

Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase untuk Pengendalian Limpasan Permukaan (Studi Kasus: Sisi Selatan Desa Kaliwungu)

Mohammad Riski Ferdiansah, Ferryati Masitoh, Didik Taryana

Masuk: 09 08 2023 / Diterima: 28 10 2023 / Dipublikasi: 31 12 2023

Abstract Surface runoff is one of the problems that often occurs in Kaliwungu Village, Jombang District. This surface runoff is caused by high-intensity rain, so the drainage channels cannot accommodate the overflowing water. This research aims to evaluate the capacity of drainage channels so that they can control surface runoff on the south side of Kaliwungu Village, Jombang District. The slope area method and rational method are used to compare the drainage channel capacity value and the surface runoff value to know the amount of surface runoff discharge the drainage channel can accommodate. Field data on flow velocity (V) and cross-sectional area (A) are required to calculate the slope area method. Rational method calculations based on data on flow coefficient (C), rain intensity (I), and flow area (A). The results of surface runoff analysis were obtained using the rational method with a return period of 2, 5, or 10 years. Based on the results of the research that has been carried out, it shows that all the drainage channel points evaluated have a discharge that exceeds the capacity of the channel so that it overflows, except for point A3, which can accommodate surface runoff discharge for a return period of 10 years. Drainage channel points A2, A4, and A5 experienced surface runoff discharge from the previous drainage due to additional runoff discharge. Capacity additions need to be made to channels that experience overflow so that the channels can accommodate overflow discharge. It is also necessary to maintain drainage channels to have optimal function in channeling surface runoff discharge.

Keywords: Surface Runoff; Rational Method; Drainage Channel Capacity

Abstrak Limpasan permukaan merupakan salah satu permasalahan yang kerap terjadi di Desa Kaliwungu, Kecamatan Jombang. Limpasan permukaan ini diakibatkan oleh hujan dengan intensitas yang tinggi, sehingga saluran drainase tidak dapat menampung luapan air. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan evaluasi terhadap kapasitas saluran drainase supaya dapat mengendalikan limpasan permukaan di Sisi Selatan Desa Kaliwungu, Kecamatan Jombang. Metode *slope area* dan metode rasional digunakan untuk mendapatkan perbandingan antara nilai kapasitas saluran drainase dengan nilai limpasan permukaan, sehingga dapat diketahui besaran debit limpasan permukaan yang dapat ditampung oleh saluran drainase. Dalam melakukan perhitungan metode *slope area* membutuhkan data lapangan kecepatan aliran (V) dan luas penampang (A). Perhitungan metode rasional berdasarkan data koefisien aliran (C), intensitas hujan (I), dan luas daerah aliran (A). Hasil analisis debit limpasan permukaan diperoleh menggunakan metode rasional dengan periode ulang 2,5,10 tahun. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan keseluruhan titik saluran drainase yang dievaluasi memiliki debit yang melebihi kapasitas saluran sehingga meluap, kecuali pada titik A3 yang dapat menampung debit limpasan permukaan hingga periode ulang 10 tahun. Titik saluran drainase A2, A4, dan A5, mengalami luapan debit limpasan permukaan akibat penambahan debit limpasan dari drainase sebelumnya. Penambahan kapasitas perlu dilakukan terhadap saluran yang mengalami limpasan, sehingga saluran dapat menampung debit luapan. Selain itu perlu dilakukan perawatan saluran drainase agar saluran memiliki fungsi yang optimal dalam mengalirkan debit limpasan permukaan.

Kata kunci: Limpasan Permukaan; Metode Rasional; Kapasitas Saluran Drainase

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

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganেশha.



1. Pendahuluan

Limpasan permukaan merupakan sebuah kondisi ketika air hujan yang sudah tidak dapat ditahan oleh tanah, vegetasi atau cekungan, sehingga mengalir langsung ke sungai (Sari S, 2012). Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya limpasan permukaan dibagi menjadi dua bagian yaitu: faktor meteorologi (intensitas hujan, durasi hujan, distribusi curah hujan) dan faktor karakteristik DAS (luas dan bentuk DAS, topografi, tataguna lahan) (Suripin, 2004). Limpasan permukaan yang masih sering dijumpai di perkotaan disebabkan oleh saluran drainase yang tidak dapat menampung air. Fungsi dari saluran drainase adalah untuk mengalirkan air permukaan ke saluran resapan, ataupun ke saluran menuju sungai alami, dan sebagai pengendali genangan air dan banjir akibat adanya peningkatan limpasan permukaan terutama yang disebabkan oleh pembangunan (Rizqiwati, 2018). Limpasan tersebut dapat mengganggu aktivitas masyarakat, kerugian sosial ekonomi dan kesehatan lingkungan permukiman kota. Bagi pihak pengembangan sumber daya air sebaiknya memperhatikan penampungan air yang dapat digunakan untuk masa yang akan datang, sehingga air tersebut tidak langsung terbuang secara cuma-cuma ke laut tetapi dapat digunakan pada musim kemarau (Robert J. Kodoatie, 2008).



Gambar 1. Limpasan Saluran Pada Titik Saluran Drainase A1 dan A4 (Tanggal 6 Maret 2023)

Kecamatan Jombang menjadi daerah yang sering mengalami limpasan permukaan, tepatnya terjadi di Desa Plandi, Kaliwungu, Sengon, Candi, Pulo Lor, Kepatihan, dan Tambak Rejo (Badan Penanggulangan Bencana (BPBD) Kabupaten Jombang, 2021). Berdasarkan data dari (CV. PERSADA CONSULTANT, 2019): pada tahun 2015-2019 terjadi limpasan permukaan pada Jl. Halmahera Desa Kaliwungu, dengan ketinggian limpasan permukaan mencapai 47,5 cm, rerata waktu atau durasi limpasan permukaan selama 3 jam, dan dengan estimasi luas 4,95 Ha. Desa Kaliwungu memiliki kemiringan 0-2% dengan elevasi permukaan 44 mdpl, daerah yang diklasifikasikan masuk kedalam dataran rendah mengakibatkan aliran permukaan yang berjalan lambat dan meningkatkan genangan (Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Jombang, 2021).

Permasalahan yang menyebabkan terjadinya limpasan permukaan pada daerah Kecamatan Jombang, terutama Desa Kaliwungu ini diantaranya intensitas hujan yang tinggi dalam durasi singkat maupun lama. Terdapatnya saluran *bottle neck* yang menyempit mengakibatkan kurang optimal ketika mengalirkan air, dan

melubernya air. Selain dari pada itu operasi dan perawatan dalam pengelolaan yang kurang baik dapat menyebabkan kurangnya kapasitas saluran disebabkan oleh sedimen yang tidak segera dikeruk (Herlambang, 2015). Selain itu limpasan permukaan yang semakin besar pada sawah atau tegalan diduga peningkatan usaha tani yang memadatkan tanah dan berada sekitar pemukiman, sehingga hanya sedikit air yang terserap dalam tanah dan cenderung air mengalir di permukaan (Mahmud, 2021).

