

EVALUASI KINERJA SALURAN DRAINASE PERUMAHAN BUKIT HIJAU-PERMATA HIJAU, KOTA MALANG

(Evaluation of Drainage Channel Performance in Bukit Hijau-Permata Hijau Residence, Malang City)

Winda Harsanti¹, Agustin Dita Lestari¹, Nikita Damayanti Muntu¹

¹ Program Studi Teknologi Konstruksi Jalan, Jembatan, Dan Bangunan Air, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

E-mail: winda.harsanti@polinema.ac.id

Diterima 10 April 2025, Disetujui 30 Mei 2025

ABSTRAK

Perumahan Bukit Hijau-Permata Hijau yang berada di Kota Malang merupakan kawasan pemukiman dengan luasan 6,5 ha yang dilengkapi sarana dan prasarana yang memadai. Salah satu sarana yang dimiliki adalah saluran drainase yang bergungsi untuk mengalirkan sisa air yang sudah tidak dibutuhkan lagi. Namun, pada saat musim hujan masih ditemukan adanya limpasan air dari saluran drainase ke permukaan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi eksisting saluran dan memberikan rekomendasi perbaikan agar luapan air dari saluran tidak terjadi lagi. Dalam mengevaluasi saluran, dimensi saluran eksisting didapatkan dari pengukuran di lapangan. Penentuan debit banjir dihitung menggunakan metode rasional dengan kala ulang 5 tahun berdasarkan data hujan dari 3 stasiun terdekat dari tahun 2014-2023. Selain debit banjir, debit air limbah juga dihitung dengan mengasumsikan jumlah penduduk tiap rumah sebanyak 3-4 orang. Analisis saluran yang dilakukan dibagi per segmen, baik untuk pengukuran dimensi saluran eksisting, perhitungan debit aliran, maupun evaluasi saluran. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa debit banjir terbesar terjadi pada segmen 55-56 sebesar 0,1121 m³/dt. Sedangkan untuk debit limbah terbesar berasal dari segmen 6-5 dan 82-83, dimana masing-masing menghasilkan debit sebesar 0,000040 m³/dt. Untuk total debit banjir dan limbah kumulatif terbesar terjadi pada segmen 84-85 sebagai titik akhir pembuangan sebesar 1,878 m³/dt. Dari 103 segmen saluran, hanya ada 16 segmen saluran yang tidak mengalami limpasan. Analisis redesain saluran memberikan hasil bahwa saluran terlebar memiliki lebar 1,2 m dan saluran tertinggi yaitu 0,9 m. Semua jenis aliran adalah sub kritis dengan kecepatan aliran berkisar antara 1,233 m/dt - 2,935 m/dt.

Kata kunci: debit banjir; air limbah; rasional

ABSTRACT

Bukit Hijau-Permata Hijau in Malang is a 6.5-hectare housing complex equipped with adequate facilities and infrastructure. One of these facilities is a drainage channel that drains waste water. However, throughout the rainy season, there is inundation from the drainage channels that fill the roads around the housing complex. The purpose of this study is to evaluate the capacity of the existing channels and provide recommendations so that inundation can be avoided. To evaluate the existing channels, the existing dimensions were measured directly in the field. Flood discharge was calculated using the rational method with a 5-year return period using rainfall data from the 3 nearest rainfall stations taken from 2014-2023. In addition to flood discharge, wastewater was also calculated, assuming that each house has 3-4 people. Channel analysis was carried out by dividing the channels into several segments, both for measuring existing channels, calculating flood discharge, and evaluating channel capacity. Based on the analysis results, the largest flood discharge occurred in segments 55-56 of 0.1121 m³/sec. In addition, the largest wastewater discharge of 0.000040 m³/sec occurred in 2 segments, namely segments 6-5 and 82-83. For the largest total flood and wastewater discharge, it occurred in segments 84-85 as the last channel of 1.878 m³/sec. Of the 103 channel segments, only 16 segments did not experience inundation. The results of the channel redesign showed that the widest channel is 1.2 m wide and the highest channel is 0.9 m high. All types of flow are sub-critical with velocity various from 1.233 m/sec to 2.935 m/sec.

Keywords: flood discharge; waste water; rational

PENDAHULUAN

Perumahan Bukit Hijau-Permata Hijau merupakan salah satu perumahan yang berlokasi di Jl. Bukit Hijau dan Jl. Permata Hijau, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang dengan luas area mencapai 6,5 ha. Kawasan perumahan ini sudah dilengkapi dengan sarana dan prasarana yang dibutuhkan oleh kawasan perumahan, termasuk diantaranya adalah saluran drainase. Prasarana drainase ini terdiri dari serangkaian bangunan yang dimaksudkan untuk membuang air lebih yang sudah tidak dimanfaatkan lagi, sehingga diharapkan lahan perumahan dapat dimanfaatkan secara optimal [1]. Untuk mendapatkan fungsi saluran drainase yang optimal maka diperlukan saluran dengan kondisi yang baik. Hal ini yang belum sepenuhnya dipenuhi pada prasarana yang ada di Perumahan Bukit Hijau-Permata Hijau, dimana masih ditemukan adanya keretakan, kemiringan saluran yang belum sesuai, maupun tidak terawatnya saluran sehingga menumbuhkan tanaman liar di sepanjang saluran.



