

Analisis Kapasitas Saluran Drainase Calung dalam Penanganan Banjir di Kota Pasuruan

Suyanto¹, Afrikhatul Maulidiyah²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Yudharta Pasuruan

Keywords :

Calung Drainage; Channel Capacity; Flood

Kata Kunci :

Drainase Calung; Debit Banjir; Kapasitas Saluran

Article History :

Submitted : 26 Agustus 2023
Accepted : 29 Desember 2023
Available Online : Desember 2023

Korespondensi Penulis :
Suyanto

Email :
yantoss708@gmail.com

Abstract

The Calung drainage channel, Pasuruan City, is currently unable to accommodate the flood discharge that is occurring and is causing overflows which can increase the risk of flooding. This research aims to evaluate the capacity of the Calung drainage channel so that it is able to handle the flow rate that occurs. The methods used are algebraic average rainfall analysis using the RAPS consistency test, existing flood discharge using the rational method and channel capacity analysis using the slope area method. The flow coefficient value is 0.375, the rain intensity is 48.508 mm/hour and the catchment area is 10.199 km². The results of the research show that in the 10 year return period the resulting planned channel discharge was 51.578 m³/second while the maximum channel discharge was 46.44 m³/second so that the capacity of the existing channel was unable to accommodate the planned discharge, which had the potential for overflow. Evaluation of channel dimensions by increasing width and depth shows that increasing capacity will be able to handle flow discharges that occur in the next 10 years and reduce the potential for flooding in Pasuruan City.

Abstrak

Saluran drainase Calung, Kota Pasuruan, saat ini tidak dapat menampung debit banjir yang terjadi dan menyebabkan luapan yang dapat meningkatkan risiko banjir. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase Calung sehingga mampu menangani debit aliran yang terjadi. Metode yang digunakan yaitu analisis curah hujan rata-rata aljabar dengan uji konsistensi RAPS, debit banjir eksisting menggunakan metode rasional serta analisis kapasitas saluran menggunakan metode *slope area*. Nilai koefisien aliran sebesar 0,375, intensitas hujan sebesar 48,508 mm/jam dan luas daerah tangkapan air 10,199 km². Hasil penelitian menunjukkan, pada periode kala ulang 10 tahun debit rencana saluran yang dihasilkan sebesar 51,578 m³/detik sedangkan debit saluran maksimum 46,44 m³/detik sehingga kapasitas saluran eksisting tidak mampu menampung debit rencana, yang berpotensi terjadinya luapan. Evaluasi dimensi saluran dengan meningkatkan lebar dan kedalaman menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas akan mampu menangani debit aliran yang terjadi dalam 10 tahun ke depan dan mengurangi potensi banjir di Kota Pasuruan.

DOI :

Sitasi : Suyanto, Maulidiyah, A. 2023. Analisis Kapasitas Saluran Drainase Calung Dalam Penanganan Banjir Di Kota Pasuruan. Vol. 02 No. 02. Hal. 44-55

© 2023 Composite: Journal of Civil Engineering

This is an open access article distributed under the CC BY-SA 4.0 license
(<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

Banjir adalah kondisi di mana air meluap melebihi kapasitas sungai dan juga dianggap sebagai suatu kejadian bencana karena mengganggu berbagai aktivitas masyarakat (Taryana et al., 2022). Permasalahan banjir di Indonesia merupakan masalah serius dan kompleks yang melibatkan berbagai faktor seperti pertumbuhan urban yang cepat, perubahan pola hujan akibat perubahan iklim, buruknya pengelolaan drainase dan sungai, serta penurunan kualitas lingkungan (Syukur, 2021). Banjir sering kali menyebabkan kerugian ekonomi, kerusakan infrastruktur, dampak sosial, dan ancaman terhadap keamanan masyarakat. Meskipun tidak dapat dicegah sepenuhnya, banjir dapat dikelola dan dampak kerugiannya dapat diminimalkan (Findayani, 2018). Tingginya curah hujan, kurangnya tata kelola air yang baik, serta ketidakseimbangan antara pembangunan fisik dan pelestarian lingkungan semakin memperburuk masalah banjir di berbagai kawasan di Indonesia, menekankan urgensi perlunya pendekatan holistik dalam penanganan masalah ini (Zubaidi, 2018).

Permasalahan banjir di Kota Pasuruan merupakan isu yang mendesak dan drainase Calung memiliki peran sentral dalam mengatasi banjir. Sistem drainase adalah upaya rekayasa infrastruktur dalam suatu wilayah untuk mengatasi potensi genangan banjir (Musa & Ashad, 2022). Sistem drainase yang terdapat di area permukiman termasuk dalam kategori drainase minor yang berarti sistem pengelolaan air tersebut bertanggung jawab untuk mengumpulkan air dari sumber awal dan mengarahkannya menuju saluran utama drainase (Syarifuddin, 2017). Pertumbuhan perkotaan yang pesat dan perubahan tata guna lahan telah mengakibatkan peningkatan aliran air hujan yang tidak terkendali, yang pada gilirannya menimbulkan banjir di berbagai wilayah kota (Tambak, 2018). Drainase Calung sebagai salah satu sistem pengelolaan air di wilayah tersebut, mengalami tekanan signifikan akibat curah hujan tinggi dan tingkat aliran yang cepat. Kinerja drainase Calung yang belum optimal serta perubahan pola hujan yang sulit diprediksi telah menyebabkan air hujan berlebih sulit disalurkan dengan efisien, memperburuk risiko banjir di Kota Pasuruan.

