

EVALUASI DAN PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE PADA PERUMAHAN KARANGDUREN PERMAI KECAMATAN PAKISAJI KABUPATEN MALANG

Levina Sekar Yasmin¹, Moh. Charits², Mohamad Zenurianto³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang^{2,3}

levinayasmin@gmail.com¹, moh.charits@polinema.ac.id², mzenurianto@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Pada Perumahan Karangduren Permai Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang sering terjadi banjir saat musim hujan. Terjadinya banjir tersebut disebabkan oleh adanya peralihan fungsi lahan sawah menjadi daerah pemukiman. Pemicu lain disebabkan oleh saluran yang tidak berfungsi dengan baik karena kurangnya saluran pada daerah tersebut serta banyaknya tanaman liar di dalam saluran. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung kapasitas saluran, menghitung debit banjir rancangan, menentukan dimensi rencana dan merencanakan sumur resapan dengan biaya pelaksanaan yang efisien. Data yang dibutuhkan yaitu peta topografi, data curah hujan dari 3 stasiun terdekat: Bululawang, Tangkilsari, dan Sukun tahun 2010-2019, data permeabilitas tanah, dan harga satuan pokok pekerjaan Kabupaten Malang Tahun 2020. Data tersebut diolah dengan menggunakan Log Pearson III, uji kesesuaian dengan metode *Smirnov-Kolmogorov* dan *Chi-Square* dengan kala ulang 2 tahun, intensitas hujan dengan metode *Mononobe* dan debit banjir rancangan dengan metode rasional. Hasil perhitungan diperoleh curah hujan rancangan sebesar 64.053 mm/hari; drainase berwawasan lingkungan dengan beberapa variasi debit sumur resapan terkecil didapat sebesar 0.005 m³/detik dan terbesar sebesar 0.065 m³/detik dengan jumlah sumur resapan 1 tiap blok; dimensi saluran terkecil adalah 0.18 m x 0.33 m dan terbesar sebesar 1 m x 1.2 m; biaya konstruksi sebesar Rp 6,364,590,268.12.

Kata kunci : evaluasi; perencanaan ulang; sumur resapan

ABSTRACT

In Karangduren Permai Housing, Pakisaji District, Malang Regency, floods often occur during the rainy season. The flood was caused by the shift in the function of paddy fields to residential areas. Another trigger is caused by the channel not functioning properly due to the lack of channels in the area as well as the abundance of weeds in the canal. The purpose of this study is to calculate the channel capacity, calculate the design flood discharge, determine the dimensions of the plan and plan infiltration wells with efficient implementation costs. The data needed are topographic maps, rainfall data from the 3 closest stations: Bululawang, Tangkilsari, and Sukun in 2010-2019, soil permeability data, and the price of the basic unit of work for Malang Regency in 2020. The data is processed using the Pearson III Log, test conformity with the methods Smirnov-Kolmogorov and Chi-Square with a return period of 2 years, rainfall intensity with the method Mononobe and design flood discharge with the rational method. The calculation results obtained that the design rainfall is 64,053 mm/day; environmentally sound drainage with some variation debit smallest catchment wells obtained at 0005 m³/sec and the largest of 0.065 m³/sec by the number of recharge wells 1 in each block; the smallest channel dimensions are 0.18 mx 0.33 m and the largest is 1 mx 1.2 m; construction costs of Rp 6,364,590,268.12.

Keywords : evaluation; re-planning; infiltration wells

1. PENDAHULUAN

Perumahan Karangduren Permai merupakan perumahan yang berada di Kecamatan Pakisaji yang dibangun sekitar

tahun 1996 dan memiliki luas 7.15 ha. Perumahan ini adalah perumahan daerah peralihan fungsi lahan sawah menjadi daerah pemukiman. Hal ini menyebabkan daerah resapan air

semakin berkurang. Berdasarkan hasil survei, ditinjau dari tersedianya prasarana drainase di Perumahan Karangduren Permai saat ini, bahwa banyak saluran drainase yang tidak mampu menampung debit air yang melimpah. Hal ini diakibatkan banyak saluran drainase yang tidak berfungsi dengan baik dan tidak terawat maupun banyak rumah yang tidak ada salurannya. Maka dari itu, pada saat hujan deras menyebabkan genangan maupun banjir.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kapasitas saluran yang ideal dan dimensi saluran drainase yang dapat menampung pada Perumahan Karangduren Permai agar tidak terjadi genangan maupun banjir.

