

ANALISA DAN PERENCANAAN ULANG KAPASITAS SALURAN DRAINASE DI PERUMAHAN GRIYA KACAPIRING, KECAMATAN PARE, KABUPATEN KEDIRI

Nareswara Rakananta¹, Lies Kurniawati W², Sriliani Surbakti³

¹²³⁾ Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang

Email : nantaraka@gmail.com¹

ABSTRACT

Inundation and flooding are problems that have not been 100% resolved in Indonesia, especially in Pare District. Factors that influence the occurrence of flooding and inundation are high rainfall intensity during the rainy season, population growth that is not balanced with the development of facilities and infrastructure, and inadequate drainage channel capacity so that it is unable to accommodate the rainwater that falls. To overcome this problem, a re-planning of the drainage channels was carried out in the Griya Kacapiring housing area, Pare District with the aim of preventing inundation. The method used is to analyze the capacity of the existing drainage channels by comparing the planned flood discharge value. The flood discharge value is obtained from rainfall data, flow coefficient, rainfall intensity, and catchment area. The return period used is a 2-year and 5-year return period. The results of the analysis obtained 23 channels, 6 of which were able to accommodate the planned flood discharge, and 17 channels were unable to accommodate the planned flood discharge. Therefore, re-planning was carried out on channels that were unable to accommodate the planned flood discharge, such as the existing drainage channel after being redesigned on Kacapiring II right A street, which uses a 60cm x 60cm U-ditch with a discharge capacity of 0.2781 m³/sec.

Keywords: flood, flood discharge, channel capacity

ABSTRAK

Genangan dan banjir merupakan masalah yang masih belum bisa terselesaikan 100% di Indonesia, khususnya di kecamatan Pare. Faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir maupun genangan yaitu intensitas hujan yang tinggi pada musim hujan, pertumbuhan penduduk yang tidak diimbangi dengan pembangunan sarana dan prasarana, serta kapasitas saluran drainase yang tidak memadai sehingga tidak mampu menampung air hujan yang turun. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dilakukan perencanaan ulang saluran drainase pada wilayah perumahan Griya Kacapiring, Kecamatan Pare dengan tujuan agar tidak adanya genangan yang terjadi. Metode yang digunakan adalah dengan menganalisis kapasitas saluran drainase yang ada dengan membandingkan nilai debit banjir rencana. Nilai debit banjir diperoleh dari data curah hujan koefisien pengaliran, intensitas hujan, serta luas area tangkapan. Periode ulang yang digunakan yaitu kala ulang 2 tahun dan 5 tahun. Hasil analisa diperoleh sebanyak 23 saluran, yang mampu menampung debit banjir rencana yaitu sebanyak 6 saluran, dan yang tidak mampu menampung debit banjir rencana sebanyak 17 saluran. Sehingga dilakukan perencanaan ulang pada saluran yang tidak mampu menampung debit banjir rencana seperti pada saluran drainase eksisting setelah di *redesign* pada Jalan Kacapiring II Kanan A, yang menggunakan *U-ditch* 60cm x 60cm dengan kapasitas debit sebesar 0,2781 m³/dt.

Kata kunci : *banjir, debit banjir, kapasitas saluran*

1. PENDAHULUAN

Genangan atau banjir merupakan masalah yang masih belum bisa terselesaikan 100% di Indonesia, khususnya di kecamatan Pare. Faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir maupun genangan yaitu intensitas hujan yang tinggi pada musim hujan, pertumbuhan penduduk yang tidak diimbangi dengan pembangunan sarana dan prasarana, serta kapasitas saluran drainase yang tidak memadai sehingga tidak mampu menampung air hujan yang turun.

Kabupaten Kediri adalah kabupaten besar dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang pesat. Kawasan Perumahan Griya Kacapiring, yang terletak di Kecamatan Pare, Kabupaten Kediri, Jawa Timur,

merupakan salah satu area perumahan yang padat dan ramai. Pada beberapa titik jalan dan saluran di kawasan ini sering terjadi genangan, terutama selama musim hujan. Hal ini disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi dan sistem drainase yang tidak mampu menampung kelebihan debit air. Selain itu, kondisi beberapa saluran yang ada juga kurang memadai. Masalah genangan ini mengganggu aktivitas warga dan mengurangi kenyamanan di lingkungan tersebut.

Tujuan dan Manfaat

Tujuan kajian ini adalah untuk mempelajari, memeriksa, menguji, dan menelaah sistem drainase

yang ada serta merencanakan perbaikan sebagai alternatif untuk mengurangi risiko genangan air atau banjir. Adapun tujuan spesifiknya adalah:

1. Mengurangi genangan air di kawasan Perumahan Griya kacapiring.
2. Meningkatkan kenyamanan dan keamanan bagi warga Perumahan Griya Kacapirinh.
3. Menjadi model acuan dan referensi dalam bidang prasarana kota untuk penerapan konsep drainase yang efektif.

2. Tinjauan Pustaka

Curah Hujan Rata – Raka Daerah

Curah hujan mengukur seberapa tebal hujan yang turun selama periode waktu tertentu dan dinyatakan dalam satuan milimeter. Untuk menentukan curah hujan rata – rata suatu daerah, salah satu metode yang digunakan adalah:

a. Metode Curah Hujan Rata – rata Daerah

Metode ini adalah cara paling sederhana dalam menghitung curah hujan di suatu kawasan. Curah hujan daerah dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$p = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{n} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- p = Tinggi urah hujan rata- rata maksimum
- Pn = Tinggi curah hujan pada pos penakar
- n = Banyaknya pos penakar hujan

b. Metode *Polygon Thiessen*

Setiap alat pengukur curah hujan memiliki area pengaruh yang ditentukan dengan menggambar garis – garis tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar. Dengan cara ini, diperoleh persamaan untuk menghitung curah hujan kawasan sebagai berikut:

$$d = \frac{d_1 x A_1 + d_1 x d_2 + A_2 x d_2 + \dots + d_n x A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- A = Luas daerah (km²)
- d = Tinggi curah hujan rata rata areal
- d₁, d₂,... d_n = Tinggi curah hujan di stasiun 1,2,3.. n
- a₁, a₂,... a_n = Luas daerah pengaruh pos 1,2,3,.. n

c. Metode *Isohyet*

Metode ini adalah metode yang paling akurat untuk menentukan curah hujan rata – rata, karena secara langsung mempertimbangkan pengaruh dari setiap pos penakar hujan.

