

EVALUASI DAN PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE PADA KAWASAN JALAN SUDIMORO KOTA MALANG

Rusedie¹, I Wayan Mundra², dan Nenny Roostrianawaty³
^{1,2,3}) Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
Email : rusediebuja@gmail.com¹

ABSTRACT

In Malang City often experiences flooding in several areas which results in puddles of water on the road surface. One of them is in the Jalan Sudimoro, Malang City, which is caused by the reduced capacity of the drainage channel due to sedimentation. In this problem, a drainage system is needed that is able to drain the existing water discharge. The purpose of this study is to provide a solution to the flood problem, and the rainfall data used from 3 different rain stations with an observation period of the last 10 years, from 2010 to 2019. The number of drainage channels that were reviewed were 32 channels, and after analyzing the 32 channels, there were 28 channels that could not accommodate the flood discharge. After it is known that the channel does not meet, then re-planning is carried out.

Keywords : Rainfall, Drainage Channel

ABSTRAK

Di Kota Malang kerap mengalami banjir di beberapa daerah yang mengakibatkan genangan air di permukaan jalan raya. Salah satunya pada kawasan Jalan Sudimoro Kota Malang, yang diakibatkan oleh berkurangnya kapasitas saluran drainase akibat sedimentasi. Dalam permasalahan ini di butuhkan sistem saluran drainase yang mampu mengalirkan debit air yang ada. Tujuan dari studi ini ialah memberikan solusi dari permasalahan banjir tersebut, dan data curah hujan yang di gunakan dari 3 stasiun hujan berbeda dengan jangka waktu pengamatan 10 tahun terakhir, dari tahun 2010 sampai 2019. Jumlah saluran drainase yang di tinjau sebanyak 32 saluran, dan setelah di lakukan analisa terhadap 32 saluran tersebut, terdapat 28 saluran tidak dapat menampung debit banjir. Setelah di ketahui saluran yang tidak memenuhi maka dilakukan perencanaan ulang.

Kata Kunci : Curah Hujan, Saluran Drainase.

1. PENDAHULUAN

Secara umum sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan, sehingga kawasan itu dapat difungsikan secara optimal. Di Kota Malang setiap musim hujan kerap mengalami banjir di beberapa daerah yang mengakibatkan genangan di permukaan jalan raya. Salah satunya pada kawasan Jalan Sudimoro, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Faktor yang menyebabkan banjir di kawasan tersebut dikarenakan kapasitas saluran drainase yang ada tidak sesuai dengan curah hujan yang terjadi saat ini, sehingga air hujan yang masuk ke saluran tidak dapat masuk sepenuhnya atau meluap. Faktor lainnya disebabkan oleh berkurangnya kapasitas saluran drainase akibat sedimentasi pada dasar saluran sehingga tidak berfungsi lagi sesuai dengan kapasitas awal drainase tersebut. Selain itu, daerah resapan air yang berkurang dikarenakan padatnya permukiman di kawasan tersebut.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang muncul beberapa perumusan masalah diantaranya :

1. Berapakah debit eksisting pada kawasan Jalan Sudimoro?
2. Berapakah hujan rencana pada kala ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun?
3. Apakah dimensi saluran yang sudah ada mampu menampung debit banjir rencana?
4. Berapakah besar perubahan kondisi eksisting yang terjadi akibat debit banjir rencana?

