuk memperkirakan peluang terjadinya suatu peristiwa, baik kejadian yang terjadi pada periode sebelumnya maupun yang berpeluang terjadi di masa depan. Selanjutnya, analisis frekuensi dimanfaatkan dalam penentuan penetapan hujan rencana pada berbagai periode ulang, dilakukan dengan menyesuaikan distribusi probabilitas yang paling representatif antara pendekatan teoretis dan data hujan empiris berdasarkan data empiris.

Analisis frekuensi hujan rancangan dilaksanakan dengan menggunakan aplikasi Aprob 5.1 yang dikembangkan oleh Istiarto dari UGM, hasil analisis sebagaimana tabel 3. analisis statistic dan analisis logaritmik sebagai berikut.

Tabel 3. Analisis Statistic dan Analisis Logaritmik

No	Parameter	Notasi	Analisis Statistik	Analisis Logaritmik
			Nilai	Nilai
1	Jumlah data	n	10	10
2	Minimum		33	1.52
3	Maksimum		149	2.17
4	Rerata	Σ	89	1.91
5	Simpangan baku	s	35	0.19
6	Kurtosis	Ck	-0.61	0.28
7	Skewness	Cs	0.05	-0.77

Sumber: Hasil *Running program Aprob* Istiarto, 2025

Tabel 4. Uji Kecocokan Distribusi data Terhadap Distribusi Teoritis (Uji Distribusi Chi-Kuadrat)

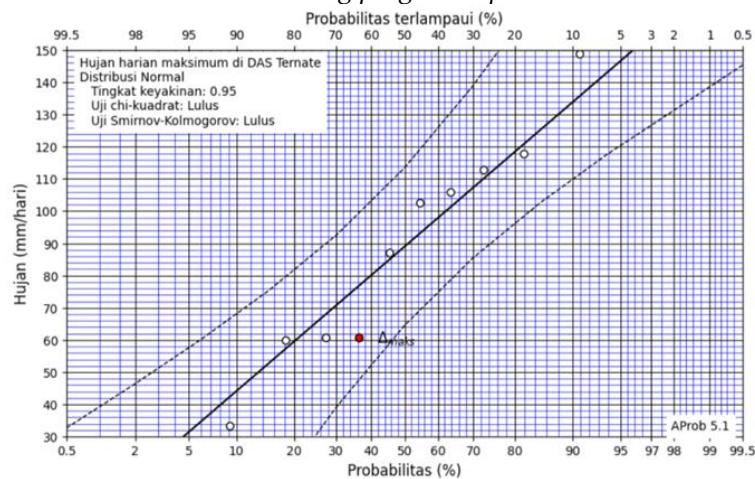
Distribusi	Normal	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel
Delta maksimum	4.000	4.000	2.000	1.000
Delta kritis	4.605	4.605	4.605	4.605
Hasil uji	Lulus	Lulus	Lulus	Lulus

Sumber: Hasil *Running program Aprob Istiarto*, 2025

Tabel 5. Uji Kecocokan Distribusi Data Terhadap Distribusi Teoretis (Uji Smirnov-Kolmogorov)

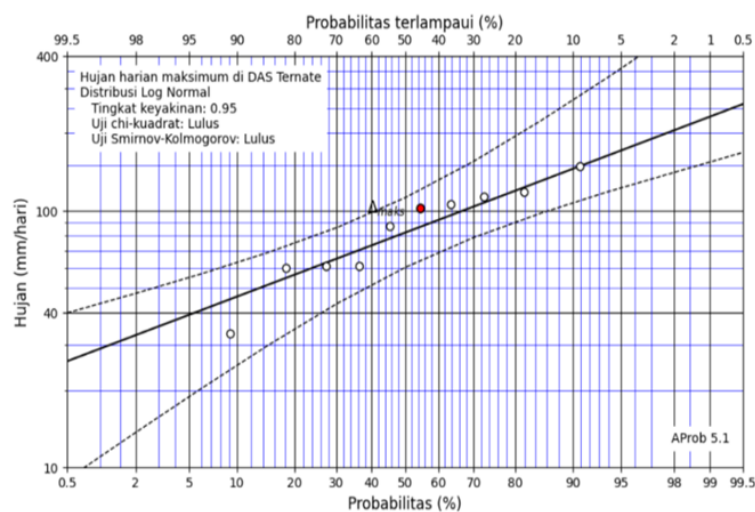
Distribusi	Normal	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel
Delta maksimum	0.154	0.145	0,137	0.164
Delta kritis	0.369	0.369	0.369	0.369
Hasil uji	Lulus	Lulus	Lulus	Lulus