$$d = \frac{A_1 x \frac{d_1 + d_2}{2} x A_2 x \frac{d_2 + d_3}{2} x A_3 x \frac{d_3 + d_4}{2} x A_n}{A_1 + A_2 + A_3 \dots A_{n-1}} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

- D₁, D₂,... D_n = Curah hujan pada *isohyet* 0,1,2,.. n
- A₁, A₂,... A_n = Luas area total
- d = Tinggi curah hujan area rata – rata
- A₁, A₂,... A_n = Luas bagian area yang dibatasi oleh garis *isohyet*

Curah Hujan Rancangan

Analisi curah hujan rancangan adalah metode untuk memprediksi hujan maksimum yang mungkin terjadi dalam periode waktu tertentu. Ada beberapa metode untuk menganalisis probabilitas banjir, antara lain:

a. Distribusi *Log Person Type III*

Perhitungan curah hujan rencana menggunakan distribusi *log person type III*, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan menggunakan rumus – rumus berikut:

1. Rata – rata

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X}{n} \dots \dots \dots (4)$$

2. Standart Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (5)$$

3. Koefisien skewness

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(Sd)^3} \dots \dots \dots (6)$$

4. Logaritma hujan rencana

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K_T x Sd \dots \dots \dots (7)$$

Dimana:

Log X_T = Logaritma hujan rencana

Log X̄ = Rata – rata

Log X_i = Varian ke i

n = Banyaknya data

Sd = Standar deviasi

Cs = Koefisien kepeccengan

K_T = Faktor frekuensi, nilainya tergantung dari nilai T

b. Distribusi E.J Gumbel

1. Rata – rata

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots \dots \dots (8)$$

2. Standart Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (9)$$

3. Faktor frekuensi

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots \dots \dots (10)$$

4. Hujan periode

$$X_t = \bar{X} + (K x Sd) \dots \dots \dots (11)$$

Dimana:

X̄ = Rata – rata

X_i = Varian ke i

n = Banyaknya data

Sd = Standar deviasi

K = Faktor frekuensi

Y_n = *Reduce mean*

Y_t = *Reduce Variate*

S_n = *Reduce standar deviasi*

c. Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Uji kecocokan distribusi bertujuan untuk menentukan apakah distribusi frekuensi dari sampel sesuai dengan fungsi jenis peluang yang diperkirakan, sehingga perlu dilakukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan dijelaskan adalah sebagai berikut:

1. Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Metode ini membandingkan selisih antara peluang empiris (PXM) dan peluang teoritis (P'XM). Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- 1) Data diurutkan dari yang terbesar ke yang terkecil dan peluang masing – masing ditentukan.
- 2) Tentukan nilai peluang teoritis berdasarkan persamaan distribusi yang digunakan.
- 3) Hitung selisih antara nilai peluang empiris dan teoritis dengan persamaan ($\Delta = \text{maksimum} [P(X_m) - P(X_n)]$)
- 4) Berdasarkan tabel nilai kritis uji *Smirnov-Kolmogorov*, tentukan nilai Δ_0 . Jika $\Delta > \Delta_0$ maka distribusi ditolak.

2. Uji Chi – Square

Uji chi-square bertujuan untuk menentukan apakah model distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi data sampel yang dianalisis. Keputusan dalam uji ini diambil berdasarkan parameter χ^2 , parameter χ^2 dapat dihitung dengan rumus:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana :

$$E_i = \frac{n}{k} \dots\dots\dots (13)$$

Dengan:

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

E_i = Jumlah nilai teoritis sub kelompok i

K = Jumlah kelas distribusi

n = banyaknya data

Debit Banjir Rencana dengan Metode Rasional

Debit banjir rencana merupakan debit maksimum daerah aliran sungai dengan periode yang sudah ditentukan. Debit banjir rencana bisa dihitung menggunakan rumus:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (14)$$

Dimana:

Q = Debit rencana (m^3)

C = Koefisien *run off* (tak berdimensi)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah aliran

a. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik terjauh di suatu aliran menuju titik dibagian hilir aliran tersebut. Dalam pembahasan ini, waktu konsentrasi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$tc = 0,0195L^{0,77}S^{-0,385} \dots\dots\dots (15)$$

Dimana:

L = Jarak dari tempat terjauh saluran (m)

S = Kemiringan rata – rata (m) yang mana $S = \frac{H}{L}$
dimana:

H = Selisih tinggi tempat terjauh saluran (elevasi hulu dan hilir)

b. Intensitas Hujan

Intensitas hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume tiap satuan waktu. Intensitas hujan untuk tc tertentu dapat dihitung dengan rumus *Mononobe*. Metode ini digunakan apabila data curah hujan yang tersedia adalah curah hujan harian. Dengan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (16)$$

Dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

R_{24} = curah hujan rencana (mm)

tc = waktu konsentrasi (jam)

c. Koefisien Pengaliran

Koefisien daerah perngaliran merupakan rasio perbandingan antara jumlah air limpasan permukaan yang terjadi di suatu daerah dengan jumlah curah hujan yang turun di daerah tersebut. Untuk menentukan Harga koefisien pengaliran dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Nilai Koefisien Pengaliran (C)

Jenis Permukaan/Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran
1. Perumputan	
Tanah pasir, slope 2%	0,05 - 0,1
Tanah pasir, slope 2 - 7%	0,10 - 0,15
Tanah pasir, slope 7%	0,15 - 0,32
Tanah gemuk, slope 2%	0,13 - 0,17
Tanah gemuk, slope 2 - 7%	0,17 - 0,22
Tanah gemuk, slope 7%	0,25 - 0,35
2. Perkantoran	
Pusat kota	0,75 - 0,95
Daerah Pinggiran	0,50 - 0,70
3. Perumahan	
Kepadatan 20 rumah/ha	0,50 - 0,60
Jenis Permukaan/Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran
Kepadatan 20 - 60 rumah/ha	0,60 - 0,80
Kepadatan 60 - 160 rumah/ha	0,70 - 0,90
4. Perindustrian	
Industri ringan	0,50 - 0,60
Industri berat	0,60 - 0,90
5. Pertanian	
Daerah Perkebunan	0,45 - 0,55
7. Pertamanan, kuburan	0,10 - 0,25
8. Tempat bermain	0,20 - 0,35
9. Jalan	
Beraspal	0,70 - 0,95
Beton	0,80 - 0,95
Batu	0,70 - 0,85
10. Daerah yang dikerjakan	0,10 - 0,30