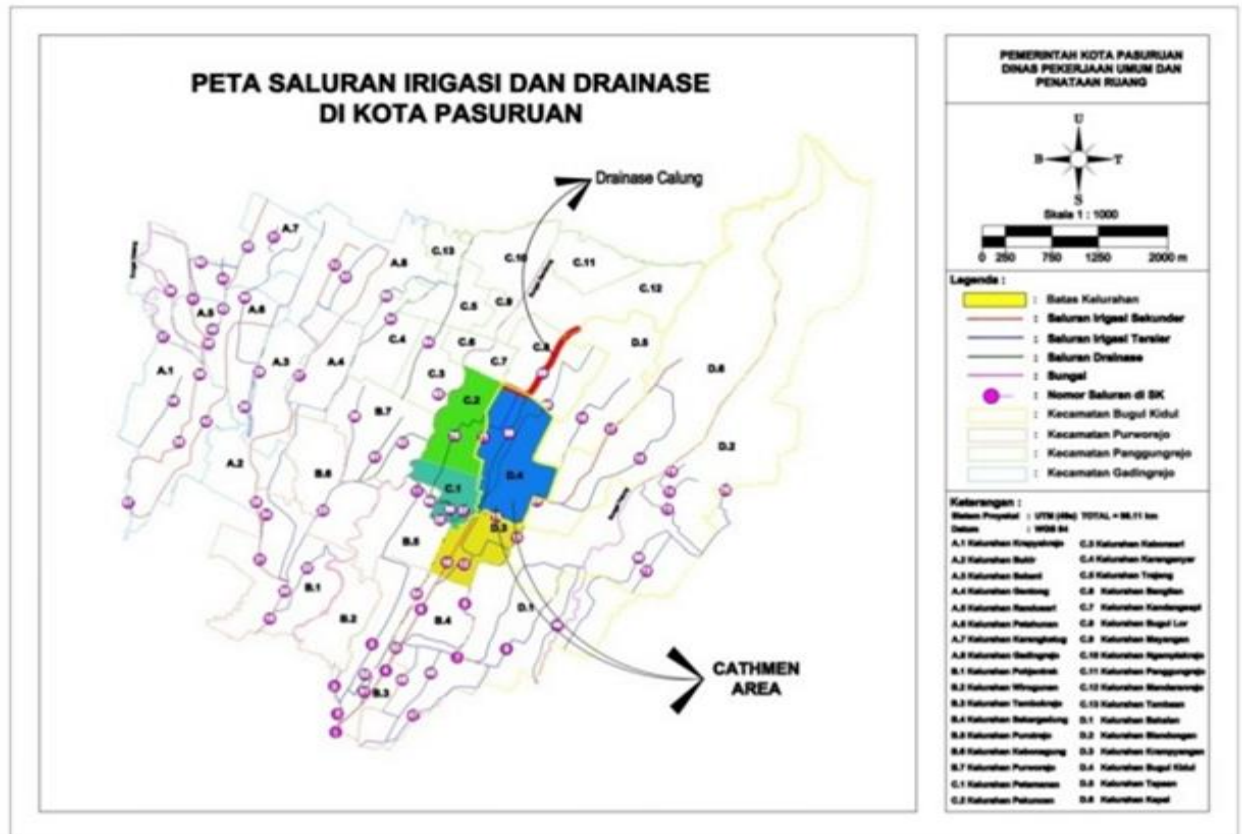
Saluran drainase Calung yang sudah ada seringkali mengganggu aktivitas masyarakat di Kota Pasuruan. Hal ini terjadi karena desain dan kondisi saluran yang kurang memadai untuk menangani volume air yang tinggi saat terjadi hujan lebat. Genangan air yang terbentuk akibat saluran yang tidak mampu menampung air dengan baik menghambat mobilitas masyarakat, terutama pada jalan-jalan yang berdekatan dengan saluran drainase tersebut. Pasokan air bersih juga dapat terkontaminasi oleh air banjir yang masuk ke dalam sumur-sumur penduduk, mengganggu kesehatan masyarakat. Selain itu, ketika air banjir merendam pemukiman penduduk, banyak aktivitas harian menjadi terhambat. Rumah-rumah terendam air, memaksa penduduk untuk mengungsi atau menjalani kondisi hidup yang tidak layak. Usaha mikro dan makro seperti warung, toko, dan pertokoan juga mengalami kerugian akibat air yang masuk dan merusak barang dagangan. Bahkan, sekolah dan fasilitas umum lainnya dapat terganggu operasionalnya, mempengaruhi pendidikan dan aktivitas sosial masyarakat.