Sumber: Hasil *Running program Aprob Istiarto*, 2025



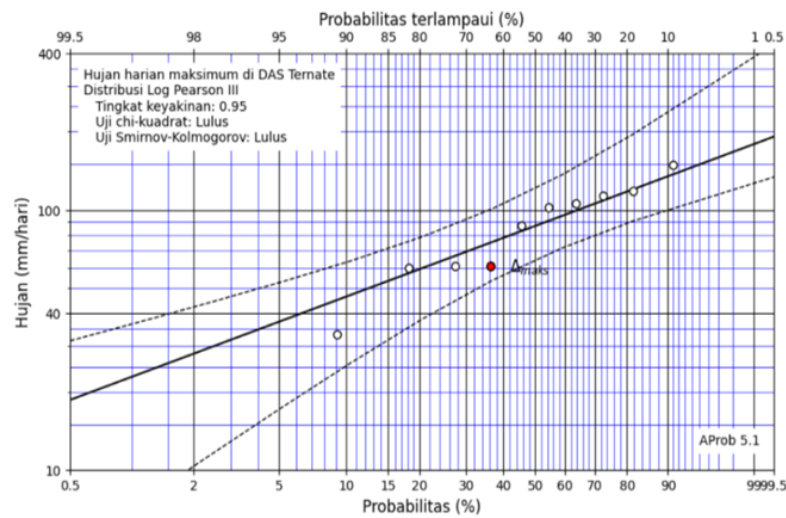
Gambar 5. Sebaran Data Distribusi Normal

Sumber: Hasil *Running program Aprob Istiarto*, 2025

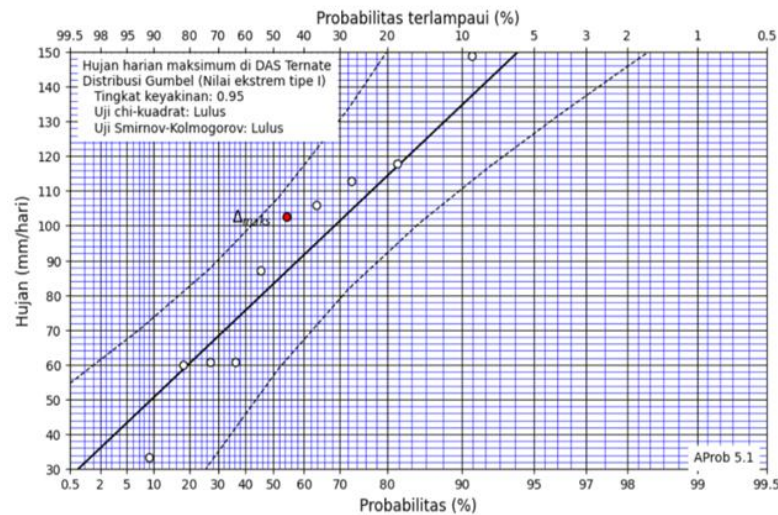


Gambar 6. Sebaran Data Distribusi Log Normal

Sumber: Hasil *Running program Aprob Istiarto*, 2025



Gambar 7. Sebaran Data Distribusi Log Pearson III
Sumber: Hasil *Running program Aprob Istiarto*, 2025



Gambar 8. Sebaran Data Distribusi Gumbel
Sumber: Hasil *Running program Aprob Istiarto*, 2025

Tabel 6. Hasil Perhitungan Hujan Rancangan Berdasarkan Kala Ulang 2-25 tahun

Kala Ulang (Tahun)	Normal	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel
2	89	82	87	83
5	118	120	118	114
10	134	146	135	135
20	147	171	149	154
25	150	180	154	161