Debit Air Kotor

Debit air kotor adalah banyaknya jumlah air buangan yang berasal dari aktifitas manusia. Untuk menghitung jumlah debit air kotor, perlu diketahui terlebih dahulu jumlah proyeksi penduduk di lokasi studi dengan rumus:

$$P_n = P_o X (1 + r)^n \dots\dots\dots (17)$$

Dimana:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_o = Jumlah penduduk pada awal tahun

r = Angka pertumbuhan penduduk

n = Interval waktu (tahun)

berdasarkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2016 No. P.68 dapat diketahui bahwa debit air kotor sebesar 100 liter/orang/hari. Denagn demikian dapat menghitung debit air kotor dengan menggunakan rumus berikut:

$$Q_{ak} = \frac{P_n x q}{A} \dots\dots\dots (18)$$

Dimana:

Q_{ak} = Debit air kotor (m³/dt/km²)

P_n = Jumlah penduduk

A = Luas daerah (Km²)

Debit Total

Debit total digunakan untuk merencanakan suatu saluran yang berasal dari aliran air hujan dan air rumah tangga kemudian dijumlahkan bertujuan untuk

mendapatkan denit rencana saluran. Selanjutnya besarnya debit air total dapat dihitng menggunakan persamaan berikut:

$$Q_r = Q_{ah} + Q_{ak} \dots\dots\dots (19)$$

Dimana:

Q_t = Debit total (m³/detik)

Q_{ak} = Debit limbah domestik atau debit air kotor (m³/dt)

Q_{ah} = Debit banjir akibat air hujan (m³/dt)

Analisa Hidrolika

Analisis ini bertujuan untuk menentukan dimensi hidrolis saluran drainase serta kapasitas saluran, baik yang sudah ada maupun yang akan direncanakan.. Rumus yang akan digunakan menghitung kapasitas saluran pada penampang segi empat adalah sebagai berikut:

$$\text{Luas penampang basah } (A) = b \cdot y \dots\dots\dots (20)$$

$$\text{Keliling basah } (P) = b + 2 \cdot y \dots\dots\dots (21)$$

$$\text{Jari - jari hidrologis } (R) = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (22)$$

$$\text{Kecepatan Aliran } (V) = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots (23)$$

$$\text{Tinggi Jagaan } (w) = 20\% \cdot h \dots\dots\dots (24)$$

$$\text{Debit saluran } (Q) = V \cdot A \dots\dots\dots (25)$$

Serta penampang trapesium menggunakan persamaan berikut:

$$1. \text{ Luas penampang basah } (A) = y(b + m x y) \dots\dots\dots (26)$$

$$2. \text{ Keliling basah } (P) = b + 2 \cdot y \sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots (27)$$

$$3. \text{ Jari - jari hidrologis } (R) = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (2.8)$$

3. Metodologi

Tahapan Persiapan

Dalam tahap persiapan ini disusun hal – hal penting untuk memastikan efektivitas waktu dan pekerjaan. Dalam tahap persiapan ini meliputi kegiatan menentukan kebutuhan data, studi pustaka terhadap landasan teori yang digunakan, mendata instansi yang terkait untuk dijadikan sumber data, serta survey lokasi untuk mendapatkan gambaran secara umum kondisi wilayah studi.

Tahapan Mengumpulkan Data

Setelah tahap persiapan selesai, langkah berikutnya adalah mengumpulkan data yang berkaitan dengan perencanaan jaringan drainase untuk penanganan banjir di kawasan perumahan Griya Kacapiring, Kecamatan Pare, Kabupaten Kediri. Data yang diperlukan adalah data primer yang di kumpulkan melalui survey lokasi serta data sekunder seperti peta topografi dan data curah hujan yang didapat dari instansi terkait.

Analisis Data

Setelah data terkumpul, analisis kapasitas saluran drainase di Perumahan Griya Kacapiring dilakukan dengan mempertimbangkan aspek hidrologi dan hidraulika.

Dari segi hidrologi, analisis melibatkan:

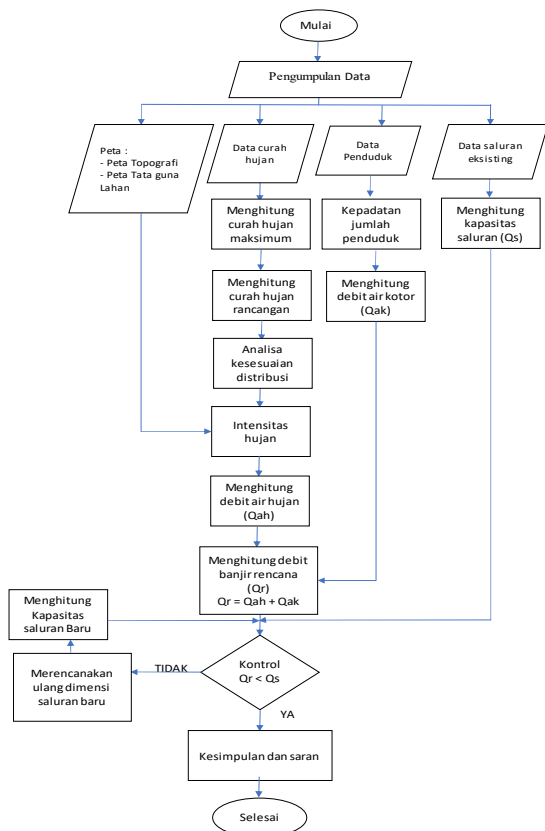
1. Perhitungan curah hujan maksimum harian
2. Analisis frekuensi menggunakan metode distribusi *Log Person Tyype III*
3. Uji kecocokan dengan menggunakan uji *Chi-Square* dan uji *Smirnov-Kolmogorov* untuk menentukan volume debit rencana

Dari segi hidraulika, langkah – langkah yang dilakukan meliputi:

1. Menentukan koefisien pengaliran yang sesuai dengan kondisi daerah penelitian,
2. Pengukuran saluran drainase di lapangan,
3. Perhitungan kapasitas saluran drainase di lapangan,
4. Evaluasi apakah saluran drainase yang ada dapat menampung volume debit rencana

Jika hasil evaluasi menunjukkan bahwa saluran drainase eksisting tidak memadai, aka dilakukan *redesign* untuk memastikan saluran drainase dapat menampung volume rencana yang diharapkan.