2. METODE

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk mendapatkan besarnya intensitas curah hujan, sebagai dasar perhitungan debit rencana pada suatu daerah untuk mengevaluasi perencanaan sistem drainase.

Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam perencanaan drainase adalah data curah hujan harian maksimum minimal 10 tahun terakhir dari 3 stasiun hujan terdekat.

Uji Konsistensi

Uji Konsistensi adalah suatu pengujian yang dilakukan untuk mengecek konsistensi data hujan yang akan digunakan dalam suatu perencanaan. Apabila belum konsisten dapat dilakukan koreksi data curah hujan menggunakan metode kurva massa ganda dengan langkah sebagai berikut:

1. Menentukan satu stasiun utama sebagai stasiun dasar pengamatan.
2. Menentukan stasiun lainnya sebagai pembanding.
3. Menghitung komulatif data curah hujan pada stasiun utama (*dy*).
4. Menghitung rata-rata data curah hujan dan komulatif stasiun-stasiun pembanding (*dx*).
5. Membuat grafik lengkung massa ganda dengan (*dx*) sebagai basis dan (*dy*) sebagai ordinat.
6. Menentukan trend baru dan trend lama. Trend baru (*m1*) merupakan data yang diasumsikan dalam garis lurus, sedangkan trend lama (*m2*) yaitu data yang diasumsikan tidak dalam garis lurus. Untuk menghitung nilai gradient dari trend baru dan trend lama dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$m = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i - (\sum X_i)^2} \tag{1}$$

Keterangan:

- n* = banyak data
- X_i* = komulatif stasiun pembanding
- Y_i* = komulatif stasiun utama

7. Menghitung nilai faktor koreksi menggunakan rumus:

$$F = \frac{m_1}{m_2} \tag{2}$$

Keterangan:

- F* = faktor koreksi
- m₁* = gradien garis lurus
- m₂* = gradien garis tidak lurus

8. Mengoreksi data dengan cara mengalikan data yang akan diasumsikan tidak dalam garis lurus faktor koreksi lalu membuat grafik datanya. Pengujian ini dilakukan untuk tiap stasiun terhadap stasiun-stasiun lainnya.

Curah Hujan Daerah

Metode yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu menggunakan metode rata-rata aljabar.

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \tag{3}$$

Keterangan:

- \bar{R} = curah hujan daerah (mm)
- N* = jumlah titik-titik pengamatan
- R₁, R₂, ... R_n* = curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

Curah Hujan Rancangan

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan ada 4 jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan.

Tabel 1. Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

No.	Distribusi	Persyaratan
1.	Normal	<i>C_s</i> ≈ 0 <i>C_k</i> ≈ 3
2.	Log Normal	<i>C_k</i> ≈ 3
3.	Gumbel	<i>C_s</i> ≤ 1,1396 <i>C_k</i> ≈ 5,4002
4.	Log Pearson III	<i>C_s</i> ≠ 0

Sumber: SNI 2415 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rancangan, 2016: 12

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \tag{4}$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \tag{5}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \tag{6}$$

Keterangan:

- C_s* = koefisien kepencengan
- C_k* = koefisien kepuncakan
- X_i* = data hujan ke-*i*
- \bar{X} = data hujan rata-rata
- n* = jumlah data
- S* = standar deviasi

Uji Kesesuaian Distribusi

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fittest test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut.