Banjir akibat luapan drainase Calung memiliki dampak yang merusak terhadap prasarana jalan raya terdeka. Saat air dari drainase meluap akibat curah hujan yang tinggi atau kapasitas drainase yang tidak mencukupi, air banjir cenderung mengalir ke area jalan raya. Air yang merendam jalan-jalan ini bisa merusak lapisan aspal, membuat jalan licin, dan bahkan menyebabkan kerusakan struktural yang lebih serius pada permukaan jalan. Kerusakan pada jalan raya akibat banjir dapat memiliki efek berantai yang mengganggu mobilitas dan transportasi. Permukaan jalan yang rusak dan licin dapat meningkatkan risiko kecelakaan lalu lintas. Selain itu, genangan air yang terbentuk dapat menghambat pergerakan kendaraan, menyebabkan kemacetan lalu lintas yang signifikan, dan berdampak pada keterlambatan dalam mobilitas masyarakat serta distribusi barang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi apakah kapasitas saluran drainase Calung sudah memadai untuk menampung volume air yang dihasilkan selama hujan deras. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi perbaikan atau peningkatan pada sistem drainase Calung guna meningkatkan efisiensi dalam penanganan banjir dan mengurangi dampak negatif akibat genangan air di Kota Pasuruan.

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian yaitu di saluran drainase Calung yang melewati dua kecamatan dan empat Kelurahan, yaitu Kelurahan Mandaranrejo dan Kelurahan Bugul Lor di Kecamatan Panggungrejo serta Kelurahan Bugul Kidul dan Kelurahan Tapaan di Kecamatan Bugul Kidul. *Catchment area* drainase seluas 10,199 km². Peta cakupan saluran drainase Calung ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi dan Catchment Area Drainase Calung

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Pasuruan (2019)

Analisis curah hujan dalam penelitian ini mengandalkan data curah hujan dari tiga stasiun hujan utama di wilayah ini, yaitu Stasiun Hujan P3GI, Stasiun Hujan Winongan, dan Stasiun Hujan Oro-Oro Pule. Rentang waktu yang dicakup dalam analisis data ini mencakup periode 15 tahun dari tahun 2007 hingga 2022. Data hujan yang dianalisis dalam penelitian ini adalah curah hujan maksimum setiap tahun. Sebelum dianalisis, diperlukan mengukur konsistensi data curah hujan maksimum setiap tahun di masing-masing stasiun hujan menggunakan metode RAPS (*Relative Absolute Percentage Error*). Metode ini digunakan untuk menguji apakah data curah hujan konsisten atau tidak, dengan mempertimbangkan bahwa data hujan yang signifikan dalam wilayah tersebut (Yulianto, 2020). Salah satu kriteria penting dalam metode ini adalah memastikan bahwa hasil evaluasi (RAPS) memenuhi syarat nilai konsistensi yang lebih kecil dari nilai kritis berdasarkan tingkat signifikansi (α) yang digunakan. Adapun tingkat signifikansi dalam penelitian ini sebesar 10%. Penentuan curah hujan kawasan dalam penelitian ini menggunakan metode rata-rata aljabar. Metode rata-rata aljabar dipilih karena lokasi penelitian memilih elevasi yang datar dan distribusi hujan cenderung merata pada kawasan studi.

Kemudian dilanjutkan dengan penentuan distribusi hujan dengan menentukan di antara distribusi normal, gumbel, log normal dan log pearson tipe III yang memenuhi kriteria parameter statistik yakni C_v , C_s dan C_k untuk digunakan dalam analisis frekuensi. Analisis curah hujan dilakukan dengan tujuan untuk memahami waktu konsentrasi atau waktu ulang berdasarkan perhitungan intensitas curah hujan menggunakan metode Mononobe. Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh di suatu daerah untuk mengalir ke saluran drainase atau titik pembuangan tertentu (Makbul, 2020). Metode Mononobe digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan yang diharapkan selama periode

ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun yang menjadi fokus analisis dalam penelitian ini yang dibentuk dalam grafik IDF (*Intensity-Duration-Frequency*). Adapun rumus perhitungan intensitas hujan dengan metode Mononobe (Suripin, 2003).

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

Dimana:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan / durasi curah hujan (jam)

R₂₄ = Curah hujan dalam 24 jam (mm/hari)

Perhitungan debit banjir rencana untuk kala ulang tahunan menggunakan rumus metode rasional. Metode rasional ini digunakan untuk memperkirakan debit banjir yang dapat terjadi dalam suatu daerah pada periode ulang tahunan tertentu (Irawan, 2019). Nilai koefisien pengaliran atau limpasan dapat melihat kawasan sekitar drainase yang berupa rumah atau pemukiman sehingga nilai C yang dapat digunakan pada rentang 0,25-0,40. Pada penelitian ini digunakan sebesar 0,375. Adapun *catchment area* (A) pada Kawasan pengaliran drainase dihitung seluas 10,1993 km² Panjang lereng atau Panjang saluran (L) yaitu sepanjang 1.436 m dengan kemiringan/*slope* (S) dapat diketahui menggunakan *google earth* meninjau elevasi awal dan elevasi akhir saluran yaitu 0,00255. Waktu konsentrasi dapat dihitung menggunakan rumus Kirpich (1940) sebagai berikut.