Pengkajian mengenai limpasan permukaan sangat penting karena berfungsi sebagai analisis pemicu terjadinya genangan maupun banjir, selain itu sebagai bahan evaluasi terhadap kapasitas sungai maupun saluran drainase agar dapat menampung dan mengalirkan limpasan permukaan (Farida & Aryuni, 2020). Metode yang biasa digunakan sebagai analisis limpasan permukaan adalah metode rasional. Metode rasional merupakan rumus perhitungan debit paling tua, dengan anggapan yang sederhana, sebagai salah satu metode yang baik untuk memperkirakan besarnya air larian puncak (peak runoff) (U.S Soil Conservation Service 1973 dalam Robot, J.A., Mananoma, T., Wuisan, E., Tangkudung, 2014). Evaluasi kapasitas saluran drainase dilakukan dengan membandingkan membandingkan debit banjir rancangan berdasarkan metode rasional (Q_{banjir}) untuk saluran tersebut dengan kapasitas ($Q_{\text{kapasitas}}$) berdasarkan metode slope area. Jika kapasitas saluran lebih besar dari debit banjir rancangan maka saluran tersebut masih dapat berfungsi dengan normal,

namun jika kapasitas saluran lebih kecil dari debit banjir rancangan maka saluran tersebut tidak dapat menampung debit banjir rancangan, maka air akan meluap (Sholihati et al., 2020).

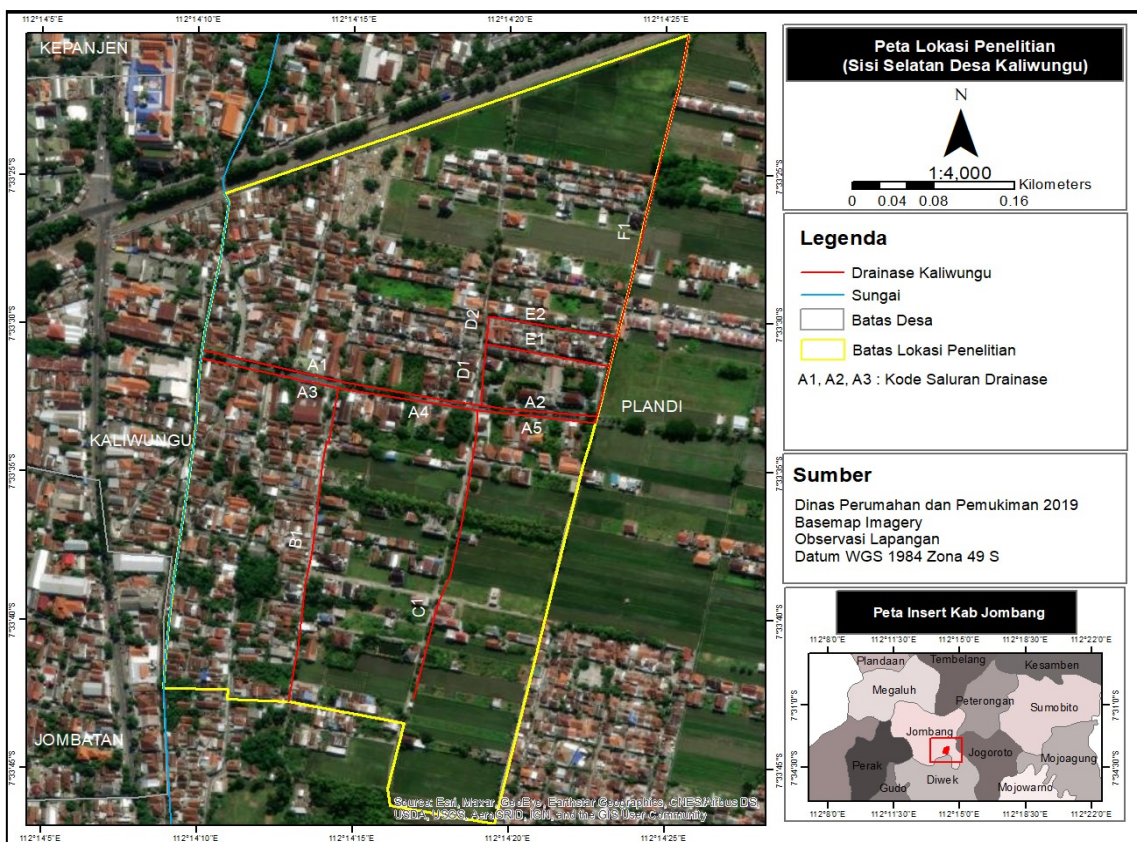
Penelitian mengenai evaluasi kapasitas saluran drainase telah banyak dilakukan, penelitian yang dilakukan oleh (Saputro, 2012) di Daerah Tangkapan Air Klitren, Gondokusuman, Yogyakarta. Kesamaan dengan penelitian yang telah dilakukan ini adalah sama-sama menggunakan metode *slope-area* untuk penentuan kapasitas saluran, dan metode rasional untuk debit banjir. Sebagai pembeda pada lokasi di daerah tangkapan air, dan klasifikasi nilai C menggunakan nilai komposit. Penelitian yang dilakukan oleh (Sulistiono & Ardiyanto, 2017) di Desa Sariharjo, Kecamatan Ngaglik, Sleman, Yogyakarta, memiliki kesamaan dengan penelitian saat ini yang menggunakan metode rasional sebagai analisis limpasan permukaan dan metode *slope-area* untuk penentuan kapasitas drainase. Penelitian yang dilakukan oleh (Jifa et al., 2019) di Kota Malang, memiliki kesamaan dengan metode yang akan dilakukan dalam penelitian. Perbedaan antara penelitian ini dan sebelumnya yaitu lokasi yang berada di Jombang, dengan terfokus pada daerah yang telah mengalami banjir permukiman, sedangkan penelitian sebelumnya dilaksanakan pada daerah yang beresiko banjir tetapi belum mengalami banjir. Perbedaan pada penggunaan kala ulang hujan rancangan 2,5,10 mengingat pada cakupan daerah penelitian yang sempit.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi kapasitas saluran drainase untuk pengendalian limpasan permukaan di Desa Kaliwungu Kecamatan Jombang. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan evaluasi perencanaan kapasitas saluran drainase, untuk mengurangi dampak terjadinya limpasan

permukaan dan genangan di Desa Kaliwungu Kecamatan Jombang.

2. Metode

Lokasi penelitian berada di sisi selatan Desa Kaliwungu, Kecamatan Jombang yang memiliki luas 63 hektar, pengambilan data saluran drainase di lapangan menggunakan batas *Micro Catchment* (Gambar 2).



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survei. Metode survei digunakan untuk mendapatkan data primer dan data sekunder untuk evaluasi kapasitas saluran drainase. Data primer dalam penelitian ini adalah data hasil pengukuran kapasitas saluran drainase yang telah dibatasi oleh *Micro Catchment* di Desa Kaliwungu, Kecamatan Jombang.