- a. Uji Smirnov-Kolmogorov

$$\Delta P = |P_{empiris} - P_{teoritis}| \quad (7)$$

- b. Uji Chi-Square

$$x^2_{hitung} = \sum |d_{empiris} - d_{teoritis}|^2 / d_{teoritis} \quad (8)$$

Keterangan:

x^2 = parameter Chi-Square

$d_{empiris}$ = d berdasarkan kertas distribusi

$d_{teoritis}$ = d berdasarkan teoritis

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh titik air hujan yang jatuh terjauh pada permukaan tanah dalam Daerah Tangkapan Air ke saluran terdekat (t_0) dan ditambah waktu untuk mengalir sampai di suatu titik di saluran drainase yang ditinjau (t_d)

$$t_c = t_0 + t_d \quad (9)$$

Keterangan:

t_c = waktu konsentrasi (jam)

t_0 = waktu terlama yang dibutuhkan oleh air hujan untuk mengalir diatas permukaan tanah ke saluran yang terdekat (menit)

t_d = waktu yang diperlukan air hujan mengalir di dalam saluran (menit)

Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Rumus yang digunakan yaitu dengan persamaan Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3} \quad (10)$$

Keterangan:

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = curah hujan harian maksimum tahunan untuk kala ulang t tahun

t_c = waktu konsentrasi (menit)

Debit Banjir Rancangan

Rumus rasional adalah metode yang paling sederhana dalam memperhitungkan debit banjir rancangan. Perhitungan ini menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = C.I.A$$

Keterangan:

Q = debit puncak banjir ($m^3/detik$)

C = koefisien limpasan/pengaliran

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah (ha)

Debit Air Limbah

Rumus yang digunakan untuk menghitung debit air limbah sebagai berikut:

$$Q_{air\ limbah} = (60-80\%) \times Q_{air\ minum} \times P_t \quad (11)$$

Keterangan:

$Q_{air\ limbah}$ = debit air limbah domestik (L/orang/hari)

$Q_{air\ minum}$ = pemakaian air minum (L/orang/hari)

P_t = total jumlah penduduk (jiwa)

Analisis Hidrolika

Tujuan dari analisis ini adalah untuk mencari dimensi saluran yang mampu menampung kapasitas rencana.

Kecepatan Rata-Rata

Rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus Manning, yaitu:

$$v = 1/n R^{2/3} S^{1/2} \quad (12)$$

Keterangan:

v = kecepatan rata-rata (m/detik)

n = koefisien kekasaran Manning

R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan saluran

Debit Saluran

Untuk mendapat dimensi saluran dapat menggunakan rumus kontinuitas, yaitu:

$$Q = v \times A \quad (13)$$

Keterangan:

Q = debit pada saluran ($m^3/detik$)

v = kecepatan aliran (m/detik)

A = luas penampang saluran (m^2)

Kontrol Jenis Aliran

Parameter yang menentukan ketiga jenis aliran tersebut nisbah antara gaya gravitasi dan gaya inersia yang dinyatakan dengan bilangan *Froude* (Fr). Rumus untuk bilangan *froude* yaitu:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (14)$$

Keterangan:

Fr = bilangan froude

v = kecepatan aliran (m/detik)

g = gaya gravitasi ($m/detik^2$)

h = kedalaman air (m)

Kontrol Kecepatan

Kecepatan minimum yang diizinkan adalah kecepatan yang paling rendah yang akan mencegah pengendapan dan tidak menyebabkan berkembangnya tanaman-tanaman air. Kecepatan maksimum dan minimum ditentukan oleh kekasaran dinding dan dasar. Untuk saluran tanah $v_{maks} = 0,7$ m/dt dan $v_{min} = 0,60$ m/dt, pasangan batu kali $v_{maks} = 2$ m/dt dan $v_{min} = 0,60$ m/dt dan pasangan beton $v_{maks} = 3$ m/dt dan

$v_{\min} = 0,60-1,00$ m/dt (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2012: 91).

Tinggi Jagaan

Menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya (2012:51) tinggi jagaan adalah ruang pengamatan berupa ketinggian yang diukur dari permukaan air maksimum sampai permukaan tanggul saluran dan/atau muka tanah (pada saluran tanpa tanggul). Sesuai dengan KP 03 Kriteria Perencanaan Bagian Saluran, ketentuan tinggi jagaan tergantung dari nilai debit.