Maksud dan Tujuan

Maksud dari evaluasi dan perencanaan ulang ini adalah untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada saluran tersebut. Sedangkan tujuannya ini adalah :

1. Untuk mengetahui kondisi eksisting pada kawasan Jalan Sudimoro Kota Malang.
2. Untuk mengetahui curah hujan rencana terbesar.
3. Untuk mengevaluasi dan merencanakan ulang sistem jaringan drainase yang ada saat ini.
4. Untuk mengetahui kapasitas sistem jaringan drainase yang dapat menampung aliran debit banjir.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Curah Hujan Rata-Rata Daerah

Curah hujan yang diperlukan untuk menyusun suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata disuatu wilayah yang bersangkutan. Adapun metode yang digunakan untuk menentukan hujan rata-rata daerah, yaitu:

a. Cara Tinggi Rata-Rata

Tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil harga rata-rata hitung (*arithmetic mean*) dari penakaran pada penakar hujan dalam areal tersebut. Jadi diperoleh persamaan:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

d = Tinggi curah hujan rata-rata area

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = Tinggi curah hujan pada pos penangkar

n = Banyaknya pos penangkar

b. Cara Polygon Thiessen

Cara ini didasarkan atas cara rata-rata timbangan (*weight-ed average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar. Jadi diperoleh persamaan:

$$d = \frac{d_1 \times A_1 + d_2 \times A_2 + d_3 \times A_3 + \dots + d_n \times A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = Luas daerah pengaruh pos 1, 2, 3,n

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = Tinggi curah hujan dipos 1, 2, 3, n

d = Tinggi curah hujan rata-rata area

c. Cara Isohyet

Dalam hal ini kita harus menggambar dulu contour dengan tinggi hujan yang sama (*isohyet*). Kemudian luas bagian di antara isohyet-isohyet yang berdekatan diukur, dan harga rata-ratanya dihitung sebagai harga rata-rata timbang dari nilai contour, seperti berikut ini:

$$d = \frac{\frac{d_0 + d_1}{2} \times A_1 + \frac{d_1 + d_2}{2} \times A_2 + \frac{d_2 + d_3}{2} \times A_3 + \dots + \frac{d_n + d_{n+1}}{2} \times A_{n+1}}{A} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

$A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n = A$ = Luas area total

d = Tinggi curah hujan area rata-rata

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = Curah hujan pada isohyet 0, 1, 2,n

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = Luas bagian area yang dibatasi oleh garis Isohyet

Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi dimaksudkan untuk menentukan jenis distribusi yang sesuai dalam mendapatkan curah hujan rencana yang diambil dari data curah hujan rerata daerah. Pemilihan jenis distribusi curah hujan yang sesuai berdasarkan koefisien asimetri, kepeccengan kurtosis (CD. Soemarto, Hidrologi Teknik, 1987).

a. Distribusi Normal

Perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Normal, jika data yang digunakan adalah sampel, dilakukan dengan rumus-rumus berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_T \times Sd$$

dimana: X_T = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$\bar{X}$ = Rata-rata dari data hujan

Sd = Standar deviasi dari data hujan

K_T = Faktor frekuensi, nilainya tergantung dari nilai T

Tabel 1. Nilai variabel reduksi gauss

No	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	K_T
1	1.001	0.999	-3.05
2	1.005	0.995	-2.58
3	1.010	0.990	-2.33
4	1.050	0.950	-1.64
5	1.110	0.900	-1.28
6	1.250	0.800	-0.84
7	1.330	0.750	-0.67
8	1.430	0.700	-0.52
9	1.670	0.600	-0.25
10	2.000	0.500	0
11	2.500	0.400	0.25
12	3.330	0.300	0.52
13	4.000	0.250	0.67
14	5.000	0.200	0.84
15	10.000	0.100	1.28
16	20.000	0.050	1.64
17	50.000	0.020	2.05
18	100.000	0.010	2.33
19	200.000	0.005	2.58
20	500.000	0.002	2.88
21	1.000.000	0.001	3.09

Sumber : Suripin, 2004

b. Distribusi Log Normal

Perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Log Normal, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan rumus-rumus berikut:

1. Rata-rata

$$\log \bar{x} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (4)$$

2. Standar deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5)$$

3. Koefisien skewness

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(Sd)^3} \quad (6)$$

4. Logaritmahujan rencana

$$\log X_T = \log \bar{X} + K_T \times Sd \quad (7)$$

c. Distribusi Log Person Type III

Perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Log Person Type III, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan rumus-rumus berikut:

1. Rata-rata

$$\log \bar{x} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (8)$$

2. Standar deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1}} \quad (9)$$

3. Koefisien skewness

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(Sd)^3} \quad (10)$$

4. Logaritmahujan rencana

$$\log X_T = \log \bar{X} + K_T \times Sd \quad (11)$$

dimana: $\log X_T$ = Logaritma hujan rencana

$\log \bar{X}$ = Rata-rata

$\log X_i$ = Varian ke i
 n = Banyaknya data
 Sd = Standar deviasi
 Cs = Koefisien skewness
 K_T = Faktor frekuensi, nilainya tergantung dari nilai T

Tabel 2. Faktor frekuensi G untuk distribusi Log Person Type III

Koef. G	Interval kejadian (Recurrence interval), tahun (periode ulang)					
	1,0101	1,2500	2	5	10	100
Persentase peluang terlampaui (Percent chance of being exceeded)						
	99	80	50	20	10	1
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818
0.0	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366
-1.2	-3.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282
-1.4	-3.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198
-1.6	-3.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888
-2.4	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823
-2.6	-3.889	-0.490	0.368	0.696	0.747	0.764
-2.8	-3.973	-0.469	0.384	0.666	0.702	0.712
-3.0	-7.051	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666

Sumber : CD. Soemarto, Hidrologi Teknik, 1987

d. Distribusi E.J Gumbel

1. Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (12)$$

2. Standar deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (13)$$

3. Faktor frekuensi

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (14)$$

4. Hujan periode

$$X_t = \bar{X} + (K \times Sd) \quad (15)$$

dimana: $\bar{X}$ = 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

Tabel 3. Nilai Y_t

Periode Ulang T (Tahun)	Y_t
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
25	3,1255
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : CD. Soemarto, Hidrologi Teknik, 1987

Tabel 4. Nilai Yn dan Sn

n	Sn	Yn	n	Sn	Yn
10	0,9497	0,4952	60	1,1750	0,5521
15	1,0210	0,5128	70	1,1850	0,5548
20	1,0630	0,5236	80	1,1940	0,5567
25	1,0910	0,5390	90	1,2010	0,5586
30	1,1120	0,5362	100	1,2060	0,5600
35	1,1280	0,5403	20	1,2360	0,5672
40	1,1410	0,5436	500	1,2590	0,5724
45	1,1520	0,5463	1000	1,2690	0,5745
50	1,1610	0,5485			

Sumber : CD. Soemarto, Hidrologi Teknik, 1987

e. Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi
Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa distribusi frekwensi. Dengan pemeriksaan uji ini akan diketahui:

1. Kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis.
2. Kebenaran hipotesa (diterima/ditolak).

f. Uji Horizontal Dengan Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (non parametrik test), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, maka uji ini digunakan pada daerah studi. Prosedurnya, yaitu:

1. Data diurutkan dari besar ke kecil dan juga ditentukan masing-masing peluangnya

$$X_1 \quad P(X_1)$$

$$X_2 \quad P(X_2)$$

$$X_m \quad P(X_m)$$

$$X_n \quad P(X_n)$$

2. Setelah itu ditentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari penggambaran persamaan distribusinya

$$X_1 \quad P'(X_1)$$

$$X_2 \quad P'(X_2)$$

$$X_m \quad P'(X_m)$$

$$X_n \quad P'(X_n)$$

3. Selisih kedua nilai dapat dihitung dengan persamaan

$$\Delta = \text{maksimum } [P(X_m) - P(X_n)]$$

4. Berdasarkan tabel nilai kritis (smirnov-kolmogorov test), dapat ditentukan nilai Δ_0 , dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Nilai kritis Δ_0 untuk uji smirnov-kolmogorov

N	α			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N > 50	$1,07/(N^{0,5})$	$1,22/(N^{0,5})$	$1,36/(N^{0,5})$	$1,63/(N^{0,5})$