Pengumpulan data primer diawali dengan melakukan observasi pada wilayah kajian untuk mengetahui kondisi saluran drainase. Selanjutnya dilakukan pengambilan data yang berupa: pengukuran panjang, lebar, kemiringan, kedalaman saluran drainase. Selain itu, melakukan plotting lokasi saluran drainase. Sedangkan data sekunder terdiri dari DEM SRTM

dari USGS, Citra Sentinel 2A yang diperoleh dari Alos Palsar, data-data yang terkait dengan drainase perkotaan yang diperoleh dari Dinas Perkim Kabupaten Jombang, dan data curah hujan maksimum yang diperoleh dari Dinas PU Kabupaten Jombang. Pengumpulan data sekunder spasial berupa pembatasan wilayah kajian menggunakan batas Micro Das, pemetaan saluran drainase berdasarkan hasil observasi, dan pengelolaan peta penggunaan lahan menggunakan Citra Sentinel 2A. Data sekunder non spasial berupa pengumpulan data terkait drainase perkotaan, data curah hujan harian (maksimum) selama 11 tahun terakhir untuk mengolah data debit limpasan permukaan.

Analisis debit limpasan permukaan didapatkan melalui beberapa tahapan, diawali dengan melakukan perhitungan waktu konsentrasi dan intensitas hujan metode monobe dengan persamaan berikut:

$$T_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad (1)$$

Persamaan 1 menyebutkan rumus perhitungan untuk mendapatkan nilai waktu konsentrasi (jam) (T_c). L adalah panjang saluran dari titik terjauh sampai titik yang ditinjau (meter), dan S adalah kemiringan dasar saluran (Suripin, 2004).

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

Persamaan 2 menyebutkan rumus perhitungan untuk mendapatkan nilai waktu konsentrasi (jam) (T_c). L adalah panjang saluran dari titik terjauh sampai titik yang ditinjau (meter), dan S

adalah kemiringan dasar saluran (Suripin, 2004).

Koefisien limpasan total didapatkan melalui identifikasi penggunaan lahan melalui interpretasi citra sentinel 2A menggunakan metode terbimbing, dan perhitungan rumus persamaan berikut:

$$C_{tot} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (3)$$

Persamaan 3 menyebutkan rumus perhitungan untuk mendapatkan nilai koefisien limpasan permukaan keseluruhan (C_{tot}). A_i adalah luas penggunaan lahan tertentu, dan C_i adalah nilai tabel koefisien setiap luas penggunaan lahan (Suripin, 2004).

Tabel 1. Koefisien Limpasan

Penggunaan Lahan	Harga C
Perkebunan	0,4
Pemukiman	0,6
Sawah	0,15
Hutan Primer	0,02
Tambak	0,05
Lahan Terbuka	0,2
Perairan	0,05

Sumber : (Robert J. Kodoatie, 2005)

Perhitungan debit limpasan permukaan didapatkan menggunakan metode rasional dengan persamaan berikut:

$$Q_p = 0,2778 \times C \times I \times A \quad (4)$$

Persamaan 4 menyebutkan rumus perhitungan untuk mendapatkan nilai debit rencana dengan masa ulang tahun (m^3/det) (Q_p). C adalah koefisien aliran, I adalah intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam), dan A adalah luas daerah aliran (Km^2) (Suripin, 2004).

Tabel 2. Rumus Luas Saluran Drainase

Rumus	Bentuk Saluran Drainase
A	b.h
P	2h+b
R	$\frac{A}{P}$

Sumber: (Krisnayanti et al., 2017)

Berdasarkan tabel 2 menyebutkan rumus perhitungan untuk mendapatkan nilai luas saluran drainase. A adalah luas penampang basah saluran (m), b adalah lebar dasar saluran (m), h adalah tinggi muka air rencana (m), m adalah kemiringan dinding saluran (m), P adalah keliling saluran (m), dan R adalah jari-jari hidrolis (m) (Krisnayanti et al., 2017).

$$S = \frac{\Delta h}{L} \quad (5)$$

Persamaan 5 menyebutkan rumus perhitungan untuk mencari nilai kemiringan dasar saluran drainase (S), yang didapatkan dengan membagi perbedaan ketinggian dasar saluran (Δh) dan panjang saluran drainase (L) (Suripin, 2004).

$$Q_s = V \times A \quad (6)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (7)$$

Persamaan 6 menyebutkan rumus perhitungan untuk mencari nilai debit saluran (Q_s) menggunakan metode *slope area*, karena parameter yang digunakan lebih detail. V adalah kecepatan aliran (m/det), dan A adalah luas penampang basah (m^2). Nilai V dapat dihitung menggunakan persamaan 7, dengan n adalah koefisien manning, R adalah jari-jari hidrolis (m), dan S adalah kemiringan dasar saluran (Suripin, 2004).

Tabel 3. Nilai Koefisien Manning (n)

No	Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Harga N		
		Minimum	Normal	Maksimum
1	Beton			
	a. Gorong-gorong lurus dan bebas dari Kotoran	0,01	0,011	0,013
	b. Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0,011	0,013	0,014
	c. Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
	d. Pasangan batu disemen	0,017	0,025	0,030
2	e. Saluran pembuangan dengan bak Kontrol	0,013	0,015	0,017
	Tanah, lurus, dan seragam			
	a. Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	b. Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
3	c. Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	d. Berumput pendek, sedikit tanaman Pengganggu	0,022	0,027	0,033
	Saluran alam			
	a. Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	b. Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
e. Saluran di belukar	c. Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,080
	d. Dataran limpasan permukaan berumput pendek-tinggi	0,025	0,030	0,035
	e. Saluran di belukar	0,035	0,050	0,070

Evaluasi debit limpasan permukaan dilakukan dengan perbandingan jika $Q_s > Q_p$, maka tidak berpotensi menjadi limpasan permukaan. Jika $Q_s < Q_p$, maka berpotensi menjadi limpasan permukaan.

3. Hasil dan Pembahasan

Menurut Dinas Perumahan dan Permukiman 2019, terdapat 2 saluran drainase utama pada sisi selatan Desa Kaliwungu yang berada pada sisi kanan kiri jalan Halmahera. Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan dapat diketahui pada wilayah penelitian memiliki 5 saluran drainase yang terbagi menjadi 8 titik pengukuran segmen saluran drainase, dari 8 titik tersebut terdapat 5 titik saluran drainase yang menjadi fokus utama penanganan limpasan permukaan dari Dinas Perumahan dan Permukiman Kabupaten Jombang.

Amirwata & Aliyansah (2017) menjelaskan mengenai sistem saluran drainase yang terbagi menjadi 2, pertama sistem drainase makro yaitu sistem saluran atau badan air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan

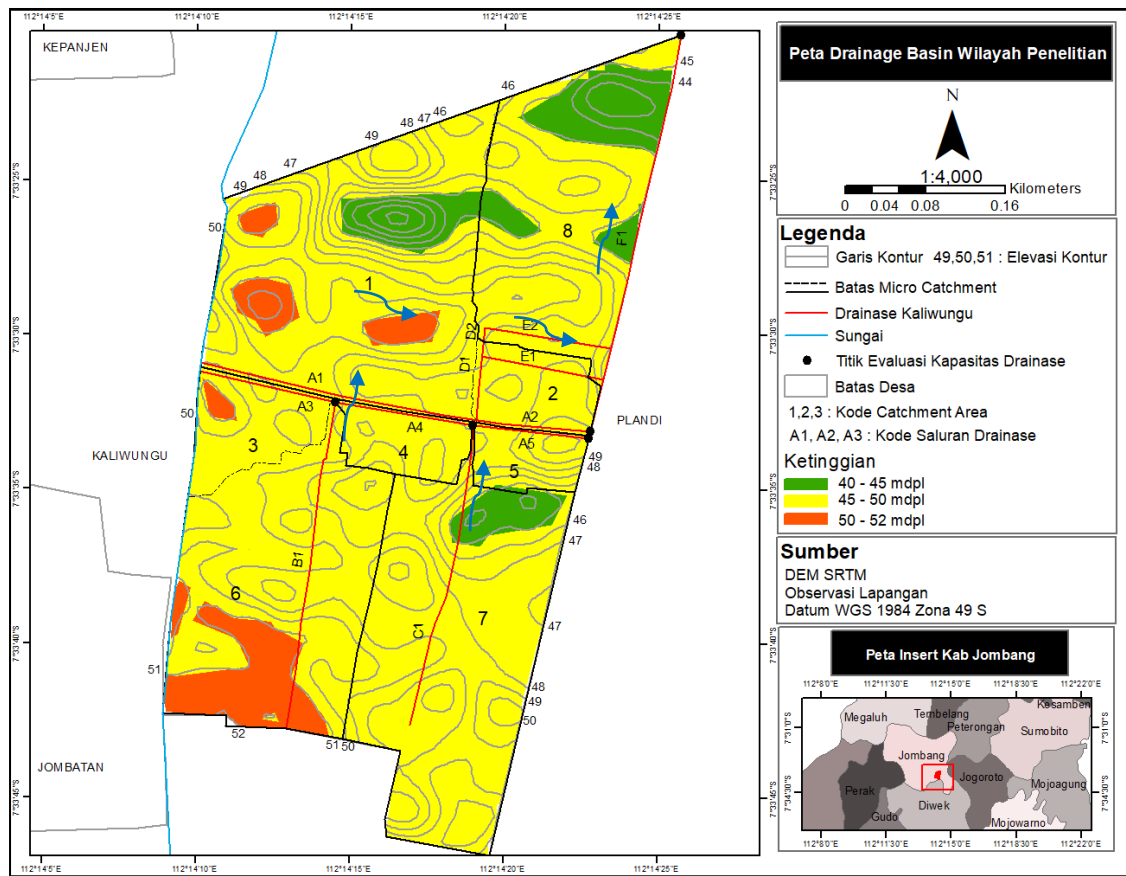
(Catchment Area). Pada umumnya sistem drainase makro ini disebut juga sebagai sistem saluran pembuangan utama (major system) atau drainase primer. Sistem jaringan ini menampung aliran yang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanal – kanal atau sungai – sungai. Kedua yaitu sistem drainase mikro yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan. Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran atau selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong – gorong, saluran drainase kota dan lain sebagainya dimana debit air yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar.

Mengacu pada pembagian sistem drainase diatas, pada wilayah penelitian tergolong pada sistem drainase mikro yang berupa saluran air hujan sekitar bangunan, dan berada di sisi jalan dengan debit air hujan yang ditampung tidak terlalu tinggi. Penelitian ini mengukur kapasitas saluran drainase yang meliputi panjang, lebar, kedalaman, dan tinggi muka air.

Tabel 4. Kapasitas Saluran Drainase Berdasarkan Kondisi Normal

Kode	Bentuk	Panjang (L)(km)	Lebar (b)(m)	Kedalaman (m)	TMA (h)(m)	Kemiringan (S) (°)	A (m ²)	n	V (m/det)	Qs (m ³ /det)
A1	Persegi	0.220	0.590	0.626	0.524	0.088	0.310	0.013	6.185	1.977
A2	Persegi	0.130	0.639	0.730	0.538	0.060	0.344	0.025	2.887	0.999
A3	Persegi	0.060	0.557	0.767	0.591	0.077	0.329	0.013	6.429	2.149
A4	Persegi	0.130	0.661	0.741	0.519	0.077	0.342	0.025	3.182	1.082
A5	Persegi	0.110	0.617	0.769	0.491	0.074	0.303	0.025	3.236	0.990
B1	Persegi	0.350	0.723	0.716	0.627	0.062	0.456	0.025	2.875	1.353
C1	Persegi	0.300	0.655	0.698	0.473	0.065	0.310	0.025	2.807	0.876
D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F1	Persegi	0.400	0.781	0.651	0.565	0.068	0.441	0.025	2.845	1.228

Ket: A: Luas Penampang Basah Saluran ; L: Panjang Saluran Drainase ; n: Koefisien manning saluran ; b: Lebar saluran ; Qs: Debit/kapasitas saluran ; S: Kemiringan saluran ; h: Tinggi muka air ; V: Kecepatan aliran



Gambar 3. Peta Drainage Basin dan Microcatchment Area Penelitian

Pengukuran kapasitas saluran drainase (Q_s) menggunakan parameter luas penampang basah (A) dan kecepatan aliran (V). Pada gambar 3 menunjukkan bahwa lokasi penelitian memiliki kontur ketinggian yang beragam dari yang terendah 41 mdpl sampai yang tertinggi 52 mdpl, dengan arah aliran saluran drainasi menuju ke utara. Pada lokasi penelitian terbagi menjadi 8 *Catchment Area* (CA) dan 12 titik pengukuran saluran drainase. Kapasitas saluran tertinggi berada pada titik A3 dan CA 3 sebesar $2,149\text{m}^3/\text{det}$. Kapasitas saluran terendah berada pada titik C1 dan CA 7 sebesar $0,876\text{m}^3/\text{det}$. Setiap CA memiliki

saluran drainase dan jenis penggunaan lahan masing-masing.

Penelitian yang dilakukan oleh (Isnaini, 2018) di saluran drainase Jalan Damanhuri Kota Samarinda, terbagi menjadi 6 *Catchment Area* (CA) dan 6 titik pengukuran saluran drainase. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan melakukan pembagian batas *Catchment Area* (CA) untuk mengetahui luas tiap daerah yang mengalirkan limpasan menuju saluran drainase. Perbedaan penelitian ini dengan sebelumnya adalah pada pembagian CA sesuai dengan daerah yang mengalami limpasan yang mencakup keseluruhan saluran drainase di Desa Kaliwungu,

Kecamatan Jombang, sedangkan sebelumnya hanya berfokus pada saluran drainase di sepanjang Jalan Damanhuri dan berpotensi mengalami limpasan permukaan.