Gambar 1. Kondisi saluran eksisting.

Kondisi saluran yang tidak terawat seperti ini mengakibatkan adanya limpasan ke jalan terutama pada saat musim hujan. Untuk itu, evaluasi terhadap kondisi eksisting saluran perlu untuk dilakukan untuk mengetahui penyebab dari terjadinya luapan atau genangan di wilayah perumahan. Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi saluran eksisting di kawasan Perumahan Bukit Hijau-Permata Hijau?
2. Bagaimana hasil evaluasi saluran berdasarkan kapasitas dan jenis aliran?
3. Berapa dimensi saluran redesain yang direncanakan agar mampu mengalirkan debit banjir rencana dan debit limbah pemukiman?

Apabila evaluasi saluran ini tidak dilakukan maka limpasan air di permukaan jalan akan semakin meluas yang akan berdampak pada kerusakan jalan yang

dimungkinkan akan menimbulkan kecelakaan pada pengguna jalan yang melintas. Kondisi ini yang menjadi urgensi dari penelitian ini untuk dilaksanakan. Selanjutnya, saluran yang mengalami luapan akan diredesain agar mampu menampung debit hujan dan debit limbah untuk kala ulang yang direncanakan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting saluran, mengevaluasi kondisi eksisting saluran berdasarkan kapasitas dan jenis alirannya, serta memberikan rekomendasi dimensi saluran redesain agar luapan air dari saluran tidak terjadi lagi.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian yang mengambil studi kasus di Perumahan Bukit Hijau-Permata Hijau, Kota Malang. Penelitian diawali dengan pengukuran saluran eksisting yang meliputi dimensi saluran dan kondisi jalan di sekitar saluran. Selain itu, pengumpulan data sekunder juga dilakukan yang meliputi data hujan dari 3 stasiun hujan terdekat dari lokasi studi. Stasiun hujan yang dipilih adalah Stasiun Dau, Stasiun Karangploso, dan Stasiun Blimbing yang masing-masing data diambil dari tahun 2014 sampai dengan tahun 2023. Selain itu, data rumah pada perumahan tersebut juga dikumpulkan untuk memperkirakan jumlah warga di perumahan. Wawancara kepada pihak keamanan perumahan juga dilakukan untuk mendapatkan informasi kondisi saluran terutama pada saat musim hujan sebagai informasi awal dalam melakukan survei awal kondisi saluran eksisting.

Berdasarkan hasil survei dan pengumpulan data sekunder, selanjutnya dilakukan analisis hidrologi atau analisis curah hujan untuk menentukan besarnya debit banjir dan debit limbah. Analisis hidrolika merupakan tahapan selanjutnya yang dilakukan, untuk mengevaluasi dimensi saluran eksisting sekaligus untuk meredesain saluran yang mengalami luapan.

1. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan merupakan suatu analisis yang menggunakan data hujan dalam periode tertentu [2]. Analisis ini diawali dengan perhitungan curah hujan daerah, dilanjutkan dengan perhitungan curah hujan rancangan, dan perhitungan debit banjir rancangan.

- Curah Hujan Daerah

Di dalam perhitungan curah hujan daerah dibutuhkan data hujan dari alat penakar hujan di sekitar lokasi studi. Pada wilayah yang luas, data hujan dari beberapa alat penakar perlu digunakan agar dapat mewakili hujan di wilayah tersebut [3]. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk perhitungan ini adalah metode rata-rata aljabar, dimana metode ini sesuai digunakan pada lokasi studi yang datar dan sebaran penakar hujan adalah merata [4]. Persamaan yang digunakan dalam menghitung curah hujan daerah ini adalah:

$$X = 1/n(X_1 + X_2 + \dots + X_n) \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

X : curah hujan daerah (mm)

$X_1, X_2, \dots, X_n$: curah hujan di masing-masing stasiun hujan (mm)
 n : jumlah stasiun hujan

- Curah Hujan Rancangan

Pemodelan frekuensi kejadian curah hujan untuk memperkirakan nilai ekstrim berupa curah hujan maksimum yang umum digunakan adalah metode Gumbel [5]. Namun untuk menerapkan metode ini, terdapat dua syarat yang harus dipenuhi, yaitu memiliki nilai kepengcengan (C_s) dan kurtosis (C_k) masing-masing sebesar kurang atau sama dengan 1,1396 dan kurang atau sama dengan dari 5,4002. Nilai C_s dan C_k dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots (2)$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \dots\dots\dots (3)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

C_s : koefisien kepengcengan
 C_k : koefisien kurtosis
 n : jumlah data
 X_i : hujan pada tahun ke- i (mm)
 $\bar{X}$: hujan rata-rata (mm)
 Sd : standar deviasi

Sedangkan persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya curah hujan rancangan adalah [5]:

$$X_T = \bar{X} + k \cdot Sd \dots\dots\dots (5)$$

$$k = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (6)$$

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \right] \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

X_T : hujan rancangan (mm)
 $\bar{X}$: hujan rata-rata (mm)
 k : faktor frekuensi
 Sd : simpangan baku
 Y_T : reduksi variat
 Y_n : reduksi rata-rata variat yang nilainya tergantung jumlah data
 S_n : standar deviasi variat yang nilainya tergantung jumlah data
 T_r : periode ulang (tahun)

- Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan merupakan besarnya debit maksimum yang terjadi dengan periode ulang tertentu, dimana salah satu metode perhitungan yang dapat digunakan adalah metode rasional [6]. Persamaan umumnya adalah:

$$Q = C I A \dots\dots\dots (8)$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \dots\dots\dots (9)$$

dimana:

Q : debit banjir (m^3/dt)
 C : koefisien aliran permukaan

: 0,5 untuk pemukiman dan 0,8 untuk jalan

I : intensitas curah hujan (mm/jam)

A : luas daerah aliran (m^2)

R_{24} : curah hujan rancangan (mm/hari)

t : lama hujan (jam)

Apabila data lama hujan tidak didapatkan, maka nilai ini dapat didekati dengan menghitung besarnya waktu konsentrasi. Adapun waktu konsentrasi adalah waktu mengalirnya air hujan dari titik terjauh sampai titik kontrol yang merupakan keluaran DPS setelah tanah mengalami kejenuhan dan terpenuhinya depresi-depresi kecil [7]. Persamaan untuk menghitung waktu konsentrasi adalah:

$$t_c = t_0 + t_d \dots\dots\dots (10)$$

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right]^{0,167} \dots\dots\dots (11)$$

$$t_d = \frac{L}{60V} \dots\dots\dots (12)$$

dimana:

t_c : waktu konsentrasi (menit)
 t_0 : waktu limpasan permukaan (menit)
 t_d : waktu aliran di saluran (menit)
 L_0 : panjang lintasan aliran di atas permukaan daerah pengaliran (m)
 n : koefisien hambatan
 lapisan semen dan aspal beton = 0,013
 S : kemiringan lahan
 L : panjang saluran (m)
 V : kecepatan aliran (m/dt)

2. Analisis Debit Limbah

Banyaknya debit limbah domestik dapat diperkirakan dari 70%-80% dari banyaknya konsumsi air bersih per orang [8]. Untuk banyaknya orang diasumsikan bahwa penghuni setiap rumah sebanyak 3-4 orang dengan jumlah kebutuhan air bersih sebesar 120 - 140 lt/orang/hari.

3. Analisis Hidrolika

Ada berbagai macam bentuk penampang saluran yang dapat digunakan pada saluran drainase, diantaranya persegi, trapesium, setengah lingkaran, maupun lingkaran. Untuk daerah pemukiman yang memiliki luas lahan terbatas, bentuk persegi yang umum digunakan. Persamaan matematis yang dibutuhkan dalam perencanaan dimensi saluran persegi diantaranya [9]:

$$A = b \times h \dots\dots\dots (13)$$

$$P = b + 2h \dots\dots\dots (14)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (15)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (16)$$

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (17)$$

Dimana:

b : lebar dasar saluran (m)
 h : kedalaman air (m)
 A : luas penampang saluran (m^2)
 P : keliling basah saluran (m)
 R : jari-jari hidrolis (m)
 V : kecepatan aliran (m/dt)
 n : koefisien kekasaran Manning

= 0,013 untuk pasangan beton
 S : kemiringan dasar saluran
 Q : debit aliran (m^3/dt)

Di dalam analisis hidrolika, perhitungan angka Froude juga dilakukan untuk menentukan jenis aliran. Hal ini dilakukan untuk menghindari aliran kritis atau super kritis di dalam saluran. Adapun persamaan untuk menghitung angka Froude adalah [10]:

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{gd}} \dots \dots \dots (18)$$