$$T_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$$

Dimana:

T_c = Waktu pengaliran (menit)

L = Panjang lereng (m)

S = Kemiringan lereng

Intensitas hujan kala ulang kemudian dihitung debit rencana sebagai nilai pembanding dengan debit saluran. Debit maksimum dilakukan dengan rumus perhitungan sebagai berikut.

$$Q_{\text{tahun}} = 0,278 \times C \times I \times A$$

Dimana:

Q = Debit (m³/detik)

0,278 = Konstanta, digunakan jika satuan luas daerah menggunakan km²

C = Koefisien aliran

I = Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = *Catchment area* (km²)

Debit banjir yang digunakan untuk menghitung dan mengevaluasi kapasitas saluran didasarkan pada kala ulang 10 tahun merujuk pada karena luas *catchment area* studi lebih dari 10 ha dan kota Pasuruan dikategorikan tipologinya sebagai kota sedang. Debit banjir aliran saluran harus lebih kecil dari debit kapasitas saluran untuk dapat menampung aliran. Merujuk pada Peraturan Menteri PU Nomor 12 Tahun 2014, apabila debit banjir lebih besar dari kapasitas saluran maka diperlukan evaluasi dimensi saluran untuk memperbesar kapasitas dengan mengusulkan tinggi dan lebar saluran.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis dimulai dengan mengumpulkan data hujan untuk menilai intensitas curah hujan melalui uji konsistensi data, serta menganalisis curah hujan maksimum dan frekuensinya. Tahap berikutnya melibatkan analisis debit rencana dan kapasitas saluran untuk mengevaluasi kemampuan saluran dalam menangani aliran air yang dihasilkan oleh curah hujan yang signifikan.

Uji Konsistensi Data

Data hidrologi yang diambil sering kali bisa mengandung kesalahan yang mungkin mempengaruhi hasil analisis. Hasil uji konsistensi data hujan dengan metode RAPS dengan data hujan yang digunakan untuk ketiga stasiun hujan disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan analisis dengan tingkat kesalahan

kepercayaan (konsistensi, α) sebesar 10%, seluruh data hujan dari ketiga stasiun hujan lebih kecil dari nilai kritis sehingga dinyatakan konsisten dan dapat dianalisis.

Tabel 1 Uji Konsistensi Data Hujan

Stasiun Hujan	Kriteria	Nilai Kritis	Nilai Konsistensi	Keterangan
P3GI	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$	1,14	0,515	Konsisten
	$\frac{R}{\sqrt{n}}$	1,28	0,866	Konsisten
Winongan	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$	1,14	0,784	Konsisten
	$\frac{R}{\sqrt{n}}$	1,28	1,056	Konsisten
Oro-Oro Pule	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$	1,14	0,772	Konsisten
	$\frac{R}{\sqrt{n}}$	1,28	1,103	Konsisten

Curah Hujan Maksimum

Metode rata-rata aljabar digunakan untuk menganalisis curah hujan maksimum melibatkan pengumpulan data rata-rata curah hujan harian maksimum dari tiga stasiun hujan yang ada setiap tahunnya. Adapun hasil perhitungan curah hujan maksimum rata-rata disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Curah Hujan Maksimum Rata-Rata

Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)			
	Oro-Oro Pule	P3GI	Winongan	Rata-Rata
2008	211,00	53,00	60,00	108,00
2009	95,00	102,00	105,00	100,67
2010	140,00	107,00	146,00	131,00
2011	98,00	59,00	115,00	90,67
2012	60,00	67,00	69,00	65,33
2013	114,00	81,91	63,00	86,30
2014	97,00	84,41	77,00	86,14
2015	85,00	68,00	77,00	76,67
2016	120,00	88,00	107,00	105,00
2017	98,00	67,00	53,00	72,67
2018	122,00	63,00	100,00	95,00
2019	76,00	101,00	260,00	145,67
2020	93,00	91,00	121,00	101,67
2021	83,00	135,00	120,00	112,67
2022	88,00	126,00	120,00	111,33

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Rata-rata curah hujan maksimum yang dihasilkan dari ketiga stasiun pengukuran curah hujan selanjutnya disusun dalam urutan mulai dari yang memiliki nilai terendah hingga tertinggi. Hasil dari pengurutan ini kemudian ditampilkan dengan jelas pada Tabel 3, memberikan gambaran yang lebih terstruktur tentang variabilitas curah hujan di wilayah tersebut.