Sumber: Hasil *Running program Aprob Istiarto*, 2025

Perhitungan Intensitas Curah Hujan Rencana

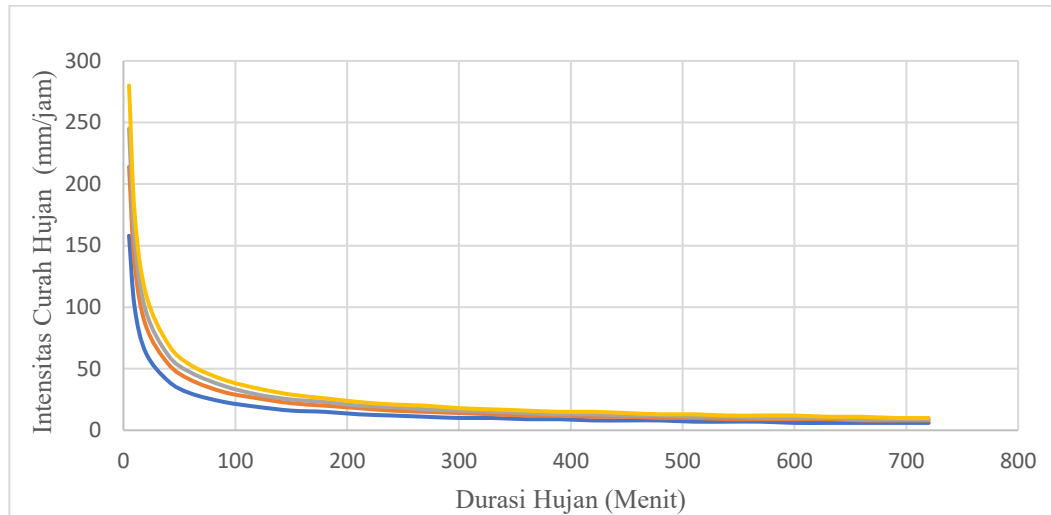
Intensitas curah hujan menggambarkan jumlah hujan yang terjadi dan dinyatakan dalam satuan tinggi curah hujan atau volume hujan dalam interval waktu tertentu,

berikut adalah hasil analisis intensitas curah hujan berdasarkan distribusi kala ulang log pearson III pada lokasi studi Kelurahan Fitu Kota Ternate dengan menggunakan metode Mononobe sebagaimana ditampilkan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan

T (Menit)	T (Jam)	Periode Ulang (tahun)			
		2	5	10	25
5	0.08	158	214	245	280
10	0.17	100	135	155	176
20	0.33	63	85	97	111
40	0.67	40	54	61	70
60	1	30	41	47	53
90	1.5	23	31	36	41
120	2	19	26	29	34
150	2.5	16	22	25	29
180	3	15	20	23	26
210	3.5	13	18	20	23
240	4	12	16	19	21
270	4.5	11	15	17	20
300	5	10	14	16	18
330	5.5	10	13	15	17
360	6	9	12	14	16
390	6.5	9	12	13	15
420	7	8	11	13	15
450	7.5	8	11	12	14
480	8	8	10	12	13
510	8.5	7	10	11	13
540	9	7	9	11	12
570	9.5	7	9	10	12
600	10	6	9	10	12
630	10.5	6	9	10	11
660	11	6	8	9	11
690	11.5	6	8	9	10
720	12	6	8	9	10

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 9. Grafik Intensitas Curah Hujan

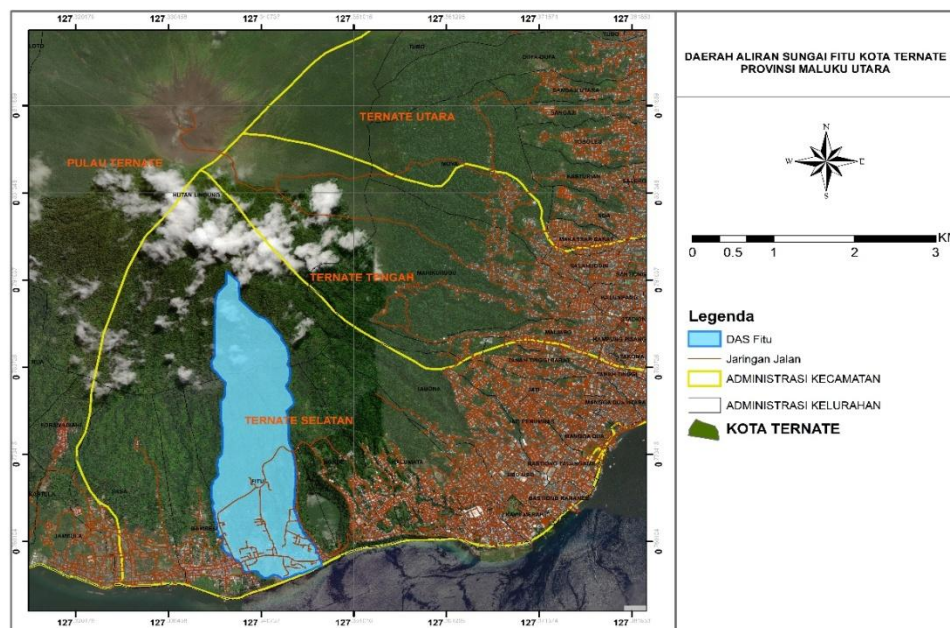
Tabel 8. Intensitas Curah Hujan Kelurahan Fitu Kota Ternate