Hasil survey lapangan menunjukkan saluran drainase memiliki bentuk persegi atau segi empat, dengan nilai koefisien manning saluran drainase (n) sebesar 0,013 dan 0,025. Harga n 0,013 menunjukkan drainase beton dipoles dengan sedikit tanaman pengganggu maupun kotoran, sedangkan n 0,025 menunjukkan drainase batu disemen dengan sedikit tanaman pengganggu maupun kotoran. Kondisi dari keseluruhan saluran drainase bervariasi dengan tingkat endapan sedimentasi yang berbeda-beda, dan sebagian permasalahan lain

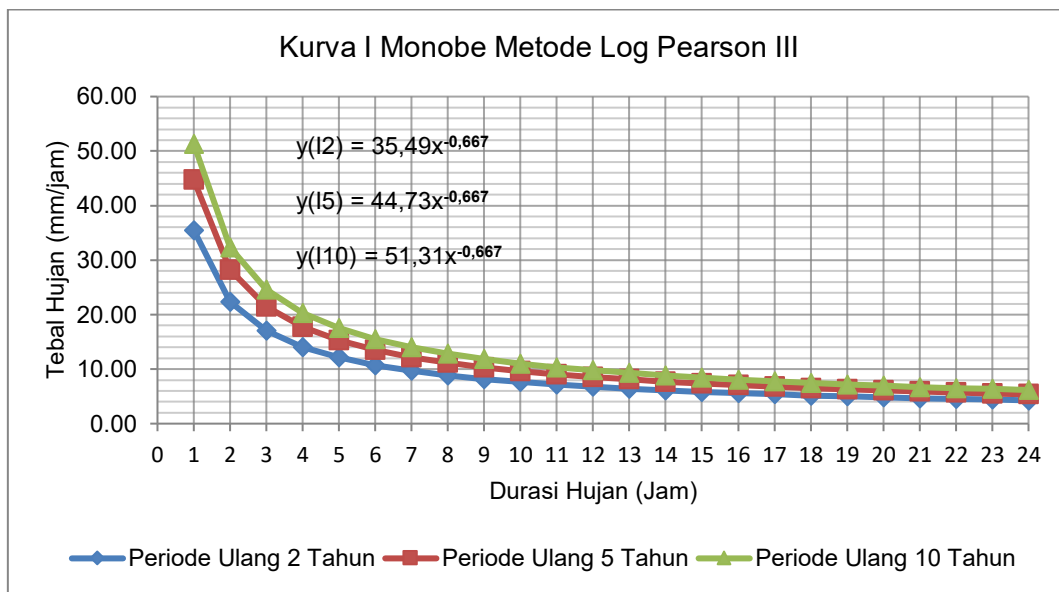
seperti hambatan tanaman liar maupun sampah sehingga mengurangi fungsi optimal saluran drainase.

Penentuan debit limpasan permukaan di sisi selatan Desa Kaliwungu diperoleh menggunakan perhitungan intensitas curah hujan Metode Mononobe dan debit limpasan permukaan Metode Rasional. Penggunaan Metode Mononobe dalam penelitian ini karena sesuai dengan kondisi di lapangan dengan limpasan permukaan yang terjadi berdurasi jam sehingga sesuai dengan ketentuan atau syarat penggunaan metode tersebut. Penggunaan periode ulang 2,5,10 tahun karena sesuai dengan sistem drainase minor yang menampung debit air tidak terlalu besar.

Tabel 5. Intensitas Hujan Metode Monobe Periode Ulang 2,5,10 Tahun

Kode	Kode CA	Xtr			Tc (Jam)	I (mm/jam)		
		2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun		2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun
A1	1	102.33	128.82	147.91	0.015	572.286	720.433	827.195
A2	2	102.33	128.82	147.91	0.012	679.586	855.510	982.289
A3	3	102.33	128.82	147.91	0.006	1077.768	1356.768	1557.829
A4	4	102.33	128.82	147.91	0.011	724.546	912.108	1047.274
A5	5	102.33	128.82	147.91	0.010	781.439	983.729	1129.509
B1	6	102.33	128.82	147.91	0.025	412.092	518.769	595.646
C1	7	102.33	128.82	147.91	0.022	451.489	568.365	652.592
D1	-	102.33	128.82	147.91	-	-	-	-
D2	-	102.33	128.82	147.91	-	-	-	-
E1	-	102.33	128.82	147.91	-	-	-	-
E2	-	102.33	128.82	147.91	-	-	-	-
F1	8	102.33	128.82	147.91	0.027	394.014	496.012	569.516

Ket : CA: Catchment Area ; Xtr: Hujan Rancangan ; Tc: Waktu konsentrasi limpasan ; I: Intensitas hujan



Gambar 4. Grafik Kurva I

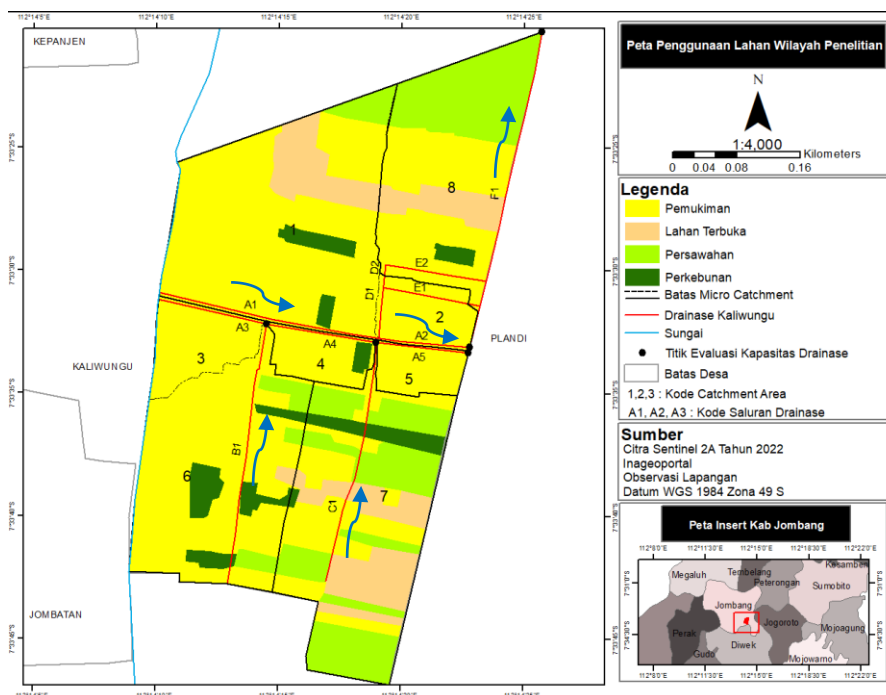
Penelitian ini menggunakan periode ulang 2, 5, 10 tahun, sesuai dengan pendapat (Amirwata & Aliyansah, 2017) bahwa pada umumnya drainase mikro ini direncanakan untuk hujan dengan masa ulang 2, 5 atau 10 tahun tergantung pada tata guna lahan yang ada. Terjadinya limpasan permukaan pada daerah perkotaan juga dalam waktu yang intens cukup singkat. Sistem drainase untuk lingkungan permukiman lebih cenderung sebagai sistem drainase mikro. Intensitas hujan tertinggi pada periode ulang 2 tahun sebesar 1077,768 mm/jam. Intensitas hujan tertinggi pada periode ulang 5 tahun sebesar 1356,768 mm/jam. Intensitas hujan tertinggi pada periode ulang 10 tahun sebesar 1557,829 mm/jam. Keseluruhan intensitas hujan tertinggi terjadi pada titik yang sama yaitu A3 dengan CA 3.

Waktu konsentrasi metode Monobe memiliki hubungan berbanding terbalik dengan intensitas hujan, sesuai

berdasarkan dengan hasil penelitian yang menunjukkan nilai T_c 0,006 memiliki intensitas hujan yang lebih besar daripada nilai T_c 0,027. Intensitas curah hujan yang tinggi dengan nilai T_c yang rendah dapat memicu terjadinya limpasan permukaan.