Tabel 3 Urutan Curah Hujan Maksimum

No	Urutan Curah Hujan Maksimum Min-Max (mm)
1	65,333
2	72,667
3	76,667
4	86,138
5	86,303
6	90,667
7	95,000

No	Urutan Curah Hujan Maksimum Min-Max (mm)
8	100,667
9	101,667
10	105,000
11	108,000
12	111,333
13	112,667
14	131,000
15	145,667

Sumber : Hasil Analisis (2023)

Tabel 3 menunjukkan urutan curah hujan maksimum beserta rentang nilai minimum hingga maksimum untuk setiap urutan. Curah hujan maksimum diurutkan dari yang terendah hingga yang tertinggi dengan nilai-nilai yang berkisar antara 65,333 mm hingga 145,667 mm.

Penentuan Distribusi Curah Hujan

Setelah data curah hujan diurutkan dari terkecil hingga terbesar, langkah selanjutnya adalah menentukan distribusi curah hujan yang akan digunakan dalam analisis frekuensi. Parameter statistik ini melibatkan berbagai metode yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik distribusi data seperti koefisien variasi (C_v), koefisien kemencengan atau *skewness* (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k). Setelah perhitungan parameter statistik dari data curah hujan, langkah selanjutnya adalah membandingkan hasil tersebut dengan persyaratan atau batasan yang sesuai untuk masing-masing distribusi statistik. Hasil uji distribusi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Parameter Uji Distribusi Statistik

Jenis Distribusi	Parameter	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
Normal	$C_s \approx 0$	0,53	Tidak
	$C_k \approx 3$	3,87	Memenuhi
Gumbel	$C_s \approx 1,139$	0,53	Tidak
	$C_k \approx 5,402$	3,87	Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^2 + 3C_v$	0,14	Tidak memenuhi
	$C_k \approx 5,383$	3,04	
	$C_v = 0,06$	0,04	
Log Pearson Tipe III	$C_s \neq 0,0$	-0,03	Memenuhi
	$C_v \approx 0,05$	0,05	

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Distribusi Normal, Gumbel, dan Log Normal tidak memenuhi kriteria yang ditetapkan sedangkan distribusi Log Pearson Tipe III dipilih sebagai distribusi yang tepat untuk menganalisis curah hujan.

Analisis Frekuensi dan Curah Hujan Rencana

Analisis frekuensi dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan distribusi Log Pearson tipe III. Hasil analisis frekuensi curah hujan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Distribusi Frekuensi Hujan Rancangan

No Urut (X_i)	(R_i)	Log R_i	$(\log R_i - \log R)^2$	$(\log R_i - \log R)^3$
1	65,333	1,815	0,030	-0,0051
2	72,667	1,861	0,016	-0,0020
3	76,667	1,885	0,011	-0,0011
4	86,138	1,935	0,003	-0,0001
5	86,303	1,936	0,003	-0,0001
6	90,667	1,957	0,001	0,0000
7	95,000	1,978	0,000	0,0000
8	100,667	2,003	0,000	0,0000
9	101,667	2,007	0,000	0,0000

No Urut (Xi)	(Ri)	Log Ri	(log Ri - log R) ²	(log Ri - log R) ³
10	105,000	2,021	0,001	0,0000
11	108,000	2,033	0,002	0,0001
12	111,333	2,047	0,004	0,0002
13	112,667	2,052	0,004	0,0003
14	131,000	2,117	0,017	0,0022
15	145,667	2,163	0,031	0,0054
Total	1488,774	29,811	0,122	-0,0003
Jumlah Data	15			

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Analisis selanjutnya adalah menentukan curah hujan rencana untuk setiap kala ulang untuk menghitung curah hujan. Dalam penelitian ini, digunakan nilai K setiap kala ulang dengan interpolasi koefisien kemencengan (Cs) pada nilai -0,026. Adapun hasil interpolasi disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Nilai K berdasarkan Interpolasi Koefisien Asimetri

Koefisien Asimetri (Cs)	Kala Ulang, Tahun						
	2	5	10	25	1,25	1,67	2,5
	Persen Peluang						
	50	20	10	4	80	60	40
-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	-1,038	-0,362	0,313
-0,026	0,003	0,845	1,281	1,745	-1,128	-0,418	0,293
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	-0,986	-0,330	0,325

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Langkah selanjutnya adalah menghitung curah hujan rencana (Rt) untuk setiap kala ulang berdasarkan persamaan curah hujan rencana untuk distribusi Log Pearson tipe III sebagai berikut

$$R_t = \log (\text{Log } \bar{p} + S \log p \times K)$$

Adapun nilai parameter standar deviasi dan rata-rata log yang digunakan dalam perhitungan hujan rencana setiap kala ulang dalam nilai yang sama berdasarkan analisis frekuensi (Tabel 4) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \bar{S} \text{Log } p &= \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } p - \text{Log } \bar{p})^2}{(n-1)}} & \text{Log } \bar{p} &= \frac{\sum \log p}{n-1} \\ &= \sqrt{\frac{0,000}{14}} & &= \frac{29,81}{15-1} \\ &= 0,093 & &= 1,99 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan persamaan di atas dan parameter yang digunakan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Curah Hujan Rencana Kala Ulang

Kala Ulang (Tahun)	K	Log Rt	Rt (mm)
2	0,003	1,988	97,213
5	0,845	2,066	116,474
10	1,281	2,107	127,908
25	1,745	2,150	141,312
50	2,041	2,178	150,602
100	2,307	2,203	159,464

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin lama kala ulangnya, intensitas curah hujan rencana cenderung meningkat, seperti yang tercermin dari peningkatan nilai Rt dari 97,213 mm pada kala ulang 2

tahun menjadi 159,464 mm pada kala ulang 100 tahun.. Seluruh curah hujan rencana setiap kala ulang kemudian digunakan dalam analisis intensitas hujan.