Berikut ini bagan alir penelitian yang dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Bagan Alir

4. Pembahasan

Analisa Data Hidrologi

Dalam analisis ini, data yang tersedia merupakan data curah hujan harian selama 10 tahun (2012-2021), untuk data curah hujan didapat pada stasiun Pare, Stasiun Surowono, dan Stasiun Tegowangi. Dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Data Curah Hujan Maksimum Per Stasiun Hujan

No	Tahun	Curah Hujan		
		Pare	Surowono	Tegowangi
1	2012	74	65	51
2	2013	117	99	91
3	2014	81	96	246
4	2015	126	100	97
5	2016	72	143	92
6	2017	442	128	170
7	2018	88	119	100
8	2019	101	102	101
9	2020	79	95	80
10	2021	92	92	111

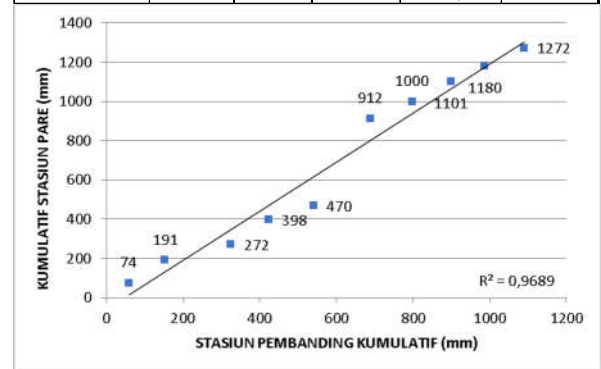
Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Berikut adalah Uji Konsistensi data curah hujan setiap stasiun hujan:

1. Uji Konsistensi Stasiun Pare

Tabel 3. Uji Konsistensi Stasiun Pare

Stasiun Pare	Kumulatif	Curah Hujan		Rerata Pembanding	Kumulatif Pembanding
		Surowono	Tegowangi		
74	74	65	51	58	58
117	191	99	91	95	153
81	272	96	246	171	324
126	398	100	97	98,5	422,5
72	470	143	92	117,5	540
442	912	128	170	149	689
88	1000	119	100	109,5	798,5
101	1101	102	101	101,5	900
79	1180	95	80	87,5	987,5
92	1272	92	111	101,5	1089

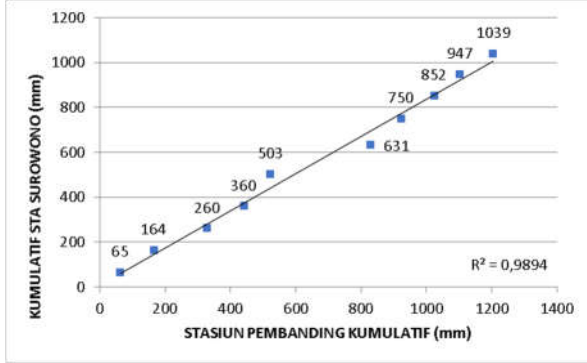


Gambar 2. Grafik Uji Konsistensi Stasiun Pare

2. Uji konsistensi Stasiun Surowono

Tabel 4. Uji Konsistensi Stasiun Surowono

Stasiun Surowono	Kumulatif	Curah Hujan		Rerata Pemandang	Kumulatif Pemandang
		Pare	Tegowangi		
65	65	74	51	62,5	62,5
99	164	117	91	104	166,5
96	260	81	246	163,5	330
100	360	126	97	111,5	441,5
143	503	72	92	82	523,5
128	631	442	170	306	829,5
119	750	88	100	94	923,5
102	852	101	101	101	1024,5
95	947	79	80	79,5	1104
92	1039	92	111	101,5	1205,5

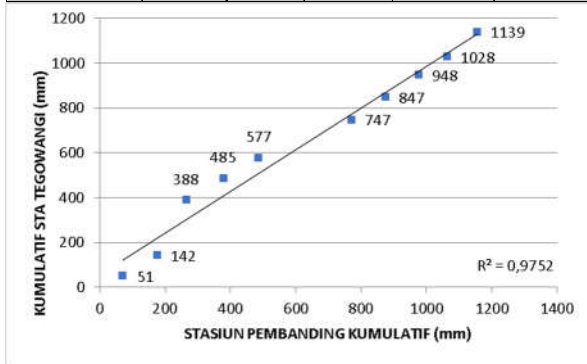


Gambar 3. Grafik Uji Konsistensi Stasiun Pare

3. Uji konsistensi Stasiun Tegowangi

Tabel 5. Uji Konsistensi Stasiun Tegowangi

Stasiun Tegowangi	Kumulatif	Curah Hujan		Rerata Pemandang	Kumulatif Pemandang
		Pare	Surowono		
51	51	74	65	69,5	69,5
91	142	117	99	108	177,5
246	388	81	96	88,5	266
97	485	126	100	113	379
92	577	72	143	107,5	486,5
170	747	442	128	285	771,5
100	847	88	119	103,5	875
101	948	101	102	101,5	976,5
80	1028	79	95	87	1063,5
111	1139	92	92	92	1155,5



Gambar 4. Grafik Uji Konsistensi Stasiun Pare

Analisa Curah Hujan Rata – rata Daerah

Analisa curah hujan rata – rata daerah dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Perhitungan curah hujan rata – rata daerah

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum			Curah Hujan Rerata Daerah
		Pare	Surowono	Tegowangi	
1	2012	74	65	51	63,33
2	2013	117	99	91	102,33
3	2014	81	96	246	141,00
4	2015	126	100	97	107,67
5	2016	72	143	92	102,33
6	2017	442	128	170	246,67
7	2018	88	119	100	102,33
8	2019	101	102	101	101,33
9	2020	79	95	80	84,67
10	2021	92	92	111	98,33

Analisa Frekuensi

Analisa Frekuensi dimaksudkan untuk menentukan jenis distribusi dalam mendapatkan curah hujan yang sesuai berdasarkan koefisien asimetri dan kepencengan kurtosis.