Debit limpasan selama periode ulang 2, 5, dan 10 tahun selalu meningkat sesuai dengan *catchment area*. Debit limpasan tertinggi periode ulang 2 tahun sebesar 3,470 m³/det. Debit limpasan tertinggi periode ulang 5 tahun sebesar 4,368 m³/det. Dan debit limpasan tertinggi periode ulang 10 tahun sebesar 5,016 m³/det.

Debit limpasan permukaan didapatkan melalui perhitungan metode Rasional dengan memperhatikan aspek koefisien limpasan, intensitas hujan, dan luas *catchment area*. Nilai koefisien limpasan didapatkan menggunakan komposit antara jenis lahan dan luas penggunaan lahan di lapangan.



Gambar 5. Peta Penggunaan Lahan Wilayah Penelitian

Gambar 5 menunjukkan bahwa penggunaan jenis lahan pada sisi selatan Desa Kaliwungu berupa perkebunan, lahan kosong, sawah, dan pemukiman yang meliputi (pabrik, fasilitas umum, sekolah, kantor, tempat tinggal penduduk, dan bangunan terbangun lainnya). Pada *catchment area* 1 memiliki penggunaan lahan berupa sawah seluas 0,002410 km², lahan terbuka seluas 0,008377 km², perkebunan seluas 0,002829 km², dan pemukiman seluas 0,031096 km² dengan rth yang terdapat di sekitar pemukiman seluas 0,019334 km². *Catchment area* 2 memiliki penggunaan lahan berupa pemukiman seluas 0,003355 km² dengan rth yang terdapat di sekitar pemukiman seluas 0,006165 km². *Catchment area* 3 memiliki penggunaan lahan berupa pemukiman seluas 0,006138 km² dengan rth yang terdapat di sekitar pemukiman seluas 0,005016 km².

Catchment area 4 memiliki penggunaan lahan berupa perkebunan seluas 0,000797 km², dan pemukiman seluas 0,002821 km² dengan rth yang terdapat di sekitar pemukiman seluas 0,004245 km². *Catchment area* 5 memiliki penggunaan lahan berupa pemukiman seluas 0,003054 km² dengan rth yang terdapat di sekitar pemukiman seluas 0,003460 km². *Catchment area* 6 memiliki penggunaan lahan berupa sawah seluas 0,003292 km², lahan terbuka seluas 0,000473 km², perkebunan seluas 0,005657 km², dan pemukiman seluas 0,021209 km² dengan rth yang terdapat di sekitar pemukiman seluas 0,019951 km².

Catchment area 7 memiliki penggunaan lahan berupa sawah seluas 0,023970 km², lahan terbuka seluas 0,012932 km², perkebunan seluas 0,003556 km², dan pemukiman seluas 0,008277 km² dengan rth yang terdapat di sekitar pemukiman seluas

0,009122 km². *Catchment area* 8 memiliki penggunaan lahan berupa sawah seluas 0,016356 km², lahan terbuka seluas 0,005500 km², perkebunan seluas 0,001069 km², dan pemukiman seluas 0,011253 km² dengan rth yang terdapat di sekitar pemukiman seluas 0,010868 km².

Evaluasi kapasitas saluran drainase digunakan untuk pengendalian limpasan permukaan, dengan melakukan perbandingan antara debit kapasitas saluran dan debit limpasan, jika debit kapasitas saluran lebih besar maka tidak berpotensi terjadi limpasan permukaan, dan sebaliknya apabila limpasan lebih besar maka berpotensi terjadi limpasan permukaan. Penelitian yang dilakukan oleh (Rizqiwati, 2018) di Dusun Kimpulan, Desa Sadonoharjo, Kecamatan Ngaglik, Sleman, Yogyakarta, memiliki kesamaan dengan menggunakan studi kasus pada keseluruhan wilayah Desa/Dusun,

dan menggunakan perbandingan antara debit limpasan permukaan dengan debit kapasitas saluran untuk melakukan evaluasi.

Perbedaan penelitian ini dengan sebelumnya adalah jarak lintasan saluran drainase yang lebih panjang, dan luas wilayah yang dikaji pada Desa Kaliwungu lebih luas dari Dusun Kimpulan sehingga nilai limpasan permukaan yang dihasilkan berbeda sesuai dengan luas penggunaan lahannya masing-masing. Pada penelitian di Desa Kaliwungu terjadi luapan limpasan permukaan pada 7 titik saluran dari 8 titik saluran yang diukur, sedangkan pada penelitian sebelumnya di Dusun Kimpulan terjadi luapan limpasan permukaan pada 2 titik saluran dari 7 titik saluran yang diukur, hal ini diakibatkan oleh kebutuhan besar kapasitas saluran masing-masing yang dapat menampung debit limpasan permukaan serta debit limpasan dari saluran sebelumnya.

Tabel 6. Analisis Evaluasi Periode Ulang 2,5,10 Tahun Berdasarkan Kondisi Normal

Lokasi	Kode	Kode CA	Q Kapasitas 2,5,10 tahun (m3/det)	Q Limpasan 2 tahun (m3/det)	Q Limpasan 5 tahun (m3/det)	Q Limpasan 10 tahun (m3/det)	Analisis Evaluasi
JL. Halmahera	A1	1	1.997	3.470	4.368	5.016	Berpotensi limpasan
JL. Halmahera	A2	2	0.999	2.377	2.475	2.546	Berpotensi limpasan
JL. Halmahera	A3	3	2.149	1.103	1.388	1.549	Tidak Berpotensi limpasan
JL. Halmahera	A4	4	1.082	2.861	3.251	3.487	Berpotensi limpasan
JL. Halmahera	A5	5	0.990	2.356	2.459	2.533	Berpotensi limpasan
JL. Halmahera VI	B1	6	1.353	1.783	2.245	2.577	Berpotensi limpasan
JL. Halmahera VIII	C1	7	0.876	1.577	1.985	2.279	Berpotensi limpasan
JL. Halmahera VII	D1	-	-	-	-	-	-
JL. Halmahera VII	D2	-	-	-	-	-	-
JL. Halmahera VII B	E1	-	-	-	-	-	-
JL. Halmahera VII D	E2	-	-	-	-	-	-
Batas Timur Desa Kaliwungu	F1	8	1.228	3.164	3.468	3.687	Berpotensi limpasan

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Hasil perhitungan pada tabel 6 dapat diketahui bahwa titik saluran drainase yang tidak berpotensi mengalami limpasan permukaan yaitu pada titik A3 hal ini disebabkan oleh rata-rata lebar dan kedalaman saluran drainase yang cukup memadai untuk menampung debit limpasan dan memiliki ketinggian yang lebih rendah dari bahu jalan sehingga tidak terlalu menimbulkan limpasan permukaan. 7 titik saluran yang berpotensi mengalami limpasan permukaan yaitu A1, A2, A4, A5, B1, C1, dan F1.