Analisis Intensitas Hujan

Perhitungan intensitas hujan menggunakan metode Monobebe. Besaran hujan rancangan pada distribusi frekuensi digunakan untuk mengetahui besaran intensitas curah hujan, dalam penelitian ini akan ditinjau periode waktu sampai dengan 120 menit atau 2 jam. Hasil perhitungan intensitas hujan setiap kala ulang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 8 Intensitas Hujan

		Intensitas Curah Hujan (mm/jam)					
		Kala ulang					
t (jam)	t (menit)	2	5	10	25	50	100
		R ₂₄ (mm)					
		97,21	116,47	127,91	141,31	150,60	159,46
0,08	5	176,65	211,65	232,42	256,78	273,66	289,77
0,17	10	111,28	133,33	146,42	161,76	172,40	182,54
0,25	15	84,92	101,75	111,74	123,45	131,56	139,31
0,33	20	70,10	83,99	92,24	101,90	108,60	114,99
0,42	25	60,41	72,38	79,49	87,82	93,59	99,10
0,50	30	53,50	64,10	70,39	77,77	82,88	87,76
0,58	35	48,27	57,84	63,52	70,17	74,79	79,19
0,67	40	44,16	52,91	58,11	64,20	68,42	72,44
0,75	45	40,83	48,92	53,72	59,35	63,25	66,97
0,83	50	38,06	45,60	50,07	55,32	58,96	62,43
0,92	55	35,71	42,79	46,99	51,92	55,33	58,58
1,00	60	33,70	40,38	44,34	48,99	52,21	55,28
1,08	65	31,95	38,28	42,04	46,44	49,50	52,41
1,17	70	30,41	36,44	40,01	44,21	47,11	49,88
1,25	75	29,04	34,80	38,21	42,22	44,99	47,64
1,33	80	27,82	33,33	36,60	40,44	43,10	45,64
1,42	85	26,72	32,01	35,15	38,84	41,39	43,83
1,50	90	25,72	30,82	33,84	37,39	39,84	42,19
1,58	95	24,81	29,72	32,64	36,06	38,43	40,70
1,63	97,87	24,32	29,14	32,00	35,35	37,68	39,90
1,67	100	23,97	28,72	31,54	34,85	37,14	39,33
1,75	105	23,21	27,81	30,54	33,74	35,95	38,07
1,83	110	22,50	26,96	29,60	32,70	34,86	36,91
1,92	115	21,84	26,17	28,74	31,75	33,84	35,83
2,00	120	21,23	25,44	27,93	30,86	32,89	34,83
Total		1106,83	1326,12	1456,31	1608,92	1714,70	1815,60
Maksimum		176,65	211,65	232,42	256,78	273,66	289,77

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Hasil analisis menunjukkan intensitas hujan maksimum pada kala ulang 10 tahun sebesar 232,42mm.

Analisis Debit Rencana

Intensitas hujan kala ulang kemudian dihitung debit maksimumnya atau debit rencana sebagai nilai pembanding dengan debit aliran. Debit rencana disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9 Debit Rencana

Kala Ulang	Koefisien Aliran	Intesitas Hujan (mm/jam)	Catchment Area (km ²)	Debit Rencana (m ³ /detik)
2	0,375	36,867	10,1993	39,200
5	0,375	44,172	10,1993	46,967
10	0,375	48,508	10,1993	51,578
25	0,375	53,591	10,1993	56,982
50	0,375	57,115	10,1993	60,729
100	0,375	60,476	10,1993	64,302

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014, debit rencana yang digunakan dalam analisis kapasitas drainase Calung adalah debit rencana kala ulang 10 tahun. Untuk kala ulang 10 tahun, dengan koefisien aliran tetap pada nilai 0,375 dan intensitas hujan sebesar 48,508 mm/jam, serta luas daerah tangkapan air 10,1993 km², debit rencana yang dihasilkan adalah sekitar 51,578 m³/detik.