Tabel 7. Analisa Frekuensi

No	Tahun	X_i	$(X_i - \bar{x})$	$(X_i - \bar{x})^2$	$(X_i - \bar{x})^3$	$(X_i - \bar{x})^4$
1	2012	63,33	-51,667	2669,44	-137921,30	7125933,64
2	2013	102,33	-12,667	160,44	-2032,30	25742,42
3	2014	141,00	26,000	676,00	17576,00	456976,00
4	2015	107,67	-7,333	53,78	-394,37	2892,05
5	2016	102,33	-12,667	160,44	-2032,30	25742,42
6	2017	246,67	131,667	17336,11	2282587,96	300540748,46
7	2018	102,33	-12,667	160,44	-2032,30	25742,42
8	2019	101,33	-13,667	186,78	-2552,63	34885,94
9	2020	84,67	-30,333	920,11	-27910,04	846604,46
10	2021	98,33	-16,667	277,78	-4629,63	77160,49
Σ		1150,00	0,000	22601,3	2120659,1	309162428,3
\bar{x}		115				

Dari tabel diatas, dapat dihitung parameter statistik sebagai berikut:

1. Rata – rata hitung (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{1150}{10}$$

$$\bar{X} = 115 \text{ mm}$$

2. Standar Deviasi (S_d)

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{22601,3}{10-1}}$$

$$S_d = 50,1125$$

3. Koefisien Kepencengan (C_s)

$$C_s = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{S_d^3}$$

$$C_s = \frac{10}{(10-1)(10-2)} \frac{(2120659,1)^2}{50,1125^3}$$

$$C_s = 2,3405$$

4. Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) S_d^4}$$

$$C_k = \frac{10^2 (309162428,3)^4}{(10-1)(10-2)(10-3) S_d^4}$$

$$C_k = 9,7269$$

5. Koefisien Variasi (C_v)

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{x}}$$

$$C_v = \frac{50,1125}{115}$$

$$C_v = 0,4358$$

Tabel 8. Syarat Penentuan Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Analisa	Keterangan
Normal	Cs ≈ 0 Ck ≈ 3	2,3405 9,7269	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = 0,82 Ck = 4,22	2,3405 9,7269	Tidak Memenuhi
Log Person Type III	Cs ≠ 0	2,3405	Memenuhi
Gumbel	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002	2,3405 9,7269	Tidak Memenuhi

Berdasarkan hasil data yang telah dihitung maka distribusi frekuensi yang dipilih adalah distribusi *Log Person Type III* karena memiliki nilai Cs memenuhi.

Hujan Rencana Metode *Log Person Type III*

Langkah perhitungan metode *Log Person Type III* adalah sebagai berikut:

Tabel 9. Perhitungan *Log Person Type III*

No	Xi	Log Xi	(LogXi-Logx̄)	(LogXi-Logx̄) ²	(LogXi-Logx̄) ³
1	246,67	2,3921	0,3590	0,128870	0,046262
2	141,00	2,1492	0,1161	0,013478	0,001565
3	107,67	2,0321	-0,0010	0,000001	0,000000
4	102,33	2,0100	-0,0231	0,000534	-0,000012
5	102,33	2,0100	-0,0231	0,000534	-0,000012
6	102,33	2,0100	-0,0231	0,000534	-0,000012
7	101,33	2,0058	-0,0274	0,000749	-0,000021
8	98,33	1,9927	-0,0404	0,001634	-0,000066
9	84,67	1,9277	-0,1054	0,011112	-0,001171
10	63,33	1,8016	-0,2315	0,053589	-0,012406
Σ	1150,00	20,3313	0,0000	0,211035	0,034126
\bar{x}	115	2,0331			

1. Rata – rata Log \bar{x} berdasarkan

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n}$$

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{20,3313}{10}$$

$$\text{Log } \bar{X} = 2,0331 \text{ mm}$$

2. Hitung nilai standar deviasi (*Sd*)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{0,211035}{10-1}}$$

$$Sd = 0,1531$$

3. Hitung nilai koefisien kepengcengan (*Cs*)

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(Sd)^3}$$

$$Cs = \frac{0,034126}{(10-1)(10-2)(0,1531)^3}$$

$$Cs = 1,320$$

Tabel 10. Perhitungan Nilai GT

Cs	Periode Ulang Tahun	
	5	10
0,0000	0,8420	1,2820
-0,1551	0,8500	1,2634
-0,2000	0,8500	1,2580

Tabel 11. Perhitungan nilai RT

Kala Ulang	Gt	Log RT	RT (mm)
5	0,8666	2,1658	146,50
10	1,5264	2,2669	184,87

Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Tabel 12. Perhitungan Probabilitas

No	Log Xi	P(Xi)	K	P'(Xi)	ΔP = P(xi) - P'(Xi)
1	1,8016	0,0909	-1,5118	0,9228	-0,8319
2	2,0100	0,1818	-0,1509	0,5050	-0,3232
3	1,9927	0,2727	-0,2640	0,5430	-0,2702
4	2,1492	0,3636	0,7581	0,2567	0,1069
5	2,0321	0,4545	-0,0068	0,4585	-0,0039
6	2,0100	0,5455	-0,1509	0,5050	0,0404
7	2,0058	0,6364	-0,1788	0,5143	0,1221
8	2,3921	0,7273	2,3443	0,0637	0,6636
9	1,9277	0,8182	-0,6884	0,6902	0,1280
10	2,0100	0,9091	-0,1509	0,5050	0,4041
Maksimum					0,6636

Uji *Chi-Square*

Tabel 13. Perhitungan Pengujian *Chi-kuadrat*

No	Interval Curah Hujan (mm)	Jumlah		$\frac{(O_j - E_j)^2}{E_j}$
		QJ	EJ	
1	419,67 ≤ 453,54	2	2	0,0
2	453,54 ≤ 487,41	2	2	0,0
3	487,41 ≤ 521,28	2	2	0,0
4	521,28 ≤ 555,15	1	2	0,5
5	555,15 ≤ 589,00	3	2	0,5
Σ		10	10	1,0

Dengan pengujian *Smirnov-Kolmogorov* dan *Chi-Square*, maka ditarik kesimpulan bahwa metode *Log Person Type III* dapat diterima.