Berbagai faktor yang menyebabkannya terjadinya luapan limpasan permukaan adalah perencanaan kapasitas saluran drainase yang kurang tepat, banyak sampah yang berserakan disekitar saluran, dan banyak rumput-rumput liar yang menutupi saluran drainase (Rizqiawati, 2018). Sehingga perlu dilakukan perawatan pada saluran drainase seperti pengerukan endapan pada dasar saluran drainase dan pembersihan saluran drainase dari penghambat aliran seperti rumput, sampah, maupun tanaman pengganggu. Berdasarkan gambar 6 diketahui bahwa kondisi saluran drainase A4 wilayah penelitian mengalami hambatan berupa rumput liar maupun sampah, sehingga fungsi saluran drainase tidak optimal dalam menampung dan mengalirkan debit limpasan permukaan. Perlunya dilakukan perawatan dan pembersihan saluran drainase agar berfungsi secara optimal.



Gambar 6. Hambatan Titik Saluran Drainase A4 Berupa Rumput Liar dan Sampah

Hasil pengukuran dilapangan dilakukan dengan pembagian segmen setiap 10meter, diketahui pada saluran drainase A1 memiliki total panjang saluran 220 meter dengan pembagian 22 titik segmen pengukuran, kapasitas saluran terbesar berada pada segmen ke 21 sebesar $4,552\text{m}^3/\text{det}$, dan kapasitas saluran terendah pada segmen ke 1 dan 2 sebesar $0,454\text{m}^3/\text{det}$. Limpasan permukaan pada saluran drainase A1 memiliki nilai sebesar $3,470\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 2 tahun, $3,368\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 5 tahun, dan $5,016\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 10 tahun. Sebanyak 15 segmen saluran mengalami luapan debit limpasan permukaan pada periode ulang 2 tahun, 17 segmen saluran mengalami luapan debit limpasan permukaan pada periode ulang 5 tahun, dan 19 segmen saluran mengalami luapan debit limpasan permukaan pada periode ulang 10 tahun.

Pada saluran drainase A2 memiliki total panjang saluran 120 meter dengan pembagian 12 titik segmen pengukuran, kapasitas saluran terbesar berada pada segmen ke 10 sebesar $1,834\text{m}^3/\text{det}$, dan kapasitas saluran terendah pada segmen ke 8 sebesar $0,290\text{m}^3/\text{det}$. Saluran drainase A2 mendapatkan penambahan debit limpasan dari saluran drainase A1 sebesar $1,997\text{m}^3/\text{det}$, sehingga memiliki nilai total debit limpasan permukaan sebesar $2,377\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 2 tahun, $2,475\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 5 tahun, dan $2,546\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 10 tahun. Keseluruhan 12 segmen saluran mengalami luapan debit limpasan permukaan pada periode ulang 2,5,10 tahun.

Pada saluran drainase A3 memiliki total panjang saluran 60 meter dengan pembagian 6 titik segmen pengukuran, kapasitas saluran terbesar berada pada segmen ke 3 sebesar $4,156\text{m}^3/\text{det}$, dan terendah pada segmen ke 5 sebesar $0,721\text{m}^3/\text{det}$. Limpasan permukaan pada saluran drainase A3 memiliki nilai sebesar $1,103\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 2 tahun, $1,388\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 5 tahun, dan $1,549\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 10 tahun. Sebanyak 1 segmen saluran mengalami luapan debit limpasan permukaan pada periode ulang 2,5,10 tahun.

Pada saluran drainase A4 memiliki total panjang saluran 130 meter dengan pembagian 13 titik segmen pengukuran, kapasitas saluran terbesar berada pada segmen ke 12 sebesar $2,734\text{m}^3/\text{det}$, dan terendah pada segmen ke 7 sampai 9 sebesar $0,348\text{m}^3/\text{det}$. Saluran drainase A4

mendapatkan penambahan debit limpasan dari saluran drainase A3 sebesar $1,103\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 2 tahun, $1,388\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 5 tahun $1,549\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 10 tahun, dan dari saluran drainase B1 sebesar $1,353\text{m}^3/\text{det}$. Saluran drainase A4 memiliki nilai total debit limpasan permukaan sebesar $2,861\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 2 tahun, $3,251\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 5 tahun, dan $3,487\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 10 tahun. Keseluruhan 13 segmen saluran mengalami luapan debit limpasan permukaan pada periode ulang 2,5,10 tahun.

Pada saluran drainase A5 memiliki total panjang saluran 110 meter dengan pembagian 11 titik segmen pengukuran, kapasitas saluran terbesar berada pada segmen ke 3 sebesar $2,425\text{m}^3/\text{det}$, dan terendah pada segmen ke 1 sebesar $0,293\text{m}^3/\text{det}$. Saluran drainase A5 mendapatkan penambahan debit limpasan dari saluran drainase A4 sebesar $1,082\text{m}^3/\text{det}$, dan dari saluran drainase C1 sebesar $0,876\text{m}^3/\text{det}$. Saluran drainase A5 memiliki nilai total debit limpasan permukaan sebesar $2,356\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 2 tahun, $2,459\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 5 tahun, dan $2,533\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 10 tahun. Sebanyak 10 segmen saluran mengalami luapan debit limpasan permukaan pada periode ulang 2 tahun, dan 11 segmen saluran mengalami luapan debit limpasan permukaan pada periode ulang 5,10 tahun.

Pada saluran drainase B1 memiliki total panjang saluran 350 meter dengan pembagian 35 titik

segmen pengukuran, kapasitas saluran terbesar berada pada segmen ke 29 sebesar $6,810\text{m}^3/\text{det}$, dan terendah pada segmen ke 1 sebesar $0,250\text{m}^3/\text{det}$. Limpasan permukaan pada saluran drainase B1 memiliki nilai sebesar $1,783\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 2 tahun, $2,245\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 5 tahun, dan $2,577\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 10 tahun. Sebanyak 24 segmen saluran mengalami luapan debit limpasan permukaan pada periode ulang 2 tahun, 26 segmen saluran mengalami luapan debit limpasan permukaan pada periode ulang 5 tahun, dan 31 segmen saluran mengalami luapan debit limpasan permukaan pada periode ulang 10 tahun.

Pada saluran drainase C1 memiliki total panjang saluran 300 meter dengan pembagian 30 titik segmen pengukuran, kapasitas saluran terbesar berada pada segmen ke 8 sebesar $2,894\text{m}^3/\text{det}$, dan terendah pada segmen ke 30 sebesar $0,230\text{m}^3/\text{det}$. Limpasan permukaan pada saluran drainase C1 memiliki nilai sebesar $1,577\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 2 tahun, $1,985\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 5 tahun, dan $2,279\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 10 tahun. Sebanyak 33 segmen saluran mengalami luapan debit limpasan permukaan pada periode ulang 2,5 tahun, dan 34 segmen saluran mengalami luapan debit limpasan permukaan pada periode ulang 10 tahun.

Pada saluran drainase F1 memiliki total panjang saluran 400 meter dengan pembagian 40 titik segmen pengukuran, kapasitas saluran terbesar berada pada segmen ke 13

sebesar $6,927\text{m}^3/\text{det}$, dan terendah pada segmen ke 2 dan 3 sebesar $0,369\text{m}^3/\text{det}$. Saluran drainase F1 mendapatkan penambahan debit limpasan dari saluran drainase A2 sebesar $0,999\text{m}^3/\text{det}$, dan dari saluran drainase A5 sebesar $0,990\text{m}^3/\text{det}$. Saluran drainase F1 memiliki nilai total debit limpasan permukaan sebesar $3,164\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 2 tahun, $3,468\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 5 tahun, dan $3,687\text{m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 10 tahun. Sebanyak 38 segmen saluran mengalami luapan debit limpasan permukaan pada periode ulang 2,5,10 tahun.