Tabel 2. Tinggi Jagaan untuk Saluran Pasangan

Debit m ³ /detik	Tanggul (F) m	Pasangan (F1) m
<0,5	0,40	0,20
0,5 – 1,5	0,50	0,20
1,5 – 5,0	0,60	0,25
0,5 – 10,0	0,75	0,30
10,0 – 15,0	0,85	0,40
>15,0	1,00	0,50

Sumber: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013: 56

Sumur Resapan

Menurut Ir. Suripin (2004: 299), konsep dasar sumur resapan pada hakekatnya adalah memberi kesempatan dan jalan pada air hujan yang jatuh di atap atau di lahan yang kedap air untuk meresap ke dalam tanah dengan jalan menampung air tersebut pada suatu sistem resapan. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$H = \frac{Q}{FK} (1 - e^{-\frac{FKT}{R^2}}) \tag{15}$$

Keterangan:

- H = tinggi muka air dalam sumur (m)
- F = adalah faktor geometric (m)
- Q = debit air masuk (m³/dt)
- T = waktu pengaliran (detik)
- K = koefisien permeabilitas tanah (m/dt)
- R = jari-jari sumur (m)

Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut (Ibrahim, 2001: 3).

Volume Pekerjaan

Menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam suatu kesatuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Jadi volume (kubikasi) suatu pekerjaan, bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan (Ibrahim, 2001: 23).

Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan ialah, jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga baru didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar harga yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan (Ibrahim, 2001: 133).

Estimate Real of Cost

Berikut rumus anggaran biaya:

$$RAB = \Sigma (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}) \tag{16}$$

Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dan Barchafi, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progres pelaksanaan proyek (Lenggongeni dan Widiasanti, 2013: 126).

Pemeliharaan Sistem Drainase

Pemeliharaan adalah usaha-usaha untuk menjaga agar prasarana drainase selalu berfungsi dengan baik selama mungkin, selama jangka waktu pelayanan yang direncanakan (Suripin, 2004: 318).

Kegiatan Perawatan

Kegiatan perawatan adalah usaha-usaha untuk mempertahankan kondisi dan/atau fungsi sistem tanpa ada bagian konstruksi yang diubah/diganti.

1. Perawatan Rutin, usaha-usaha untuk mempertahankan kondisi dan fungsi sistem, tanpa ada bagian konstruksi yang diubah/diganti dan dilaksanakan setiap waktu. Kegiatan ini meliputi antara lain:
 - a. Membabat rumput pada tebing saluran (untuk saluran dari tanah).
 - b. Membersihkan sampah, tumbuhan pengganggu yang berada di saluran.
 - c. Memperbaiki longsoran-longsorannya kecil yang terjadi di lereng saluran.
 - d. Menambal dinding saluran yang retak atau rusak, dan merapikan bentuk profil saluran.
 - e. Memperbaiki kerusakan kecil pada tanggul akibat penurunan, rembesan, dan longsorannya kecil.
2. Perawatan Berkala, usaha-usaha mempertahankan kondisi dan fungsi sistem, tanpa ada bagian konstruksi yang diubah/diganti dan dilaksanakan secara berkala. Kegiatan ini meliputi, antara lain:

- a. Disamping kegiatan rutin, perlu dilakukan pemeliharaan berkala dengan skala yang lebih besar, yaitu mengeruk/mengangkat endapan lumpur di sepanjang saluran, dilakukan setiap periode tertentu (biasanya antara 1-4 tahunan), dilakukan pada saat musim kemarau.
- b. Membersihkan saluran dari endapan sedimen/lumpur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Saluran Eksisting

Pada Perumahan Karangduren Permai terdapat banyak saluran yang tidak terawat, tanaman liar pun menjadi penghambat saluran ketika mengalirkan air. Disamping itu, banyak rumah yang tidak memiliki saluran drainase. Padahal di daerah tersebut mendapat limpasan air dari permukiman. Berikut contoh hasil survei kondisi saluran yang ada pada lokasi studi.