$$D = \frac{A}{T} \dots \dots \dots (19)$$

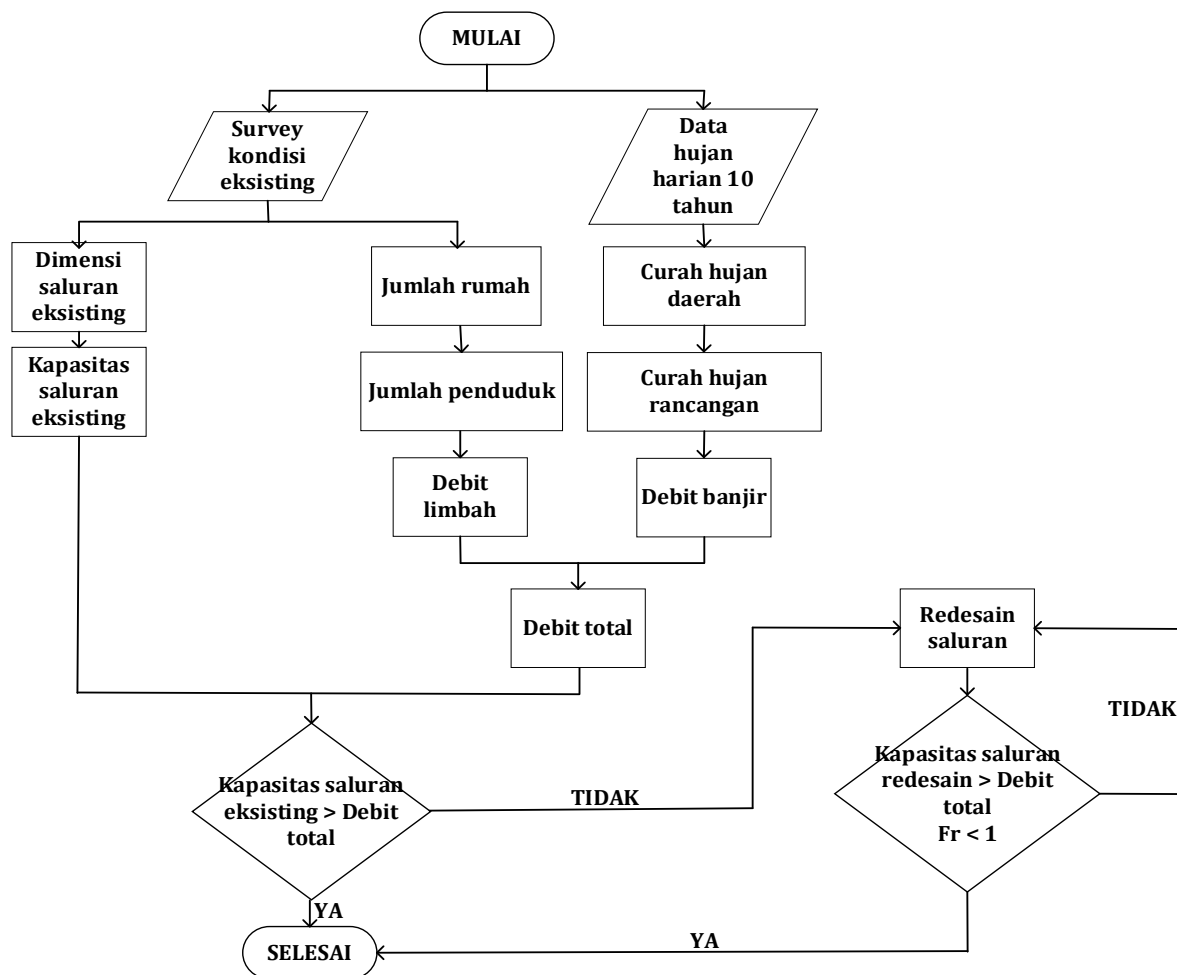
dimana:

Fr : angka Froude

V : kecepatan aliran (m/dt)
 g : percepatan gravitasi (m/dt^2)
 D : kedalaman hidrolis (m)
 A : luas penampang aliran (m^2)
 T : lebar atas saluran (m)

Jenis aliran berdasarkan angka Froude dibagi menjadi tiga kategori, yaitu sub kritis jika nilai Fr di bawah 1, kritis jika nilai Fr sama dengan 1, dan super kritis jika nilai Fr lebih dari 1. Pada perencanaan saluran drainase, saluran direncanakan memiliki aliran sub kritis.

Secara ringkas, untuk tahapan penelitian diberikan pada diagram alir di bawah ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penelitian Terdahulu

Penelitian untuk mengevaluasi saluran drainase di pemukiman telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Diantaranya yaitu evaluasi saluran drainase di Jl. RA. Kartini, Kecamatan Gumukmas, Kabupaten Jember [11]. Evaluasi kapasitas saluran eksisting dilakukan melalui survei lapangan yang dilanjutkan dengan analisis perhitungan debit banjir dan debit limbah. Dari hasil survei didapatkan bahwa kondisi saluran yang mengalami pendangkalan dan kerusakan di beberapa bagian. Dengan kondisi saluran tersebut, kurang mampu untuk mengalirkan debit banjir dan debit limbah hasil perhitungan, yaitu sebesar 1,537

m^3/dt . Untuk itu redesain saluran perlu dilakukan untuk mengurangi limpasan permukaan. Dimensi baru terbesar yang direncanakan adalah 1 m untuk lebarnya dan 1,9 m untuk kedalaman saluran.

Penelitian sejenis kedua yaitu evaluasi saluran drainase di Jl. Borobudur – Jl. Candi Telaga Wangi, Kota Malang [12]. Tahapan dari evaluasi yaitu survei kondisi saluran eksisting dan membandingkan kapasitas saluran eksisting dengan debit air yang akan dialirkan ke dalam saluran. Berdasarkan hasil evaluasi didapatkan bahwa saluran harus diredesain dikarenakan kapasitas saluran eksisting terlalu kecil. Debit air dari hasil perhitungan yang harus dialirkan ke saluran bervariasi antara 0,0482 m^3/dt sampai 2,1298 m^3/dt . Untuk mengalirkan debit tersebut,

saluran yang direncanakan berbentuk persegi dengan dimensi terbesar sebesar 1,1 m untuk lebarnya dan 1,5 m untuk tingginya.

Penelitian terdahulu ketiga dengan kajian redesain sistem drainase dilakukan di area Gedung Kampus Unitomo [13]. Redesain dilakukan di Gedung A, B, C, D, E, dan F dari kampus ini. Upaya redesain dilakukan setelah saluran drainase di gedung-gedung tersebut tidak mampu menampung intensitas hujan yang tinggi dan kurangnya lahan terbuka sebagai resapan air. Dari hasil redesain, saluran drainase direncanakan menggunakan saluran yang terbuat dari *U-ditch* dengan dimensi 0,3 m × 0,3 m untuk ukuran terkecil dan 0,5 m × 0,7 m untuk ukuran terbesar. Selain itu direncanakan juga sumur resapan di 40 titik pada area Gedung F dengan bentuk persegi yang berdimensi 1,2 m × 1 m × 3 m.

2. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan diawali dengan perhitungan curah hujan daerah dengan menggunakan metode rata-rata aljabar. Data hujan diambil dari 3 stasiun hujan terdekat dari kawasan perumahan Bukit Hijai-Permata Hijau, yaitu Stasiun Karangploso, Stasiun Dau, dan Stasiun Blimbing yang masing-masing data diambil dari tahun 2014-2023.

Perhitungan diawali dengan mencari hujan maksimum di tiap tahun pada masing-masing stasiun. Pada tanggal terjadinya hujan maksimum pada stasiun hujan tertentu, selanjutnya dicari besarnya curah hujan pada tanggal yang sama di dua stasiun hujan lainnya. Kemudian dari tiga data hujan pada tanggal yang sama selanjutnya akan dihitung menggunakan persamaan (1) untuk mendapatkan besarnya curah hujan daerah. Adapun hasil perhitungan curah hujan daerah diberikan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Perhitungan curah hujan daerah.

Tahun	Tanggal	Sta. D (mm)	Sta. B (mm)	Sta. K (mm)	Curah Hujan Daerah (mm)
2023	12 Juni	80	42,437	31	51,146
	9 Feb	20	105,574	9	44,858
	28 Nov	35	23,806	53	37,269
2022	15 Mar	105	119,030	63	95,677
	15 Mar	105	119,003	63	95,677
	16 Des	18	52,787	80	50,262
2021	13 Jan	95	32	13	46,667
	6 Jan	0	123	17	46,667
	22 Jun	0	105	110	71,667
2000	3 Mar	145	47	33	75,000
	22 Mar	0	97	0	32,333
	4 Feb	35	47	77	53,000
2019	13 Mar	93	0	0	31,000
	11 Feb	5	82	67	51,333
	11 Feb	5	82	67	51,333
2018	5 Feb	95	25	25	48,333
	4 Apr	0	104	0	34,667
	26 Nov	0	18	92	36,667
2017	26 Mar	105	40	40	61,667
	4 Apr	0	104	67	57,000
	1 Mar	37	35	93	55,000
2016	2 Feb	75	50	46	57,000
	12 Apr	0	64	0	21,333
	24 Feb	52	40	62	51,333
2015	1 Des	69,927	0	0	23,309
	3 Mei	0	96	46,590	47,530

Tahun	Tanggal	Sta. D (mm)	Sta. B (mm)	Sta. K (mm)	Curah Hujan Daerah (mm)
2014	11 Des	5,379	26	91,809	41,063
	5 Jan	107,579	89	80,847	92,475
	27 Mei	0	125	143,880	89,627
	27 Mei	0	125	143,880	89,627

Dikarenakan jumlah stasiun hujan yang digunakan dalam perhitungan sebanyak 3, maka di setiap tahunnya terdapat 3 hujan daerah. Dari 3 data hujan daerah tersebut akan diambil curah hujan yang terbesar yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya, yang diberikan pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Curah hujan daerah maksimum.

Tahun	Curah Hujan (mm)
2023	51,146
2022	95,677
2021	71,667
2000	75,000
2019	51,333
2018	48,333
2017	61,667
2016	57,000
2015	47,530
2014	92,475

Tahap kedua setelah didapatkan besarnya curah hujan daerah adalah analisis untuk perhitungan curah hujan rancangan. Metode yang umum digunakan untuk menghitung besarnya curah hujan rancangan adalah metode Gumbel. Namun, terdapat 2 syarat yang harus dipenuhi agar metode ini dapat digunakan, yaitu besarnya nilai $C_s \leq 1,1396$ dan $C_k \leq 5,4002$.

Berdasarkan data hujan daerah pada tabel 2, didapatkan besarnya curah hujan rata-rata sebesar 65,183. Dengan menggunakan persamaan (2), (3), dan (4), maka didapatkan nilai S_d , C_s , dan C_k masing-masing sebesar 17,879; 0,82; dan -0,73. Dengan angka C_s dan C_k tersebut dan persyaratan yang ditentukan, maka metode Gumbel dapat digunakan. Dengan menggunakan persamaan (5), (6), dan (7) dengan menggunakan kala ulang 5 tahun maka didapatkan besarnya curah hujan rancangan sebesar 84,0997 mm/hari.

Untuk menghitung besarnya debit banjir rancangan, maka saluran dibagi menjadi beberapa STA (segmen).



Gambar 2. Pembagian segmen saluran.