Gambar 7. Kondisi Titik Saluran Drainase A2, A4, dan A5

Kondisi saluran drainase di lapangan yang kurang sesuai dengan debit limpasan dapat dilakukan perbaikan melalui beberapa cara pertama menyediakan sumur resapan, kolam tandon, kolam retensi, sesuai dengan karakteristik kawasan, kedua mencegah sampah dan air limbah masuk ke saluran, ketiga melakukan pemeliharaan dan pembersihan saluran drainase, keempat mencegah pendirian bangunan di atas saluran dan jalan inspeksi, kelima mengelola sistem drainase kawasan secara swadaya, dan yang terakhir menyampaikan informasi tentang penanganan drainase kepada pemerintah kabupaten/kota (Febrianti & Silvia, 2019).

4. Penutup

Besar kapasitas saluran tertinggi berada pada titik A3 dan CA 3 sebesar 2,149 m³/det, dan kapasitas saluran terendah berada pada titik C1 dan CA 7 sebesar 0,876 m³/det. Intensitas hujan tertinggi periode ulang 2 tahun sebesar 1077,768 mm/jam. Intensitas hujan tertinggi pada periode ulang 5 tahun sebesar 1356,768 mm/jam. Intensitas hujan tertinggi pada periode ulang 10 tahun sebesar 1557,829 mm/jam. Keseluruhan intensitas hujan tertinggi terjadi pada titik yang sama yaitu A3 dengan CA 3. Debit limpasan permukaan dibagi menjadi 3 periode ulang tahunan, yaitu periode ulang 2 tahun dengan debit limpasan permukaan terbesar 3,470 m³/det, periode ulang 5 tahun terbesar 4,368 m³/det, dan periode ulang 10 tahun terbesar 5,016 m³/det. Keseluruhan debit limpasan terbesar terjadi pada titik yang sama yaitu A1 dengan CA 1. Titik saluran drainase A2, A4, dan A5 mengalami luapan debit limpasan akibat penambahan dari saluran drainase sebelumnya. Titik A2 merupakan terusan dari A1, titik A4 merupakan terusan dari A3 dan B1, titik A5 merupakan terusan dari A4 dan C1. Hasil evaluasi menunjukkan rata-rata kapasitas saluran drainase yang ada di wilayah penelitian hampir keseluruhan mempunyai tingkat kapasitas yang lebih kecil dibandingkan dengan debit limpasan permukaan, kecuali pada saluran drainase A3 yang masih dapat menampung debit limpasan permukaan hingga periode ulang 10 tahun. Penelitian ini dapat berguna untuk sebagai bahan acuan dalam melakukan evaluasi kapasitas saluran drainase, supaya dapat berfungsi secara optimal

dan dapat mengurangi limpasan permukaan saat musim hujan terutama pada daerah perkotaan.

Daftar Pustaka

- Amirwata, & Aliyansah, T. (2017). Analisa Saluran Drainase Jalan H. Abdul Rozak Palembang. *Jurnal Deformasi*, 2(Desember), 23–30.
- Badan Penanggulangan Bencana (BPBD) Kabupaten Jombang. (2021). *Data Kejadian Banjir*.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Jombang. (2021). *Kecamatan Jombang Dalam Angka 2021*.
- Cv. Persada Consultant. (2019). *Dokumen SID Saluran Drainase Perkotaan Jombang*.
- Farida, A., & Aryuni, V. T. (2020). Analisis Limpasan Permukaan Di Sekitar Kampus Universitas Muhammadiyah Sorong Kota Sorong. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 12(2), 146–161.
- Febrianti, D., & Silvia, C. S. (2019). Optimalisasi Pemeliharaan Drainase Berdasarkan Persepsi Masyarakat. *Jurnal CIVILA*, 4(2), 300–309.
<http://jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/CVL/article/view/380>
- Herlambang, W. . (2015). Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Di Wilayah Jombang [Institut Teknologi Nasional Malang]. In *Skripsi* (Vol. 13, Issue 3). http://eprints.itn.ac.id/2170/1/skripsi_widhita.pdf
- Isnaini, F. (2018). Evaluasi Kapasitas Daya Tampung Saluran Drainase Jalan Damanhuri Pada Kota Samarinda. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 1, 5–24.
- Jifa, A. N., Susanawati, L. D., & Haji, A. T. S. (2019). Evaluasi Saluran Drainase di Jalan Gajayana dan Jalan Summersari Kota Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan*

- Lingkungan*, 6(1), 9–17.
<https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2019.006.01.2>
- Krisnayanti, D. S., Hunggurami, E., & Dhima-Wea, K. N. (2017). Perencanaan Drainase Kota Seba. *Jurnal Teknik Sipil*, VI(1), 89–102.
- Mahmud. (2021). Hubungan Curah Hujan Terhadap Limpasan Permukaan dan Sedimen pada Berbagai Penggunaan Lahan di DAS Arui, Kabupaten Manokwari. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 23(2), 85–92.
<https://doi.org/10.29244/jitl.23.2.85-92>
- Rizqiwati, N. U. (2018). *Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase (Studi Kasus: Dusun Kimpulan, Desa Sadonoharjo, Kecamatan Ngaglik, Sleman, Yogyakarta)*.
- Robert J. Kodoatie, R. S. (2005). *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu* (I). ANDI Yogyakarta.
https://www.google.co.id/books/edition/Pengelolaan_sumber_daya_air_terpadu/v3rMAAAACAAJ?hl=id
- Robert J. Kodoatie, R. S. (2008). *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu (Edisi 2)* (II). ANDI Yogyakarta.
- Robot, J.A., Mananoma, T., Wuisan, E., Tangkudung, H. (2014). Analisis Debit Banjir Sungai Tondano Menggunakan Metode HSS Gama I Dan HSS Limantara. *Jurnal Sipil Statik*, 2(2014), 1–12.
- Saputro, R. (2012). Evaluasi kapasitas saluran drainase perkotaan (studi kasus:daerah tangkapan air klitren,Yogyakarta). *Jurnal Teknik*, 1(2), 185–192.
- Sari S. (2012). Studi limpasan permukaan spasial akibat perubahan penggunaan lahan (menggunakan model KINEROS). *Jurnal Teknik Pengairan*, 2(2), 148–158.
- Sholihati, A., Setiawan, A., & Hartana. (2020). Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase pada Sistem Drainase Ancar Kota Mataram. *Perpustakaan Fakultas Teknik Universitas Mataram*, 21(1), 1–9.
<https://perpustakaan.ft.unram.ac.id/index.php?p=fstream&fid=1820&bid=8526>
- Sulistiono, B., & Ardiyanto, A. F. (2017). Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Desa Sariharjo Ngaglik Sleman Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(1), 47–52.
<https://doi.org/10.24002/jts.v14i1.1016>
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkebutuhan*. In *Andi, Yogyakarta* (I). ANDI Yogyakarta.
<https://books.google.co.id/books?id=om44AAAACAAJ>