Sumber : Bonnier dalam Soewarno, 1995:199

Apabila $\Delta < \Delta_0$ distribusi teoritis diterima. $\Delta > \Delta_0$ distribusi teoritis ditolak.

g. Uji Vertikal Dengan Chi Square

Uji chi kuadrat digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal apakah distribusi pengamatan dapat diterima oleh distribusi teoritis. Perhitungannya dengan menggunakan persamaan (Shahin, 1976 : 186):

$$(X^2)_{Hit} = \sum_{i=1}^K \frac{(EF - OF)^2}{EF} \dots\dots\dots (16)$$

Dimana: $EF = \frac{n}{K}$:

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan rumus (Harto, 181 : 80) :

$$K = 1 + 3,22 \log n \dots\dots\dots (17)$$

dengan :

OF = Nilai yang diamati (observed frequency)

EF = Nilai yang diharapkan (expected frequency)

k = Jumlah kelas distribusi

n = Banyaknya data

Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga $X^2 < X^2_{cr}$. Harga X^2_{cr} dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikansi α dengan derajat kebebasannya (level of significant) seperti yang disajikan pada tabel berikut :

Tabel 6. Nilai kritis uji chi square

dk	α derajat kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.000393	0.000157	0.000982	0.00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.0100	0.0201	0.0506	0.103	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	35.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

Sumber : CD. Soemarto, Hidrologi Teknik, 1987

Debit Banjir Rencana Dengan Metode Rasional

Metode rasional merupakan cara tertua untuk menghitung debit banjir dari curah hujan. Metode ini banyak digunakan untuk sungai-sungai biasa dengan daerah pengaliran yang luas, dan juga untuk perencanaan drainase daerah pengaliran yang relatif sempit. Bentuk umum rumus rasional ini adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \cdot C.I.A \dots\dots\dots (18)$$

Dimana :

Q = Debit banjir maksimum (m³/detik)

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

A = Luas daerah pengaliran bagian hulu (ha)

C = Koefisien pengaliran

a. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada aliran ketitik control yang ditentukan dibagian hilir suatu aliran. Dalam pembahasan ini menghitung waktu konsentrasi menggunakan rumus “Kirpich” sebagai berikut:

$$tc = 0,0195L^{0,77} S^{-0,385} \dots\dots\dots (19)$$

Dimana :

L = Jarak dari tempat terjauh kesaluran drainase (m)

S = Kemiringan rata-rata daerah aliran (m)

$S = \frac{H}{L}$, dimana

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

b. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume tiap satuan waktu. Biasanya intensitas hujan berbeda-beda tergantung lamanya frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan didapat dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Pada umumnya makin besar waktu (+) maka intensitas curah hujan makin kecil. Jika tidak ada waktu untuk mengamati besarnya intensitas hujan atau disebabkan oleh karena alatnya tidak ada, dapat ditempuh dengan cara empiris menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (20)$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan rencana (mm)

tc = Waktu konsentrasi (jam)

c. Koefisien Pengaliran

Untuk mendapatkan hasil pengaliran yang sama dengan keadaan dilapangan, maka ditambahkan suatu koefisien pengaliran nilai-nilai dari koefisien didapatkan dari pengamatan medan misalnya : permeabilitas tanah semakin besar maka akan banyak infiltrasi, sehingga lapisan-lapisan menjadi lebih sedikit, sedangkan dalam perhitungan hidrologi yang dipakai adalah data curah hujan. Akibat adanya pengurangan tersebut, maka dinilai perhitungan harus disesuaikan dengan koefisien-koefisien pengaliran.