Tabel 3. Kondisi Saluran Eksisting

No.	Sta/No. Saluran/Blok	Foto Saluran	Dimensi Saluran	Kemiringan Saluran	Kondisi Saluran
1.	BLOK KDP Saluran 1 (A-D)		T = 39 B = 23 H = 33	1	Tumbuh rumput liar dan genangan
2.	BLOK KDP Saluran 2 (B-C)		T = 40 B = 22 H = 46	2	Banyak bebantuan
3.	BLOK O Saluran 3 (D-E)		T = 36 B = 16 H = 27	0,5	Tumbuh rumput liar

Sumber : Hasil survei di lapangan



Gambar. 1 Banjir yang terjadi di Perumahan Karangduren Permai Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang

Sumber:

<https://jatimtimes.com/baca/210013/20200229/200000/diguyur-hujan-7-rumah-dan-akses-jalan-di-pakisaji-terendam-banjir>

Analisis Hidrologi

Data Curah hujan

Dalam perencanaan ini data curah hujan diambil dari 3 stasiun yang terdekat, stasiun curah hujan yang dijadikan sebagai acuan adalah Stasiun Bululawang, Stasiun Tangkilsari, dan Stasiun Sukun. Data yang diambil adalah data curah hujan dengan kurun waktu selama 10 tahun terakhir, yaitu dari tahun 2010-2019.

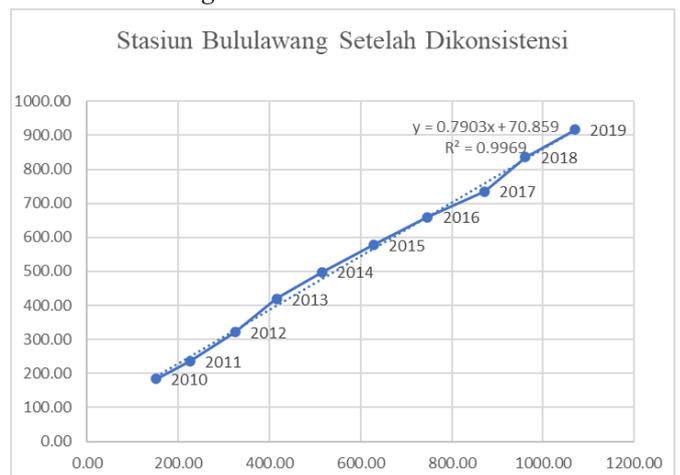
Uji Konsistensi

Uji konsistensi Stasiun Bululawang terhadap Stasiun Tangkilsari dan Stasiun Sukun menunjukkan grafik terjadi patahan pada tahun 2017. Oleh karena itu, perlu dilakukan koreksi pada tahun 2017-2019.

Tabel 4. Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Bululawang terhadap Stasiun Tangkilsari dan Stasiun Sukun Setelah Dikonsistensikan

Tahun	Curah Hujan Harian Max. Setahun (d)					
	dx (Sta. Bululawang)	kum. dx (Sta. Bululawang)	di			
			Sta. Tangkilsari	Sta. Sukun	Rata - Rata (Sta. T, S)	Kumulatif (Sta. T, S)
2010	184.00	184.00	125.00	178.00	151.50	151.50
2011	52.00	236.00	49.00	101.00	75.00	226.50
2012	85.00	321.00	72.00	125.00	98.50	325.00
2013	98.00	419.00	81.00	101.00	91.00	416.00
2014	79.00	498.00	66.00	134.00	100.00	516.00
2015	80.00	578.00	56.00	170.00	113.00	629.00
2016	81.00	659.00	114.00	122.00	118.00	747.00
2017	76.40	735.40	118.00	132.00	125.00	872.00
2018	100.81	836.21	85.00	94.00	89.50	961.50
2019	80.65	916.86	83.00	135.00	109.00	1070.50

Sumber: Perhitungan



Gambar 2. Grafik Kurva Massa Ganda Stasiun Bululawang terhadap Stasiun Tangkilsari dan Sukun Setelah Dikonsistensikan

Karena nilai R^2 pada grafik sudah mendekati angka 1, yaitu 0,9969 maka tidak perlu dilakukan koreksi kembali.