Periode Ulang (tahun)	Curah Hujan (mm)	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)
2	83	5.8
5	114	7.80
10	135	8.39
25	161	10.19

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Analisis Debit Limpasan

Curah hujan yang tinggi di Kelurahan Fitu dan perubahan tata guna lahan (konversi hutan menjadi permukiman di lereng Gunung Gamalama) sebagai faktor yang berkontribusi terhadap potensi banjir dan limpasan permukaan di Ternate.



Gambar 10. Daerah Aliran Sungai Kelurahan Fitu

Hasil Perhitungan Debit Limpasan (Q): pada perhitungan debit limpasan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan Rasional, yaitu $Q = 0,00278 C I A$, untuk menentukan besarnya debit pada tiap periode.

Data

- Koefisien limpasan (C) : 0.44
- Luas DAS : 324.61 km
- Curah hujan rencana (R24) : 5.8 mm
- Kemiringan saluran (S) : 0.0324
- Koefisien manning (n) : 0.013

$$\begin{aligned}
 Q &= 0.00278 \times C \times I \times A \\
 &= 0.00278 \times 0.44 \times 5.8 \times 324.61 \\
 &= 2.28 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Tabel 9. Hasil Perhitungan Debit Limpasan

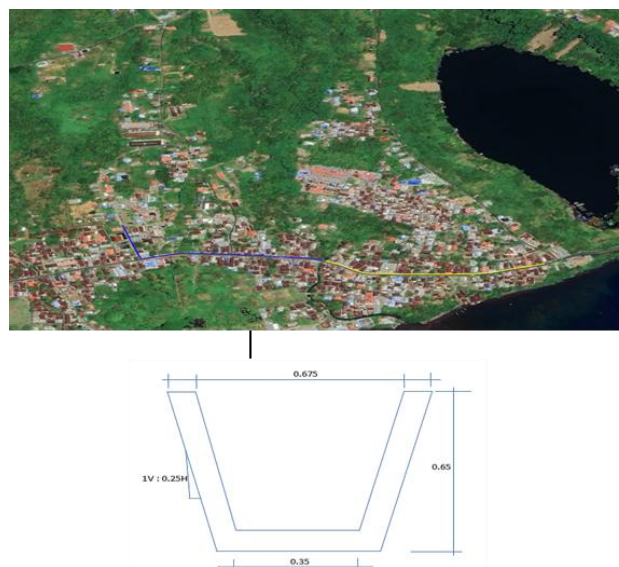
Sub-Daerah	Luas DAS (ha)	C	Kala ulang	I (mm/jam)	Q (m ³ /det)
DAS FITU	324.61	0.44	2	5.8	2.28
		0.44	5	7.80	3.09
		0.44	10	8.93	3.55
		0.44	25	10.19	4.05

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Dari hasil perhitungan debit limpasan menunjukkan adanya beberapa kejadian hujan dengan intensitas tinggi pada kala ulang 2-25 tahun sebagaimana pada tabel 9 diatas, pola ini konsisten dengan temuan bahwa di banyak wilayah tropis, hujan ekstrem menjadi lebih sering dan intens akibat perubahan iklim (Arnbjerg-Nielsen et al., 2013; Wu et al., 2024).