Tabel 7. Nilai koefisien pengaliran

Tipe Daerah Aliran	Harga C
Rerumputan:	
1. Tanah pasir, datar 2%	0,05 - 0,10
2. Tanah pasir, rata-rata 2%-7%	0,10 - 0,15
3. Tanah pasir, curam 7%	0,15 - 0,20
4. Tanah geruk, datar 2%	0,13 - 0,17
5. Tanah geruk, rata-rata 2%-7%	0,18 - 0,22
6. Tanah geruk, curam 2%	0,25 - 0,35
Bisnis:	
1. Daerah kota lama	0,75 - 0,95
2. Daerah pinggir	0,50 - 0,70

Perumahan:	
1. Daerah “Single Family “	0,40 – 0,60
2. Terpisah-pisah “Multi unit “	0,40 – 0,60
3. Tertutup “Multi Unit “	0,60 – 0,75
4. “Sub Urban “	0,25 – 0,75
5. Daerah rumah apartemen	0,50 – 0,70
Industri:	
1. Daerah ringan	0,50 – 0,80
2. Daerah berat	0,60 – 0,90
Jalan:	
1. Beraspal	0,70 – 0,95
2. Beton	0,80 – 0,95
3. Batu	0,70 – 0,85
Pertamanan kuburan	0,10 – 0,25
Tempat bermain	0,20 – 0,35
Halaman kereta api	0,20 – 0,40
Daerah yang tidak dikerjakan	0,10 – 0,30
Untuk berjalan dan naik kuda	0,75 – 0,75
Atap	0,75 – 0,95

Sumber : Suripin, 2011:81

3. METODOLOGI

Pengumpulan Data

Setelah melaksanakan tahap persiapan maka dilanjutkan dengan mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan perencanaan jaringan drainase untuk penanganan banjir di kawasan Jalan Sudimoro, Kecamatan Lowokwaru. Data-data yang diperlukan ialah data primer yang dilakukan dengan survey ke kawasan yang dijadikan tempat penelitian dengan melakukan pengukuran dimensi saluran drainasenya, sehingga dapat diidentifikasi penyebab terjadinya genangan di daerah tersebut.

Selain data primer, data sekunder seperti peta topografi dan data curah hujan diperlukan dalam penentuan debit air banjir, data ini sangat vital dibutuhkan dalam perencanaan drainase, data yang diperlukan adalah data 10 tahun terakhir melalui 3 stasiun curah hujan milik Badan Klimatologi dan Geofisika (BMKG) wilayah Karangploso. Stasiun penghitung curah hujan yang digunakan sebagai sumber data curah hujan adalah Stasiun Ciliwung, Stasiun Karangploso, dan Stasiun Sukun.

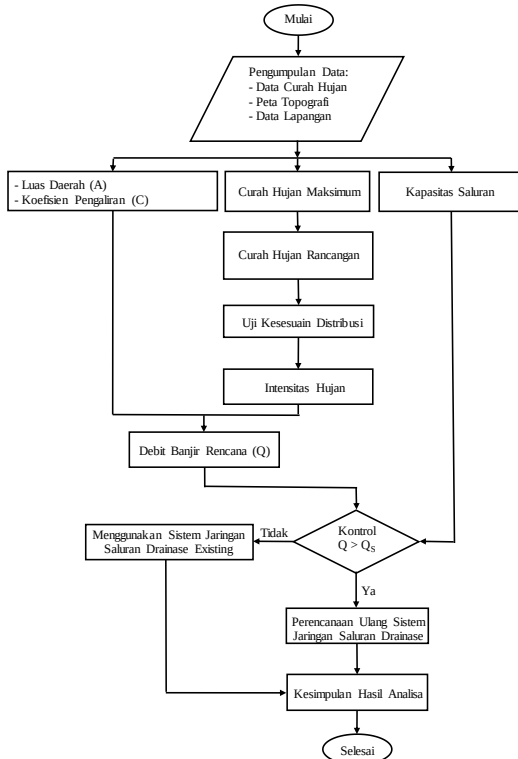
Analisis Data

Dari data-data yang didapatkan kemudian dilakukan analisis kapasitas saluran drainase di kawasan Jalan Sudimoro, analisis dilakukan dari segi hidrologi dan hidraulika.