Curah Hujan Daerah

Data yang digunakan adalah data curah hujan maksimum setahun, selama 10 tahun terakhir (2010-2019) dengan stasiun terdekat, yaitu Stasiun Bululawang, Tangkilsari, dan Sukun.

Tabel 5. Curah Hujan Rata-Rata

Tahun	d Rata-Rata
2010	162.33
2011	56.67
2012	84.00
2013	63.00
2014	62.67
2015	54.14
2016	89.25
2017	75.21
2018	37.88
2019	48.82

Sumber: Perhitungan

Curah Hujan Rancangan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh nilai Cs = 2.06 dan nilai Ck = 8.59, maka perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Log Pearson III. Dengan kala ulang 2 tahun, maka nilai G:

$$Cs = 0.863$$

$$\text{Interpolasi} = \text{Koef. G } 0.8 = -0.132$$

$$\text{Koef. G } 0.9 = -0.148$$

$$\text{Kala ulang 2 tahun} = \text{hasil koef G } 0.9 + ((Cs - \text{koef G } 0.9)/(\text{koef G } 0.8 - \text{koef G } 0.9)) \times (\text{hasil koef G } 0.8 - \text{hasil koef G } 0.9)$$

$$= -0.148 + ((0.863 - 0.9)/(0.8 - 0.9)) \times (-0.132 - (-0.148))$$

$$= -0.142$$

$$\text{Log } X_T = \log \bar{X} + G.S$$

$$= 1.831 + (-0.142) \times 0.173$$

$$= 1.807$$

$$X_T = 10^{\log X_T}$$

$$= 10^{1.807}$$

$$= 64.053 \text{ mm}$$

Uji Kesesuaian Distribusi

Tabel 6. Uji Simpangan Horizontal Metode Smirnov-Kolmogorov

X empiris	P empiris	P teoritis	\Delta P
162.333	9.091%	1%	8.49%
89.254	18.182%	22%	3.82%
84.000	27.273%	28%	0.63%
75.207	36.364%	32%	4.36%
63.000	45.455%	54%	8.05%
62.667	54.545%	54%	0.55%
56.667	63.636%	64%	0.14%

54.139	72.727%	68%	4.73%
48.818	81.818%	76%	5.82%
37.883	90.909%	91%	0.41%
		MAX	8.49%

Sumber: Perhitungan

Dengan nilai n = 10 dan α = 5% maka didapat nilai Do = 41%. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan 8.49% < 41%, maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima atau sesuai.

Tabel 7. Uji Simpangan Vertikal Metode Chi-Square

X empiris	X teoritis	X ² hit
162.333	116.200	18.316
89.254	100.000	1.155
84.000	82.000	0.049
75.207	74.500	0.007
63.000	68.000	0.368
62.667	60.000	0.119
56.667	55.000	0.051
54.139	49.000	0.539
48.818	44.000	0.528
37.883	37.000	0.021
	Jumlah	21.150

Sumber: Perhitungan

Didapat nilai X²tabel berdasarkan nilai df dan derajat kepercayaan (α) = 5% ; nilai X²tabel = 14.067. Karena nilai X²hit lebih besar dari X²tabel (21.150 < 14.067), maka disimpulkan bahwa distribusi teoritis yang dipakai tidak dapat diterima.

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi dihitung dari limpasan jalan dan permukiman. Berikut adalah perhitungan waktu konsentrasi pada Saluran A – D.