Untuk itu perhitungan intensitas hujan dan luas area juga dibagi berdasarkan segmen tersebut. Selain itu, di dalam perhitungan juga dipisahkan antara perhitungan debit pada permukaan jalan dengan permukaan selain jalan. Sebagai contoh pada saluran segmen 58-57 akan menerima air baik dari permukaan jalan maupun dari rumah warga. Maka perhitungan debit dilakukan dua kali, yaitu debit dari jalan dan debit dari rumah. Untuk data yang digunakan dalam perhitungan jalan adalah:

$$\begin{aligned} L_0 &= 2,75 \text{ m} \\ n &= 0,013 \\ S &= 2\% \\ L_d &= 47,2173 \text{ m} \\ V &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (8) sampai (12) maka debit dari permukaan jalan menghasilkan nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned} t_0 &= 0,906 \text{ menit} \\ t_d &= 0,525 \text{ menit} \\ t_c &= 1,431 \text{ menit} \\ &= 0,024 \text{ jam} \\ I &= 351,985 \text{ mm/jam} \\ &= 9,78 \times 10^{-5} \text{ m/dt} \\ Q &= 0,0102 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dan menggunakan data dari rumah, maka didapatkan debit banjir di saluran 58-57 sebesar $0,0438 \text{ m}^3/\text{dt}$. Sehingga debit banjir total di

saluran ini sebesar $0,0539 \text{ m}^3/\text{dt}$. Perhitungan seperti ini dilakukan untuk semua segmen saluran. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan debit banjir terbesar terjadi pada segmen 55-56, dimana debit total dari jalan dan rumah sebesar $0,1121 \text{ m}^3/\text{dt}$.

3. Analisis Debit Limbah

Perhitungan debit limbah dilakukan dengan menghitung jumlah penduduk per segmen saluran, kemudian mengalikan angka ini dengan standar air limbah yang dihasilkan setiap orang. Untuk debit limbah terbesar berasal dari segmen 6-5 dan 82-83, dimana masing-masing menghasilkan debit sebesar $0,000040 \text{ m}^3/\text{dt}$.

4. Debit Kumulatif

Dari perhitungan debit banjir dan debit air limbah, maka selanjutnya akan dijumlahkan antara debit banjir dengan debit limbah di tiap segmen, yang selanjutnya akan dikumulatifkan debit banjir total sesuai dengan *layout* saluran. Titik akhir pembuangan berada pada segmen 84-85, dimana semua air dikumpulkan pada titik ini sebelum dibuang ke saluran drainase di luar perumahan. Debit yang terkumpul pada segmen ini sebesar $1,878 \text{ m}^3/\text{dt}$. Contoh perhitungan kumulatif debit di tiap segmen saluran diberikan pada tabel 3.

Tabel 3. Kumulatif debit saluran.

Blok	No. Saluran	Debit				
		Hujan (m^3/dt)	Limbah (m^3/dt)	No. Saluran Sebelumnya	Q Saluran Sebelumnya (m^3/dt)	Q total (m^3/dt)
A	67-68	0,053528	0,0000333	66-67	0,050314	0,103875
	66-67	0,050283	0,0000306			0,050314
	66-65	0,031972	0,0000277			0,031999
	72-65	0,050189	0,0000279	71-72	0,078548	0,128765
	71-72	0,030450	0,0000314	70-71	0,048067	0,078548
	70-71	0,048037	0,0000294			0,048067
	70-69	0,059508	0,0000322			0,059540
	69-68	0,009906	0,0000349			0,009941

5. Analisis Hidrolika Saluran Eksisting

Pada tahap analisis hidrolika, langkah awal yang dilakukan adalah menghitung kapasitas saluran eksisting kemudian membandingkan angka tersebut dengan debit

kumulatif di tiap segmen saluran. Selain kapasitas, jenis aliran berdasarkan angka Froude juga dihitung untuk meminimalkan terjadinya penggerusan pada saluran. Berikut contoh analisis perhitungan saluran eksisting.

Tabel 4. Analisis hidrolika saluran eksisting.

No. Sal.	Qtotal (m^3/dt)	Panjang Saluran (m)	Slope Asli (%)	Koefisien kekasaran (n)	b (m)	h (m)	A (m^2)	P (m)	R (m)	Fb (m)	V (m/dt)	Qsal (m^3/dt)	Fr	Kesimpulan
67-68	0,103875	43,07	2,73	0,013	0,25	0,41	0,103	1,075	0,096	0,138	2,662	0,275	1,32	Redesain
66-67	0,050314	42,44	1,33	0,013	0,30	0,23	0,068	0,750	0,090	0,075	1,784	0,120	1,20	Redesain
66-65	0,031999	43,21	1,33	0,013	0,30	0,23	0,068	0,750	0,090	0,075	1,784	0,120	1,20	Redesain
72-65	0,128765	42,24	1,04	0,013	0,48	0,38	0,180	1,230	0,146	0,125	2,175	0,391	1,13	Redesain
71-72	0,078548	43,29	1,50	0,013	0,40	0,38	0,150	1,150	0,130	0,125	2,423	0,363	1,26	Redesain
70-71	0,048067	42,53	1,56	0,013	0,30	0,53	0,158	1,350	0,117	0,175	2,296	0,362	1,01	Redesain
70-69	0,059540	43,86	1,56	0,013	0,35	0,60	0,210	1,550	0,136	0,200	2,536	0,533	1,05	Redesain
69-68	0,009941	45,69	2,27	0,013	0,40	0,38	0,150	1,150	0,130	0,125	2,983	0,447	1,56	Redesain

Berdasarkan analisis pada contoh di atas, dengan kapasitas eksisting saat ini saluran dapat mengalirkan debit buangan (Q_{total}), namun dari kontrol jenis aliran masih menghasilkan aliran yang super kritis. Aliran ini yang dimungkinkan akan dapat menggerus saluran. Sehingga, meskipun saluran masih cukup untuk menampung debit aliran namun perlu diredesain dengan melandaikan saluran untuk mendapatkan jenis aliran yang sub kritis. Evaluasi yang sama juga dilakukan pada semua segmen saluran.