Dari segi hidrologi adalah perhitungan curah hujan maksimum harian, setelah itu dilakukan analisis frekuensi dengan metode distribusi Log Pearson type III dan distribusi Gumbel. Kemudian dilakukan uji kecocokan dengan menggunakan uji Chi-Kuadrat, dan uji Smirnov-Kolmogrov. Hal ini bertujuan untuk mengetahui berapa volume debit rencana.

Untuk analisis dari segi hidraulika tentukan berapa koefisien pengaliran yang sesuai dengan kondisi daerah penelitian. Lakukan juga pengukuran terhadap saluran drainase eksisting di lapangan. Kemudian dihitung berapa kapasitas saluran drainase eksisting yang ada di lapangan, selanjutnya dievaluasi apakah

saluran drainase eksisting tersebut mampu untuk menampung volume debit rencana yang terjadi. Jika dari hasil evaluasi diketahui bahwa saluran drainase eksisting tersebut tidak mampu menampung volume debit rencana yang terjadi, maka dilakukan *redesign* saluran drainase agar mampu menampung volume debit rencana yang ada. Berikut ini bagan alir penelitian yang dapat di lihat di bawah ini.



Gambar 1. Diagram alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Debit Banjir Rencana

Langkah awal dalam mendesain suatu saluran drainase adalah dengan melakukan suatu analisis hidrologi dari data curah hujan maksimum di daerah tersebut. Dalam studi ini, analisis yang dilakukan adalah menghitung debit banjir rencana dan menghitung kapasitas debit yang mampu ditampung oleh saluran.

a. Perhitungan Curah Hujan Maksimum

Data hidrologi yang tersedia merupakan data curah hujan harian selama 10 tahun (tahun 2010 sampai tahun 2019), yang berasal dari Badan Klimatologi dan Geofisika (BMKG) wilayah Karangploso. Untuk curah hujan maksimum, diambil dari 3 stasiun, yaitu stasiun Ciliwung, stasiun Kedungkandang, dan stasiun Sukun.

Tabel 8. Curah hujan maksimum

No	Tahun	Curah Hujan			Curah Hujan Maksimum (mm)
		Ciliwung	Kedungkandang	Sukun	
1	2010	546	522	699	699
2	2011	481	352	426	481
3	2012	440	517	623	623
4	2013	484	437	599	599
5	2014	662	352	474	662
6	2015	397	503	533	533
7	2016	586	476	683	683
8	2017	377	551	532	551
9	2018	423	482	449	482
10	2019	523	655	518	655

Sumber: Perhitungan excel

b. Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Daerah

Dari data yang ada, perhitungan curah hujan rata-rata daerah dilakukan menggunakan metode rata-rata daerah curah hujan. Berikut hasil perhitungan di bawah ini.

Tabel 9. Curah hujan maksimum

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum			Curah Hujan Rerata Daerah
		Ciliwung	Kedungkandang	Sukun	
1	2010	546	522	699	589,00
2	2011	481	352	426	419,67
3	2012	440	517	623	526,67
4	2013	484	437	599	506,67
5	2014	662	352	474	496,00
6	2015	397	503	533	477,67
7	2016	586	476	683	581,67
8	2017	377	551	532	486,67
9	2018	423	482	449	451,33
10	2019	523	655	518	565,33

Sumber: Perhitungan excel

c. Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi dimaksudkan untuk menentukan jenis distribusi yang sesuai dalam mendapatkan curah hujan rencana yang diambil dari data curah hujan rerata daerah. Pemilihan jenis distribusi curah hujan yang sesuai berdasarkan koefisien asimetri, kepeccengan kurtosis (CD. Soemarto, Hidrologi Teknik, 1987).