Analisis Kapasitas Saluran Drainase

Dari hasil debit limpasan yang terjadi, maka selanjutnya dapat menghitung dimensi saluran eksisting di Kelurahan Fitu sebagaimana gambar berikut:



Gambar 11. Saluran Eksisting Kelurahan Fitu

1. Data Dasar

- Lebar dasar saluran, b = 0,35 m
- Kemiringan sisi, m = 0,25 (artinya 1V:0,25H)
- Tinggi air (muka air rencana), h = 0,65 m
- Lebar atas teoritis (geometri), B = $b + 2 \cdot m \cdot h = 0,35 + 2 \cdot 0,25 \cdot 0,65 \approx 0,675$ m
- Kemiringan saluran, S = 0,03
- Koefisien Manning, n = 0,013

$e = 0,20$ m bisa dianggap sebagai tebal dinding/tanggul atau freeboard vertikal, bisa dijelaskan naratif di laporan (misalnya: “ $e = 0,20$ m digunakan sebagai freeboard di atas tinggi air rencana”).

2. Luas Penampang Basah (A)

Saluran trapesium:

$$\begin{aligned}
 A &= (b + m \cdot h) \cdot h \\
 &= (0,35 + 0,25 \times 0,65) \times 0,65 \\
 &= 0,33301 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

3. Keliling Basah (P)

$$\begin{aligned}
 P &= b + 2 \times \sqrt{(h^2 + (m \times h)^2)} \\
 &= 0,35 + 2 \times \sqrt{(0,675^2 + (0,25 \times 0,675)^2)} = \mathbf{1.703 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

4. Jari-jari Hidrolik (R)

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{0,333}{1,703}
 \end{aligned}$$

$$R = 0.1956 \text{ m}$$

5. Kapasitas Saluran (Q_s) dengan Rumus Manning

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/3} \\
 &= \frac{1}{0,013} \times 0,333 \times (0,1956^{2/3} \times 0,03^{1/3})
 \end{aligned}$$

$$Q = 2.68 \text{ m}^3/\text{det}$$

Berdasarkan hasil pengukuran, saluran eksisting berbentuk trapesium dengan lebar dasar 0,35 m, kemiringan sisi 1V: 0,25H, dan tinggi air rencana 0,65 m. Dengan kemiringan memanjang saluran 0,03 dan koefisien kekasaran Manning 0,013, diperoleh luas penampang basah (A) sebesar 0,4316 m², keliling basah (P) sebesar 1,8394 m, dan jari-jari hidrolik (R) sebesar 0,33301 m. Berdasarkan hasil penghitungan yang dilakukan menggunakan persamaan Manning, kapasitas saluran (Q_s) sebesar 2,68 m³/det.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Debit Banjir dan Kapasitas Saluran

Ruas	Kala ulang	Q_{banjir} (m ³ /det)	$Q_{saluran}$ (m ³ /det)
SALURAN FITU	2	2.28	2.68
	5	3.09	
	10	3.55	
	25	4.05	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir dan kapasitas saluran tersebut, hujan rencana ditetapkan untuk periode ulang 10–25 tahun memberikan intensitas yang secara signifikan lebih besar dibanding hujan rata-rata tahunan, yang implikasinya adalah debit rencana yang jauh lebih besar.

KESIMPULAN

Karakteristik hujan di Kelurahan Fitu menunjukkan adanya kejadian hujan dengan intensitas tinggi (>80 mm/hari) yang signifikan mempengaruhi besarnya limpasan permukaan. Berdasarkan hasil perhitungan debit limpasan yang diperoleh melalui metode Rasional adalah 2.28 m³/det, maka pada hujan intensitas tinggi, debit rencana melampaui kapasitas beberapa saluran drainase eksisting, terutama di kawasan permukiman padat dengan nilai koefisien limpasan tinggi.

Evaluasi kapasitas hidraulik menggunakan rumus Manning menunjukkan bahwa beberapa segmen saluran memiliki $Q_{banjir} > Q_{saluran}$, yaitu Debit banjir yang dihasilkan menunjukkan bahwa pada periode ulang 2 tahun nilainya sebesar 2,28 m³/det, periode ulang 5 tahun sebesar 3,09 m³/det, periode ulang 10 tahun sebesar 3,55 m³/det, dan periode ulang 25 tahun mencapai 4,05 m³/det sedangkan debit banjir 2.68 m³/det sehingga dapat terjadi genangan di Kelurahan Fitu. Hasil penelitian sejalan dengan literatur global yang menegaskan bahwa peningkatan intensitas hujan dan urbanisasi memperburuk kinerja sistem drainase konvensional dan meningkatkan risiko genangan/banjir lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnbjerg-Nielsen, K., Willems, P., Olsson, J., Beecham, S., Pathirana, A., Gregersen, I., Madsen, H., & Nguyen, V. (2013). Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage systems: A review. *Water Science and Technology: A Journal of the International Association on Water Pollution Research*, 68 1, 16–28. <https://doi.org/10.2166/wst.2013.251>
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Asmorowati, E. T., Rahmawati, A., Sarasanty, D., Kurniawan, A. A., Rudiyanto, M. A., Nadya, E., & Nugroho, M. W. (2021). *Drainase Perkotaan*. Ciamis: PRCI.
- Chow, V. T. (1997). *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Jakarta: Erlangga.