Permasalahan yang ditemukan dari hasil analisis tersebut, selain jenis aliran yang super kritis, adalah kapasitas saluran yang terlalu kecil, dan kecepatan aliran yang terlalu besar. Namun, dari 103 segmen saluran, ada beberapa saluran yang memang tidak mengalami permasalahan baik dari kapasitas, kecepatan, maupun jenis aliran. Segmen aliran tersebut adalah saluran 53-52, 53-45, 43-42, 43-44, 45-44, 6-5, 5-4, 8-9, 9-10, 10-11, 13-12, 15-16, 29-30, 30-83, 77-78, dan 78-79. Untuk selebihnya, saluran harus diredesain untuk mendapatkan kapasitas saluran

yang memenuhi dengan jenis aliran sub kritis.

6. Analisis Hidrolika Saluran Rencana

Berdasarkan analisis hidrolika yang sudah dilakukan untuk saluran eksisting, maka pada saluran yang harus diredesain dilakukan beberapa perbaikan, diantaranya menambah kedalaman saluran pada segmen saluran yang memiliki kapasitas terlalu kecil. Pada segmen saluran yang memiliki kecepatan terlalu tinggi atau jenis alirannya super kritis adalah dengan menambah timbunan atau terjunan untuk mendapatkan kemiringan saluran yang lebih landai. Bentuk saluran yang direncanakan adalah persegi. Pertimbangan penggunaan bentuk ini adalah keterbatasan lahan yang tersedia sehingga bentuk persegi yang sesuai untuk diterapkan. Contoh dari hasil redesain saluran diberikan pada tabel berikut ini.

Tabel 5. Analisis hidrolika saluran redesain.

No. Sal.	Q_{total} (m^3/dt)	Panjang Saluran (m)	Slope Rencana (%)	Koefisien kekasaran (n)	b (m)	h (m)	A (m^2)	P (m)	R (m)	Fb (m)	V (m/dt)	Q_{sal} (m^3/dt)	Fr	Kesimpulan
67-68	0,103875	43,07	1,5	0,013	0,25	0,41	0,103	1,075	0,096	0,200	1,974	0,204	0,981	Aman
66-67	0,050314	42,44	0,9	0,013	0,30	0,23	0,068	0,750	0,090	0,200	1,466	0,099	0,986	Aman
66-65	0,031999	43,21	0,9	0,013	0,30	0,23	0,068	0,750	0,090	0,200	1,466	0,099	0,986	Aman
72-65	0,128765	42,24	0,8	0,013	0,48	0,38	0,180	1,230	0,146	0,200	1,911	0,344	0,996	Aman
71-72	0,078548	43,29	0,9	0,013	0,40	0,38	0,150	1,150	0,130	0,200	1,877	0,282	0,979	Aman
70-71	0,048067	42,53	1,5	0,013	0,30	0,53	0,158	1,350	0,117	0,200	2,264	0,357	0,998	Aman
70-69	0,059540	43,86	1,4	0,013	0,35	0,60	0,210	1,550	0,136	0,200	2,401	0,504	0,990	Aman
69-68	0,009941	45,69	0,9	0,013	0,40	0,38	0,150	1,150	0,130	0,200	1,877	0,282	0,979	Aman

Dari hasil redesain saluran, maka didapatkan dimensi saluran terlebar yaitu 1,2 m dan saluran yang terdalam sebesar 0,9 m. Kecepatan aliran di dalam saluran berkisar antara 1,233 m/dt - 2,935 m/dt, kecepatan ini masih di dalam batas ijin untuk saluran yang terbuat dari beton dimana kecepatan ijin maksimumnya sebesar 3 m/dt. Untuk besarnya angka Froude di semua segmen saluran sudah berada di bawah 1, dimana angka Froude terbesar adalah 0,998. Meskipun hampir mendekati 1, namun jenis aliran masih tetap sub kritis. Sehingga dari evaluasi ini didapatkan saluran hasil redesain sudah memenuhi persyaratan baik dari kapasitas, kecepatan, maupun angka Froude.