Perhitungan Debit Banjir Rencana

Dimana pada jalan Kacapiring II Kanan A::

- Luas daerah pengaliran (A) = 431,64 m²
= 0,00043 km²
- Panjang saluran (L) = 115 m
- Elevasi awal saluran = 125,00 m
- Elevasi akhir saluran = 124,80 m
- Beda elevasi (H) = elevasi awal – elevasi akhir
= 125,00 – 124,80
= 0,2 m
- Kemiringan dasar saluran (S)
 $S = \frac{H}{L}$
 $S = \frac{0,2}{115}$
S = 0,0017
- Intensitas curah hujan (I)
 $I = \frac{R24}{24} \times \left(\frac{24}{Tc}\right)^{\frac{2}{3}}$

Tabel 20 Analisa Saluran Eksisting

Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Dimensi				A (m ²)	P (m)	R (m)	V (m ³ /dt)	Q _s (m ³ /dt)
		b (m)	h (m)	w (m)	h (m)					
Jl. Sakura kiri A	91	0,80	0,72	0,72	0,576	2,240	0,257	1,313	0,7565	
Jl. Sakura III Kiri	156	0,40	0,48	0,48	0,192	1,360	0,141	0,981	0,3994	
Jl. Sakura II Kanan	156	0,40	0,48	0,48	0,192	1,360	0,141	0,981	0,1883	
Jl. Sakura Kiri B	96	1,00	0,80	0,80	0,800	2,600	0,308	1,486	1,1887	
Jl. Sakura II Kiri	198	0,60	0,48	0,48	0,288	1,560	0,185	0,736	0,2120	
Jl. Kaca Piring I Kanan	201	0,50	0,48	0,48	0,240	1,460	0,164	0,956	0,2295	
Jl. Sakura Kiri C	28	1,00	0,80	0,80	0,800	2,600	0,308	1,486	2,2011	
Jl. Kaca Piring I Kiri A	116	0,40	0,40	0,40	0,160	1,200	0,133	0,774	0,1239	
Jl. Terusan Kaca Piring Kanan	30	0,40	0,48	0,48	0,192	1,360	0,141	1,118	0,2147	
Jl. Kaca Piring I Kiri B	80	0,40	0,40	0,40	0,160	1,200	0,133	0,522	0,0835	
Jl. Sakura Kiri D	54	1,00	0,80	0,80	0,800	2,600	0,308	1,486	0,0648	
Jl. Sakura Kiri E	175	0,50	0,40	0,40	0,200	1,300	0,154	1,202	0,2403	
Jl. Anggrek Kanan a	168	0,50	0,40	0,40	0,200	1,300	0,154	1,005	0,2010	
Jl. Brawijaya	485	1,40	1,12	1,12	1,568	3,640	0,431	2,026	3,1761	
Jl. Kamboja Kiri	282	0,50	0,48	0,48	0,240	1,460	0,164	0,602	0,1446	
Jl. Sakura Kanan	479	0,80	0,80	0,80	0,640	2,400	0,267	1,815	1,1614	
Jl. Anggrek Kanan B	254	1,20	0,96	0,96	1,152	3,120	0,369	2,065	2,3784	

Tabel 21. Hasil Analisa Saluran Drainase

Nama Saluran	Q _s (m ³ /dt)	Q _t (m ³ /dt)	Keterangan
Jl. Sakura kiri A	0,9935	0,5766	Memenuhi
Jl. Sakura III Kiri	0,1794	0,2454	Tidak Memenuhi
Jl. Sakura II Kanan	0,0846	0,1701	Tidak Memenuhi
Jl. Sakura Kiri B	0,4253	1,0975	Tidak Memenuhi
Jl. Sakura II Kiri	0,0531	0,1918	Tidak Memenuhi
Jl. Kaca Piring I Kanan	0,0565	0,2246	Tidak Memenuhi
Jl. Sakura Kiri C	0,7874	1,7204	Tidak Memenuhi
Jl. Kaca Piring I Kiri A	0,0526	0,0648	Tidak Memenuhi
Jl. Terusan Kaca Piring Kanan	0,0964	0,2067	Tidak Memenuhi
Jl. Kaca Piring II Kanan A	0,0528	0,2239	Tidak Memenuhi
Jl. Terusan Kaca Piring Kiri	0,1364	0,0745	Memenuhi
Jl. Kaca Piring I Kiri B	0,0835	0,0546	Memenuhi
Jl. Kaca Piring II Kanan B	0,0890	0,0431	Memenuhi
Jl. Sakura Kiri D	0,9821	2,0405	Tidak Memenuhi
Jl. Kaca Piring II Kiri	0,0979	0,1279	Tidak Memenuhi
Jl. Sakura I Kanan	0,0580	0,0994	Tidak Memenuhi
Jl. Sakura Kiri E	0,7204	2,3650	Tidak Memenuhi
Jl. Sakura I Kiri	0,0818	0,1242	Tidak Memenuhi
Jl. Anggrek Kanan a	0,1446	0,1428	Memenuhi
Jl. Brawijaya	0,5457	3,0832	Tidak Memenuhi
Jl. Kamboja Kiri	0,2089	0,0499	Memenuhi
Jl. Sakura Kanan	0,5713	0,8790	Tidak Memenuhi
Jl. Anggrek Kanan B	0,1664	2,3668	Tidak Memenuhi

Perencanaan Ulang Saluran Drainase

Untuk perhitungan saluran baru dapat dilihat dalam bentuk tabel berikut :