- Cristiano, E., Veldhuis, M., & Giesen, N. (2016). Spatial and temporal variability of rainfall and their effects on hydrological response in urban areas – A review. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21, 3859–3878. <https://doi.org/10.5194/hess-21-3859-2017>
- De Macedo, M. B., Lago, C. A. F. D., Mendiondo, E., & Giacomoni, M. (2019). Bioretention performance under different rainfall regimes in subtropical conditions: A case study in São Carlos, Brazil. *Journal of Environmental Management*, 248, 109266. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109266>
- De Souza, W. H. S., & Júnior, A. A. O. (2024). Sustainable Rainwater Management with the Use of Compensatory Urban Drainage Techniques: Case Study on The Maracanã Campus of the University of the State of Rio De Janeiro (UERJ). *Revista de Gestão Social e Ambiental*. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n3-139>
- Dunkerley, D. (2021). The importance of incorporating rain intensity profiles in rainfall simulation studies of infiltration, runoff production, soil erosion, and related landsurface processes. *Journal of Hydrology*, 60(3), 126834. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126834>
- Hadisusanto, N., (2011). *Aplikasi Hidrologi*. Malang: Jogja Mediautama.
- Maniquiz, M., Lee, S., & Kim, L. (2010). Multiple linear regression models of urban runoff pollutant load and event mean concentration considering rainfall variables. *Journal of Environmental Sciences*, 22(6), 946–952. [https://doi.org/10.1016/s1001-0742\(09\)60203-5](https://doi.org/10.1016/s1001-0742(09)60203-5)
- Putranto, M. L., Saputra, M. F., Pratama, M. R., Permadi, D. D., Sari, N. K., & Saputri, U. (2024). Drainage analysis on the Pondoktisuk Kebonkai Sta 1+700-1+800 road section, Nagrak District, Sukabumi Regency. *BIO Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202414802026>
- Rammal, M., & Berthier, E. (2020). Runoff Losses on Urban Surfaces during Frequent Rainfall Events: A Review of Observations and Modeling Attempts. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w12102777>
- Redfern, T., Macdonald, N., Kjeldsen, T., Miller, J., & Reynard, N. (2016). Current understanding of hydrological processes on common urban surfaces. *Progress in Physical Geography*, 40, 699–713. <https://doi.org/10.1177/0309133316652819>
- Rezaei, A., Ismail, Z., Niksokhan, M. H., Ramli, A. H., Sidek, L., & Dayarian, M. A. (2019). Investigating the effective factors influencing surface runoff generation in urban catchments–A review. *DESALINATION AND WATER TREATMENT*. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24359>
- Tafazzoli, M. (2023). Hydrologic responses to urbanization: Towards a holistic approach for maximizing green roofs' performance in controlling urban precipitations. *Urban Climate*. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101352>
- Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wang, X., Zhang, R., Hu, Q., Sun, C., Ikram, R. M. A., Wang, M., & Cheng, G. (2025). Assessment of the Hydrological Performance of Grass Swales for Urban Stormwater Management: A Bibliometric Review from 2000 to 2023. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w17101425>

- Wu, Y., Yin, X., Zhou, G., Bruijnzeel, L., Dai, A., Wang, F., Gentine, P., Zhang, G., Song, Y., & Zhou, D. (2024). Rising rainfall intensity induces spatially divergent hydrological changes within a large river basin. *Nature Communications*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44562-8>
- Zhao, D., Wei, T., Jia, Z., Feng, J., Kong, Y., & Li, Y. (2022). The influence of rainfall and catchment characteristics on runoff generation in urban catchments – A case study in Hebi City of China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09847-3>