KESIMPULAN

Terdapat saluran yang mengalami keretakan, kemiringan saluran yang belum sesuai, tumbuhnya tanaman liar di sepanjang saluran yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas saluran sehingga timbul limpasan air dari saluran ini. Analisis yang dilakukan adalah mengevaluasi kapasitas saluran eksisting baik dari kapasitas maupun jenis aliran. Berdasarkan analisis tersebut didapatkan banyak saluran yang tidak memenuhi. Meskipun dari kapasitas sudah mencukupi, namun banyak saluran yang tidak memenuhi untuk jenis alirannya dimana alirannya masih super kritis. Redesain saluran dilakukan hampir di seluruh saluran (87 segmen dari total

103 segmen) dengan tujuan untuk mendapatkan saluran yang memenuhi baik dari kapasitas, kecepatan, maupun jenis aliran. Hasil redesain menunjukkan bahwa saluran terlebar memiliki lebar 1,2 m dan saluran tertinggi yaitu 0,9 m. Semua jenis aliran adalah sub kritis dengan kecepatan aliran berkisar antara 1,233 m/dt - 2,935 m/dt.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Abda, "Tinjauan Sistem Drainase Jalan," *Orbith Maj. Ilm. Pengemb. Rekayasa dan Sos.*, vol. 17, no. 2, pp. 107–113, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/orbith/article/view/2965>
- [2] H. Kurniawan, A. Khamid, D. D. Apriliano, and W. Diantoro, "Evaluasi dan Rencana Pengembangan Sistem Drainase di Kota Tegal (Studi Kasus di Kecamatan Tegal Barat)," *J. Sci. Eng. Inf. Syst. Res.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2023.
- [3] M. Amrulloh, W. Yunarni Widiarti, and G. Halik, "Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Jalan Kaliurang Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember," *J. Tek. Pengair.*, vol. 12, no. 2, pp. 81–91, 2021, doi: 10.21776/ub.pengairan.2021.012.02.01.
- [4] P. Saluran Drainase Dan Penerapan Ecodrainage, S. Salihanura, and W. Harsanti, "Pada Proyek Pembangunan Perumahan Grand Clarysa Lumajang," vol. 3, no. 4, pp. 187–194, 2022,

- [5] [Online]. Available: <http://jos-mrk.polinema.ac.id/>
M. I. Ananta, L. M. Limantara, J. S. Fidari, and H. Nurdin, "Analisa Curah Hujan Rancangan Di Daerah Aliran Sungai Bendungan Manikin Kabupaten Kupang," *J. Tek. Sipil*, vol. 13, no. 1, pp. 67–78, 2024.
- [6] A. A. R. R. WANGSA, I. B. SURYATMAJA, and A. A. M. P. ANDINI, "Analisis Hidrologi Rancangan Menggunakan Metode Rasional Pada Saluran Drainase Di Kelurahan Sumerta Kelod Kota Denpasar," *Ganec Swara*, vol. 17, no. 2, p. 607, 2023, doi: 10.35327/gara.v17i2.463.
- [7] R. M. Yusuf, B. Rachmat Suganda, M. Nursiyam Barkah, and K. Arfiansyah, "Analisis Debit Banjir Dengan Membandingkan Nilai Debit Banjir Metode Rasional Dan Kapasitas Debit Aliran Sungai Pada Sub-DAS Ciwaringin Kabupaten Majalengka Provinsi Jawa Barat," *Padjajaran Geosci. J.*, vol. 5, no. 4, pp. 424–432, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.unpad.ac.id/geoscience/article/view/35243>
- [8] Rochma Septi Pratiwi and Ipung Fitri Purwanti, "Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik di Kelurahan Keputih Surabaya," *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, pp. 40–44, 2015, [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi1wvKv_6WAAxXNwjgGHQSuDRAQFnoECAwQAQ&url=http%3A%2F%2Fcore.ac.uk%2Fdownload%2Fpdf%2F289795878.pdf&usg=AOvVaw1NfkXSPCfud1aX
- [9] SQGdDbIS&opi=89978449
M. Wellang, M. F. Hasim, and I. F. Simin, "Analisa Koefisien Kekasaran Manning (n) dan Chezy (c) pada Saluran Terbuka dengan Variasi Debit Aliran dan Kemiringan," *J. Tek. Sipil MACCA*, vol. 4, no. 1, pp. 11–21, 2019, doi: 10.33096/jtsm.v4i1.357.
- [10] Winda Harsanti, Susapto, and Moh. Charits, "Tipe Loncatan Air Pada Ambang Gerigi," *J. Tek. Ilmu Dan Apl.*, vol. 3, no. 2, pp. 114–118, 2022, doi: 10.33795/jtia.v3i1.104.
- [11] Nurul Indah Noviyanti, Moh. Charits, and Chaerul Muharis, "Perencanaan Ulang Saluran Drainase Jalan Raya Berwawasan Lingkungan Di Kecamatan Gumukmas Kabupaten Jember," *TECHNOVATAR J. Teknol. Ind. dan Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 47–57, 2023, doi: 10.61434/technovatar.v1i1.107.
- [12] S. Nadia, M. Efendi, and W. Harsanti, "Perencanaan Ulang Sistem Drainase Perkotaan Di Jalan Borobudur–Jalan Candi Telaga Wangi Kota Malang," *J. Online SKRIPSI ...*, vol. 2, pp. 24–28, 2021, [Online]. Available: <http://jos-mrk.polinema.ac.id/index.php/JOS-MRK/article/view/123%0Ahttp://jos-mrk.polinema.ac.id/index.php/JOS-MRK/article/download/123/51>
- [13] N. J. Asid, S. Zuraidah, Y. Susilo, W. A. Nugroho, and Y. Ridlwan, "Redesain Sistem Drainase Area Gedung A,B,C,D,E dan F di Kampus UNITOMO," *Publ. Ris. Orientasi Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 11–17, 2024, doi: 10.26740/proteksi.v6n1.p11-17.