Analisis Kapasitas Saluran

Saluran drainase Calung di Kota Pasuruan yang direncanakan Dinas Pekerjaan Umum berbentuk trapesium sepanjang 1300 m berbahan batu kali. Analisis kapasitas ditentukan pada setiap titik saluran per 100 m untuk mendapatkan debit tampungan yang lebih detail. Sebagai contoh, perhitungan debit tampungan saluran drainase pada titik 2000 sebagai berikut:

$$\text{Manning (n)} = 0,021 \text{ (Pasangan batu kali)}$$

$$\text{Slope saluran memanjang (S)} = 0,0075$$

$$\text{Kemiringan dinding saluran (H)} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman penampang (y)} = 1,18 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kemiringan saluran (m)} &= \frac{y}{H} \\ &= \frac{1,18}{0,4} \\ &= 2,95 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar saluran (B)} = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang basah (A)} &= (B + (m \times y)) y \\ &= (3 + (2,95 \times 1,18)) \times 1,18 \\ &= 7,647 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling basah (P)} &= B + 2y(m^2+1)^{0,5} \\ &= 3 + 2(1,073) (3,576^2+1)^{0,5} \\ &= 10,351 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{7,647}{10,3511} \\ &= 0,739 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran (v)} &= \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{1}{0,021} 0,73882^{\frac{2}{3}} 0,0075^{\frac{1}{2}} \\ &= 3,481 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit aliran (Qs)} &= A \times v \\ &= 7,648 \times 3,481 \\ &= 26,62 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Hasil kapasitas saluran eksisting dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 10 Debit Tampungan Saluran Drainase Calung

Titik	Hasil Perhitungan				
	Luas Penampang (m ²)	Keliling Basah (m)	Jari-jari Hidrolis (m)	Kecepatan Aliran (m/det)	Debit Tampungan (m ³ /det)
2000	7,65	10,35	0,74	3,48	26,62
2100	8,76	14,04	0,62	3,11	27,27
2200	5,62	10,42	0,54	3,31	18,60
2300	4,52	7,43	0,61	3,06	13,83
2400	5,97	8,92	0,67	1,63	9,72
2500	7,47	10,27	0,73	4,55	34,01
2600	5,48	8,35	0,66	4,95	27,14
2700	7,00	9,47	0,74	3,26	22,80
2800	6,50	9,39	0,69	3,12	20,27
2900	5,71	8,69	0,66	1,97	11,26
3000	8,59	10,62	0,81	1,31	11,22
3100	10,51	12,77	0,82	3,74	39,33
3200	10,00	12,47	0,80	2,25	22,51
3300	12,70	15,97	0,80	3,66	46,44

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Setelah melakukan analisis debit aliran, dilakukan evaluasi kapasitas saluran eksisting. Evaluasi kapasitas saluran eksisting adalah analisis terhadap kemampuan saluran drainase yang direncanakan mampu menampung debit aliran pada kala ulang 10 tahun. Jika saluran tidak mampu menampung debit banjir tersebut, maka akan terjadi aliran air yang melimpah (limpasan) dan terbentuk genangan. Adapun evaluasi kapasitas saluran drainase Calung disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11 Evaluasi Kapasitas Saluran

Titik	Debit Tampungan (m ³ /detik)	Debit Aliran (m ³ /detik)	Keterangan
2000	26,620	51,578	Meluap
2100	27,268	51,578	Meluap
2200	18,598	51,578	Meluap
2300	13,832	51,578	Meluap
2400	9,718	51,578	Meluap
2500	34,010	51,578	Meluap
2600	26,707	51,578	Meluap
2700	22,796	51,578	Meluap
2800	20,272	51,578	Meluap
2900	11,257	51,578	Meluap
3000	11,221	51,578	Meluap
3100	39,331	51,578	Meluap
3200	22,510	51,578	Meluap
3300	46,442	51,578	Meluap

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Hasil analisis menunjukkan bahwa debit tampungan yang sudah ada tidak mencukupi debit saluran. Hal ini menyebabkan air hujan meluap dan menggenangi daerah sekitarnya pada saat curah hujan maksimum di Kota Pasuruan. Dalam usaha mengurangi dampak banjir, perlu ditingkatkan kapasitas saluran drainase dengan merancang ulang dimensi saluran sehingga mampu menampung debit aliran pada periode ulang 10 tahun (Kementerian PU, 2014). Adapun hasil evaluasi kapasitas saluran dengan usulan dimensi pada setiap titik disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12 Hasil Evaluasi Dimensi Saluran

Titik	Usulan Lebar Saluran (m)	Usulan Tinggi Saluran (m)	Debit Tampungan Baru (m ³ /detik)	Debit Aliran (m ³ /detik)	Keterangan
2000	3,80	1,580	58,812	51,578	Tidak Meluap
2100	3,40	1,341	56,997	51,578	Tidak Meluap
2200	3,40	1,275	57,413	51,578	Tidak Meluap
2300	3,80	1,580	58,812	51,578	Tidak Meluap
2400	4,95	1,652	61,346	51,578	Tidak Meluap
2500	5,30	1,338	61,551	51,578	Tidak Meluap
2600	6,10	1,250	60,554	51,578	Tidak Meluap
2700	6,10	1,550	60,817	51,578	Tidak Meluap
2800	4,80	1,550	59,520	51,578	Tidak Meluap
2900	4,50	1,628	59,241	51,578	Tidak Meluap
3000	7,30	1,634	58,884	51,578	Tidak Meluap
3100	9,00	1,286	60,405	51,578	Tidak Meluap
3200	9,00	1,600	59,079	51,578	Tidak Meluap
3300	9,00	1,273	59,158	51,578	Tidak Meluap

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Berdasarkan Tabel 12, hasil evaluasi dimensi saluran untuk meningkatkan kapasitas dinyatakan mampu meningkatkan dan menampung debit aliran yang terjadi sampai dengan 10 tahun mendatang. Perubahan dimensi penampang ini menjadi bahan evaluasi instansi terkait agar perencanaan yang matang pada masa mendatang dan pemeliharaan menjadi bahan pertimbangan lain dari hasil penelitian ini.

4. Simpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa pada periode kala ulang 10 tahun, dengan mempertahankan koefisien aliran pada nilai 0,375 dan intensitas hujan sebesar 48,508 mm/jam, serta luas daerah tangkapan air 10,199 km², debit rencana yang dihasilkan sekitar 51,578 m³/detik. Analisis kapasitas saluran drainase Calung di Kota Pasuruan menunjukkan bahwa debit tampungan yang direncanakan tidak mencukupi untuk menampung debit saluran tersebut. Hal ini mengakibatkan potensi banjir di Kota Pasuruan saat terjadi curah hujan maksimum.

Upaya untuk mengurangi dampak banjir, dilakukan perbaikan dengan merancang ulang dimensi saluran drainase dengan mengusulkan lebar dan kedalaman saluran. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa peningkatan dimensi penampang saluran akan dapat meningkatkan kapasitas dan kemampuan menampung debit aliran yang terjadi dalam periode kala ulang 10 tahun. Rekomendasi ini memiliki implikasi penting bagi instansi terkait dalam perencanaan dan pemeliharaan infrastruktur di masa mendatang. Dengan mempertimbangkan temuan penelitian, diharapkan langkah-langkah perbaikan dan pengembangan saluran drainase dapat dilakukan secara matang untuk mengurangi risiko banjir di Kota Pasuruan.

5. Daftar Pustaka

- Arifin, A. R. (2019). Revitalisasi Saluran Drainase Desa Kacongan Kecamatan Kota Kabupaten Sumenep. (skripsi tidak diterbitkan). Fakultas Teknik Universitas Wiraraja, Sumenep.
- De Paola, F., Giugni, M., Topa, M. E., & Bucchignani, E. (2014). Intensity-Duration-Frequency (IDF) Rainfall Curves, For Data Series and Climate Projection In African Cities. SpringerPlus, 3(1), 1-18.

- Fachrizal, F., & Wesli, W. (2021). Analisa Kapasitas Saluran Primer Terhadap Pengendalian Banjir (Studi Kasus Sistem Drainase Kota Langsa). *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1).
- Findayani, A. (2018). Kesiap Siagaan Masyarakat dalam Penanggulangan Banjir di Kota Semarang. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 12(1), 102-114.
- Irawan, A. (2019). Perencanaan Saluran Drainase dengan Metode Rasional (Studi Kasus Desa Kasang Kecamatan Kuantan Mudik). *Jurnal Planologi dan Sipil (JPS)*, 1(2), 148-156.
- Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (2014). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.
- Lindawati, A. E. (2021). Analisis Kemampuan Penampang Saluran Drainase Akibat Debit Banjir Tahunan (Studi Kasus: Pada Kali Asinan di Dusun Padek-kelurahan Blimbin-kecamatan Paciran-kabupaten Lamongan-provinsi Jawa Timur). (disertasi tidak diterbitkan). Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya.
- Makbul, R. (2020). Sistem Drainase Tertutup Untuk Pencegahan Banjir Di Wilayah Perkotaan Kabupaten Pinrang. *Prosiding SEMSINA*, 17-24.
- Musa, R., & Ashad, H. (2022). Sistem Informasi Geografis (SIG) pada Jaringan Drainase Kota Watampone. *Jurnal Konstruksi: Teknik, Infrastruktur dan Sains*, 1(7), 40-48.
- Suripin. (2003). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. ANDI: Yogyakarta.
- Syarifudin, A. (2017). *Drainase Perkotaan Berwawasan Lingkungan*. Penerbit Andi.
- Syukur, A. (2021). *Buku Pintar Penanggulangan Banjir*. DIVA PRESS.
- Tambak, N. H. (2018). Analisis Pengaruh Penggunaan Lahan Terhadap Koefisien Aliran Permukaan Di Sub Das Deli Provinsi Sumatera Utara. (disertasi tidak diterbitkan). Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Medan, Medan.
- Taryana, A., El Mahmudi, M. R., & Bekti, H. (2022). Analisis Kesiapsiagaan Bencana Banjir di Jakarta. *JANE-Jurnal Administrasi Negara*, 13(2), 302-311.
- Yulianto, E. (2020). Uji Konsistensi Data Hujan Dari Stasiun Hujan yang Berpengaruh diwilayah Kota Pontianak. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 7(3).
- Zubaidi, Z. (2018). Perencanaan Komunikasi Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Dalam Mengurangi Risiko Bencana Di Kota Medan. (disertasi diterbitkan). Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.