Tabel 8. Hasil Perhitungan t₀, t_d, dan t_c

	Jalan	Permukiman
Panjang lintasan (Ls)		170 m
Lebar lintasan (Lo)	6.25 m	13 m
nd	0.013 (lapisan semen dan aspal beton)	
Kecepatan aliran (v)	1.5 m/detik (beton)	
Kemiringan lahan (S)	2%	S = (Elev. Hulu-Elev. Hilir)/Ls = 0.002
t ₀	1.039 menit	1.398 menit
t _d	1.889 menit	1.889 menit
t _c	0.049 jam	0.055 jam

Sumber: Perhitungan

Intensitas Curah Hujan

Untuk menghitung intensitas curah hujan menggunakan kala ulang 2 tahun sebesar 66.473 mm. Berikut perhitungan pada Saluran A-D.

$$I_{\text{jalan}} = \frac{64.053}{24} \left(\frac{24}{0.049} \right)^{2/3} = 166.296 \text{ mm}$$

$$I_{\text{permukiman}} = \frac{64.053}{24} \left(\frac{24}{0.055} \right)^{2/3} = 153.964 \text{ mm}$$

Debit Banjir Rancangan

Didapat nilai koefisien pengaliran (C) yaitu 0.80 (beton) dan 0.60 (paving) untuk jalan dan 0.4 untuk permukiman dan luas daerah pengaliran (A) untuk jalan 1062.500 m² dan untuk permukiman 2210 m². Maka debit air hujan pada saluran A-D:

$$Q_{\text{jalan}} = (0.8)(166.296)(1062.500) = 0.039 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{permukiman}} = (0.4)(153.964)(2210) = 0.038 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit Air Limbah

Debit air limbah dihitung dari jumlah penduduk dan besar volume limbah yang dibuang. Berikut perhitungannya:

$$\text{Jumlah penduduk} = 1347 \text{ orang}$$

$$\text{Jumlah rumah} = 651 \text{ rumah}$$

$$\text{Jumlah penduduk per rumah} = \frac{\text{Jumlah Penduduk}}{\text{Jumlah Rumah}} = \frac{1347}{651} = 2.07 \approx 3 \text{ orang}$$

$$\text{Jumlah rumah pada Saluran A-D} = 16 \text{ rumah}$$

$$\text{Jumlah penghuni} = \text{jumlah rumah} \times \text{jumlah penduduk per rumah} = 16 \times 3 = 48 \text{ orang}$$

$$\text{Kebutuhan air bersih} = 80 \text{ L/orang/hari}$$

$$Q_{\text{limbah}} = 70\% \times Q_{\text{air bersih}} \times \text{Jumlah penduduk}$$

$$= 705 \times 80 \times 48$$

$$= 2688 \text{ L/orang/hari} = 0.000031 \text{ m}^3/\text{orang /detik}$$

Analisis Hidrolika

Kapasitas Saluran

Dalam skripsi ini, debit air total didapat dari 75% dari penjumlahan debit banjir rancangan dari jalan dan permukiman. Jadi, debit kumulatif adalah 75% dari debit air jalan dan permukiman ditambah debit air limbah pada saluran yang dihitung dari titik awal hingga titik akhir sesuai dengan arah aliran yang direncanakan. Untuk 25% dari debit total akan diresapkan untuk sumur resapan. Berikut contoh perhitungan debit kumulatif.

$$Q_{\text{total}} = 0.039 + 0.038 = 0.077 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{kumulatif}} = (75\% \times Q_{\text{total}}) + Q_{\text{limbah}} = 0.058 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dimensi Saluran Eksisting

Lebar bawah saluran (B) = 0.23 m, lebar atas saluran (T) = 0.39 m, dan tinggi saluran (h) = 0.33 m. Luas penampang (A) = 0.102 m². Keliling basah (P) = 0.909 m. Radius hidrolis saluran (R) = 0.113 m. Kontrol debit saluran hitung harus

lebih besar dari debit rencana, dengan debit hitung sebesar 0.047 m³/detik dan debit rencana sebesar 0.058 m³/detik, maka debit tidak memenuhi. Kecepatan aliran dengan bahan batu kali harus memenuhi kecepatan ijin maksimum sebesar 2 m/detik dan minimum 0.6 m/detik. Dengan (v) = 0.464 m/detik, maka kecepatan tidak memenuhi syarat. Untuk kontrol aliran pada saluran ditentukan dengan bilangan Froude < 1, bilangan Froude pada saluran A-D yaitu 0.258, maka aliran memenuhi syarat.