Tabel 22. Perencanaan Ulang Saluran Drainase

Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Dimensi				A (m ²)	P (m)	R (m)	V (m ³ /dt)	Q _s (m ³ /dt)	Perubahan dimensi dan jenis konstruksi baru
		b (m)	h (m)	w (m)	h (m)						
Jl. Sakura kiri A	91	0,80	0,72	0,72	0,576	2,240	0,257	1,313	0,7565		
Jl. Sakura III Kiri	156	0,40	0,48	0,48	0,192	1,360	0,141	0,981	0,3994	U-Dich 40x60x120	
Jl. Sakura II Kanan	156	0,40	0,48	0,48	0,192	1,360	0,141	0,981	0,1883	U-Dich 40x60x120	
Jl. Sakura Kiri B	96	1,00	0,80	0,80	0,800	2,600	0,308	1,486	1,1887	U-Dich 100x100x120	
Jl. Sakura II Kiri	198	0,60	0,48	0,48	0,288	1,560	0,185	0,736	0,2120	U-Dich 60x60x120	
Jl. Kaca Piring I Kanan	201	0,50	0,48	0,48	0,240	1,460	0,164	0,956	0,2295	U-Dich 50x60x120	
Jl. Sakura Kiri C	28	1,00	0,80	0,80	0,800	2,600	0,308	1,486	2,2011	U-Dich 100x100x120	
Jl. Kaca Piring I Kiri A	116	0,40	0,40	0,40	0,160	1,200	0,133	0,774	0,1239	U-Dich 40x80x120	
Jl. Terusan Kaca Piring Kanan	30	0,40	0,48	0,48	0,192	1,360	0,141	1,118	0,2147	U-Dich 40x60x120	
Jl. Kaca Piring II Kanan A	115	0,60	0,48	0,48	0,288	1,560	0,185	0,986	0,2781	U-Dich 40x60x120	
Jl. Terusan Kaca Piring Kiri	30	0,40	0,40	0,40	0,160	1,200	0,133	0,852	0,1354	U-Dich 60x80x120	
Jl. Kaca Piring I Kiri B	80	0,40	0,40	0,40	0,160	1,200	0,133	0,522	0,0835		
Jl. Kaca Piring II Kanan B	81	0,40	0,32	0,32	0,128	1,040	0,123	0,696	0,0890		
Jl. Sakura Kiri D	54	1,00	0,80	0,80	0,800	2,600	0,308	1,486	0,0648		
Jl. Sakura Kiri E	175	0,50	0,40	0,40	0,200	1,300	0,154	1,202	0,2403	U-Dich 100x100x120	
Jl. Sakura I Kanan	166	0,50	0,40	0,40	0,200	1,300	0,154	0,712	0,1424	U-Dich 50x50x120	
Jl. Sakura Kiri E	33	1,00	0,96	0,96	0,960	2,920	0,329	2,631	2,5257	U-Dich 100x120x120	
Jl. Sakura I Kiri	167	0,50	0,40	0,40	0,200	1,300	0,154	1,005	0,2010	U-Dich 50x50x120	
Jl. Anggrek Kanan a	168	0,50	0,48	0,48	0,240	1,460	0,164	0,602	0,1446		
Jl. Brawijaya	485	1,40	1,12	1,12	1,568	3,640	0,431	2,026	3,1761	U-Dich 140x140x120	
Jl. Kamboja Kiri	282	0,50	0,48	0,48	0,240	1,460	0,164	0,870	0,2089		
Jl. Sakura Kanan	479	0,80	0,80	0,80	0,640	2,400	0,267	1,815	1,1614	U-Dich 100x80x120	
Jl. Anggrek Kanan B	254	1,20	0,96	0,96	1,152	3,120	0,369	2,065	2,3784	U-Dich 120x120x120	

Tabel 23. Perbandingan Debit Banjir Rencana Total Terhadap Kapasitas Saluran Baru

Nama Saluran	Q _s (m ³ /dt)	Q (m ³ /dt)	Keterangan
Jl. Sakura kiri A	0,7565	0,5766	Memenuhi
Jl. Sakura III Kiri	0,3994	0,2454	Memenuhi
Jl. Sakura II Kanan	0,1883	0,1701	Memenuhi
Jl. Sakura Kiri B	1,1887	1,0975	Memenuhi
Jl. Sakura II Kiri	0,2120	0,1918	Memenuhi
Jl. Kaca Piring I Kanan	0,2295	0,2246	Memenuhi
Jl. Sakura Kiri C	2,2011	1,7204	Memenuhi
Jl. Kaca Piring I Kiri A	0,1239	0,0648	Memenuhi
Jl. Terusan Kaca Piring Kanan	0,2147	0,2067	Memenuhi
Jl. Kaca Piring II Kanan A	0,2781	0,2239	Memenuhi
Jl. Terusan Kaca Piring Kiri	0,1364	0,0745	Memenuhi
Jl. Kaca Piring I Kiri B	0,0835	0,0546	Memenuhi
Jl. Kaca Piring II Kanan B	0,0890	0,0431	Memenuhi
Jl. Sakura Kiri D	2,7453	2,0405	Memenuhi
Jl. Kaca Piring II Kiri	0,2403	0,1279	Memenuhi
Jl. Sakura I Kanan	0,1424	0,0994	Memenuhi
Jl. Sakura Kiri E	2,5257	2,3650	Memenuhi
Jl. Sakura I Kiri	0,2010	0,1242	Memenuhi
Jl. Anggrek Kanan a	0,1446	0,1428	Memenuhi
Jl. Brawijaya	3,1761	3,0832	Memenuhi
Jl. Kamboja Kiri	0,2089	0,0499	Memenuhi
Jl. Sakura Kanan	1,1614	0,8790	Memenuhi
Jl. Anggrek Kanan B	2,3784	2,3668	Memenuhi

Tabel 24. Peningkatan Presentase Saluran Drainase Eksisting ke Redesign

Nama saluran	Q eksisting (m ³ /dt)	Q saluran baru (m ³ /dt)	Presentase	Keterangan
Jl. Sakura kiri A	0,7565	0,7565	0%	Saluran Lama
Jl. Sakura III Kiri	0,1794	0,3994	55%	Saluran Baru
Jl. Sakura II Kanan	0,0846	0,1883	55%	Saluran Baru
Jl. Sakura Kiri B	0,4253	1,1887	64%	Saluran Baru
Jl. Sakura II Kiri	0,0531	0,2120	75%	Saluran Baru
Jl. Kaca Piring I Kanan	0,0565	0,2295	75%	Saluran Baru
Jl. Sakura Kiri C	0,7874	2,2011	64%	Saluran Baru
Jl. Kaca Piring I Kiri A	0,0526	0,1239	58%	Saluran Baru
Jl. Terusan Kaca Piring Kanan	0,0964	0,2147	55%	Saluran Baru
Jl. Kaca Piring II Kanan A	0,0528	0,2781	81%	Saluran Baru
Jl. Terusan Kaca Piring Kiri	0,1364	0,1364	0%	Saluran Lama
Jl. Kaca Piring I Kiri B	0,0835	0,0835	0%	Saluran Lama
Jl. Kaca Piring II Kanan B	0,0890	0,0890	0%	Saluran Lama
Jl. Sakura Kiri D	0,9821	2,7453	64%	Saluran Baru
Jl. Kaca Piring II Kiri	0,0979	0,2403	59%	Saluran Baru
Jl. Sakura I Kanan	0,0580	0,1424	59%	Saluran Baru
Jl. Sakura Kiri E	0,7204	2,5257	71%	Saluran Baru
Jl. Sakura I Kiri	0,0818	0,2010	59%	Saluran Baru
Jl. Anggrek Kanan a	0,1446	0,1446	0%	Saluran Lama
Jl. Brawijaya	0,5457	3,1761	83%	Saluran Baru
Jl. Kamboja Kiri	0,2089	0,2089	0%	Saluran Lama
Jl. Sakura Kanan	0,5713	1,1614	51%	Saluran Baru
Jl. Anggrek Kanan B	0,1664	2,3784	93%	Saluran Baru

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari "Analisa dan Perencanaan Ulang Kapasitas Saluran Drainase Di Perumahan Griya Kacapiring Kecamatan Pare, Kabupaten Kediri", maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Dari analisa perhitungan, kondisi saluran eksisting di beberapa ruas jalan tidak dapat menampung debit banjir rencana. Salah satunya terdapat pada saluran eksisting di Jalan Kacapiring II Kanan A dengan kapasitas saluran 0,0528 m³/dt
- Hasil analisa perhitungan, untuk saluran drainase yang tidak dapat menampung debit banjir rencana dilakukan perencanaan ulang pada beberapa ruas jalan termasuk pada jalan Kacapiring II Kanan A dengan menggunakan ukuran dimensi awal sebesar 40cm x 50cm menjadi 60cm x 60cm, jalan

Sakura II kiri dimensi awal 40cm x 50cm menjadi 60cm x 60cm, jalan Kacapiring I kanan dimensi awal 40cm x 40cm menjadi 50cm x 60cm, jalan Brawijaya dimensi awal 100cm x 80cm menjadi 140cm x 140cm, sedangkan pada jalan Anggrek kanan B dimensi awal 60cm x 50cm menjadi 120cm x 120cm yang mana menggunakan dimensi baru tersebut mampu menampung debit banjir rencana.

- c. Dari analisa, hasil saluran drainase eksisting setelah di *redesign* pada Jalan Kacapiring II Kanan A, yang menggunakan *U-ditch* 60cm x 60cm dengan kapasitas debit sebesar 0,2781 m³/dt, jalan Sakura II kiri yang menggunakan *U-ditch* 60cm x 60cm dengan kapasitas debit sebesar 0,2120 m³/dt, pada jalan Kacapiring I kanan yang menggunakan *U-ditch* 50cm x 60cm dengan debit sebesar 0,2295 m³/dt, pada jalan Brawijaya yang menggunakan *U-ditch* 140cm x 140cm dengan debit kapasitas sebesar 3,1761 m³/dt, sedangkan pada jalan Anggrek kanan B yang menggunakan *U-ditch* 120cm x 120cm dengan kapasitas debit sebesar 2,3784 m³/dt.

Saran

Berdasarkan hasil “Analisa Dan Perencanaan Ulang Kapasitas Saluran Drainase Di Perumahan Griya Kacapiring Kecamatan Pare, Kabupaten Kediri”, maka penulis dapat memberikan saran, yaitu :

1. Perlunya pemeliharaan pada saluran – saluran drainase yang ada secara intensif oleh instansi – instansi terkait, seperti melakukan pembersihan, pengerukan dan perbaikan saluran yang rusak setidaknya dilakukan 4 atau 6 bulan sekali sehingga saluran drainase yang ada mampu menampung debit banjir rencana agar tidak terjadi banjir maupun genangan lagi.
2. Masyarakat sekitar memiliki peran penting dalam memelihara atau menjaga kebersihan saluran – saluran drainase yang ada dengan cara tidak membuang sampah ke dalam saluran drainase serta melakukan pembersihan secara berkala agar saluran drainase dapat berfungsi dengan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V. T. 1964. *Handbook of Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill Book Company
- Kustamar. 2019. *Sistem Drainase Perkotaan Pada Kawasan Pertanian, Urban, dan Pesisir*. Malang: Dream Litera.
- Lourin., Kustamar., Surbakti, Sriliani. 2018. *Evaluasi dan Perencanaan Saluran Drainase Kecamatan Teluk Ambon*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang
- Mundra, I Wayan., Wulandari, Lies Kurniawati., & Ahmadi, Sentot. 2022. *Pengendalian Banjir Melalui Sumur Resapan*. Seminar Nasional. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.

- Rusedie. Mundra, I Wayan., Roostrianawaty, Nenny. 2022. *Evaluasi Dan Perencanaan Ulang Sistem Drainase Pada Kawasan Jalan Sudimoro Kota Malang*. Skripsi. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Soemarto, C. D. 1999. *Hidrologi Teknik*. Jakarta.
- Subarkah, Imam. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma
- Suhardjono. 2013. *Drainase Perkotaan*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Surbakti, Sriliani. 2021. *Normalisasi Drainase Perkotaan Pada Ruas Jalan Krucil – tabelang (R.53) Kabupaten Probolinggo*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta:
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wesli. 2008. *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.