Berdasarkan dari kontrol saluran diatas, karena dimensi pada saluran A-D tidak dapat menampung debit rencana. Oleh karena itu, maka diperlukan perencanaan ulang pada dimensi saluran tersebut.

Perencanaan Ulang Dimensi Saluran

Untuk perencanaan ulang dimensi saluran tersebut dengan direncanakan berbentuk persegi dengan bahan batu kali, dengan lebar saluran (B) = 0.50 m dan tinggi saluran (h) = 0.50 dengan cara coba-coba. Kontrol debit saluran hitung harus lebih besar dari debit rencana, dengan debit hitung sebesar 0.151 m³/detik dan debit rencana sebesar 0.058 m³/detik, maka debit memenuhi. Kecepatan aliran dengan bahan batu kali harus memenuhi kecepatan ijin maksimum sebesar 2 m/detik dan minimum 0.6 m/detik. Dengan (v) = 0.603 m/detik, maka kecepatan memenuhi syarat. Untuk kontrol aliran pada saluran ditentukan dengan bilangan Froude < 1, bilangan Froude pada saluran A-D yaitu 0.272, maka aliran memenuhi syarat.

Sumur Resapan

Didapat Q untuk sumur resapan = 25% x Qtotal = 0.019 m³/detik. Direncanakan jari-jari sumur resapan sebesar 0.2 m dan F = 5.5R = 1.65. Dari data tanah yang sudah didapatkan, nilai koefisien permeabilitas tanah sebesar = 0.0000347 mm/detik = 0.0347 m/detik dan T = 83.853 detik. H = 0.33 m. Dari perhitungan tersebut, dapat dihitung debit sumur resapan:

$$Q_0 = F.K.H = (1.65)(0.0347)(0.33) = 0.019 \text{ m}^3/\text{detik}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil evaluasi dan perencanaan ulang saluran drainase di lokasi studi dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Dari hasil survei kondisi eksisting yang berada di Perumahan Karangduren Permai banyak perumahan yang tidak ada salurannya dan saluran tidak terawat karena tanaman liar.
2. Debit banjir rancangan yang digunakan adalah kala ulang 2 tahun sebesar 64.053 mm/hari.
3. Kapasitas saluran drainase yang ideal untuk lokasi bervariasi, didapat yang terkecil sebesar 0.001 m³/detik dan terbesar sebesar 0.795 m³/detik.

4. Dimensi saluran berdasarkan debit banjir rancangan yaitu bervariasi, didapat dimensi terkecil yaitu lebar 0.18 m, tinggi 0.33 m dan dimensi terbesar sebesar lebar 1 m, tinggi 1.2 m dengan jumlah sumur resapan 1 tiap blok.
5. Debit sumur resapan yang didapat yaitu bervariasi, tergantung dari debit yang diresapkan berapa persen dari debit banjir rencana. Debit sumur resapan terkecil didapat sebesar 0.005 m³/detik dan terbesar sebesar 0.068 m³/detik.
6. Total biaya yang dibutuhkan dalam merencanakan ulang saluran drainase di Perumahan Karangduren Permai Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang yaitu sebesar Rp 6,364,590,268.12.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Rurung, H. Riogilang, and L. A. Hendratta, "Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan dengan Sumur Resapan di Lahan Perumahan Wenwin-Sea Tumpengan Kabupaten Minahasa," *J. Sipil Statik*, vol. 7, no. 2, p. 189-200, Feb. 2019.
- [2] A. Lukman, "Evaluasi Sistem Drainase di Kecamatan Helvetia Kota Medan," *Buletin Utama Teknik*, vol. 13, no. 2, Jan. 2018.
- [3] H. Hasmar, *Drainasi Terapan*. Yogyakarta: UII Press, 2011.
- [4] Soemarto, *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional, 1987.
- [5] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta: ANDI, 2004.
- [6] Sosrodarsono. S and Kensaku. T, *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2003.
- [7] Anonim, *Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan 2012 Jilid IA*, Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta, 2012.