Tabel 10. Analisa frekuensi curah hujan

No	Tahun	X_i	$(X_i - \bar{x})$	$(X_i - \bar{x})^2$	$(X_i - \bar{x})^3$	$(X_i - \bar{x})^4$
1	2010	589,00	78,933	6230,47	491791,85	38818770,27
2	2011	419,67	-90,400	8172,16	-738763,26	66784199,07
3	2012	526,67	16,600	275,56	4574,30	75933,31
4	2013	506,67	-3,400	11,56	-39,30	133,63
5	2014	496,00	-14,067	197,87	-2783,39	39152,98
6	2015	477,67	-32,400	1049,76	-34012,22	1101996,06
7	2016	581,67	71,600	5126,56	367061,70	26281617,43
8	2017	486,67	-23,400	547,56	-12812,90	299821,95
9	2018	451,33	-58,733	3449,60	-202606,77	11899770,82
10	2019	565,33	55,267	3054,40	168806,75	9329386,51
Σ		5100,67	0,000	28115,5	41216,7	154630782,0
$\bar{x}$		510,067				

Sumber: Perhitungan excel

1. Rata-rata = 510,067 mm
2. Standar deviasi = 55,8923 mm
3. Koefisien kepeccengan (C_s) = 0,0328
4. Koefisien kurtosis (C_k) = 3,1438
5. Koefisien variasi (C_v) = 0,1096

Tabel 11. Syarat penentuan distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Analisa	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	0,0328 3,1438	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = 0,82$ $C_k = 4,22$	0,0328 3,1438	Tidak Memenuhi
Log Person Tipe III	$C_s \neq 0$	0,0328	Memenuhi
E.J. Gumbel	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,4002$	0,0328 3,1438	Memenuhi

Sumber: Perhitungan excel

Berdasarkan hasil data yang telah dihitung maka distribusi frekuensi yang dipilih adalah distribusi *Log Person tipe III* dan Gumbel karena memiliki nilai C_s , C_k , dan C_v memenuhi.

d. Hujan Rencana Metode *Log Person Tipe III*

Data curah hujan maksimum yang telah dihitung sebelumnya, akan digunakan untuk memperkirakan besarnya debit yang nantinya akan ditampung oleh saluran. Penentuan curah hujan maksimum dengan periode ulang tertentu dihitung dengan menggunakan analisa fekuensi metode *Log Person* tipe III, dengan alasan bahwa koefisien puncak dan koefisien kepengcengan data yang tersedia memenuhi syarat metode tersebut. Langkah perhitungan metode *Log Person* tipe III adalah sebagai berikut:

Tabel 12. Perhitungan *Log Persin Tipe III*

No	X_i	$\log X_i$	$(\log X_i - \log \bar{x})$	$(\log X_i - \log \bar{x})^2$	$(\log X_i - \log \bar{x})^3$
1	589,00	2,7701	0,0649	0,004206	0,000273
2	581,67	2,7647	0,0594	0,003530	0,000210
3	565,33	2,7523	0,0470	0,002213	0,000104
4	526,67	2,7215	0,0163	0,000265	0,000004
5	506,67	2,7047	-0,0005	0,000000	0,000000
6	496,00	2,6955	-0,0098	0,000096	-0,000001
7	486,67	2,6872	-0,0180	0,000325	-0,000006
8	477,67	2,6791	-0,0261	0,000683	-0,000018
9	451,33	2,6545	-0,0508	0,002577	-0,000131
10	419,67	2,6229	-0,0824	0,006782	-0,000559
Σ	5100,67	27,0526	0,0000	0,020678	-0,000123
$\bar{x}$	510,067	2,7053			

Sumber: Perhitungan excel

1. Rata-rata = 2,7053 mm
2. Standar deviasi = 0,0479 mm
3. Koefisien kepengcengan (C_s) = -0,1551

Untuk Harga C_s = -0,1551 dan T (Periode Ulang) tertentu maka harga faktor G_t , untuk sebaran *Log Person Tipe III* hujan rencana 2,5,10 tahun dapat dihitung dalam interpolasi di bawah ini:

Tabel 13. Perhitungan nilai G_t

C_s	Periode Ulang Tahun		
	2	5	10
0,0000	0,0000	0,8420	1,2820
-0,1551	0,0256	0,8482	1,2634
-0,2000	0,0330	0,8500	1,2580

Sumber: Perhitungan excel

Perhitungan interpolasi kala ulang 2 tahun :

Untuk C_{s_x} = -0,1551

Untuk C_{s_1} = 0,0 pada probabilitas 50% harga G_{t_1} = 0,000

Untuk C_{s_2} = -0,2 pada probabilitas 50% harga G_{t_2} = 0,0330

harga $G_{t_x} = G_{t_1} + \frac{(G_{t_2} - G_{t_1})}{(C_{s_2} - C_{s_1})} \times (C_{s_2} - C_{s_x})$

harga $G_{t_x} = 0,000 + \frac{(0,0330 - 0,000)}{(-0,2 - (-0,1551))} \times (-0,2 - (-0,1551))$

harga $G_{t_x} = 0,0256$

Tabel 14. Perhitungan nilai RT

Kala Ulang	G_t	Log RT	RT (mm)
2	0,0256	2,7065	508,73
5	0,8482	2,7459	557,08
10	1,2634	2,7658	583,20

Sumber: Perhitungan excel

Perhitungan *Log RT*:

$$\log RT = \log \bar{x} + G_t * S_d$$

$$\log RT = 2,7053 + (0,0256 * 0,0479)$$

$$\log RT = 2,7065$$

Perhitungan RT dengan anitlog:

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

$$RT = 10^{2,7065}$$

$$RT = 508,73 \text{ mm}$$

e. Hujan Rencana Metode E.J Gumbel

Distribusi E.J Gumbel mempunyai koefisien kemencengan $C_s \leq 1,139$, koefisien kurtosis $\leq 5,4002$ dan standar deviasinya 55,8923 mm. Berikut ini langkah-langkah perhitungan curah hujan rencana dengan metode E.J Gumbel:

Tabel 15. Perhitungan metode E.J Gumbel

No	X_i	$(X_i - \bar{x})$	$(X_i - \bar{x})^2$	$(X_i - \bar{x})^3$
1	589,00	78,93	6230,47	491791,85
2	581,67	71,60	5126,56	-738763,26
3	565,33	55,27	3054,40	4574,30
4	526,67	16,60	275,56	-39,30
5	506,67	-3,40	11,56	-2783,39
6	496,00	-14,07	197,87	-34012,22
7	486,67	-23,40	547,56	367061,70
8	477,67	-32,40	1049,76	-12812,90
9	451,33	-58,73	3449,60	-202606,77
10	419,67	-90,40	8172,16	168806,75
Σ	5100,67		28115,51	41216,75
$\bar{x}$	510,07			

Sumber: Perhitungan excel

1. Rata-rata = 510,07 mm
2. Standar deviasi = 55,892 mm

Jumlah data dalam perhitungan curah hujan rencana periode ulang adalah 10 tahun terakhir, sehingga nilai Y_n , S_n , dan Y_t adalah sebagai berikut:

Perhitungan nilai faktor frekuensi (K) periode kala ulang 2 tahun:

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

Dimana: K = Faktor frekuensi

Y_n = Reduce mean

S_n = Reduce Standar deviasi

Y_t = Reduce variate

Diketahui: Y_n = 0,4952

S_n = 0,9496

Y_t = 0,3665

$$K = \frac{(0,3665 - 0,4952)}{0,9496}$$

$$K = -0,1355$$

Perhitungan hujan periode ulang 2 tahun:

$$X_t = \bar{X} + (K * S_d)$$

Dimana: X_t = Hujan dalam periode ulang tahunan

$\bar{X}$ = Hujan rata-rata daerah

K = Faktor frekuensi

S_d = Standar deviasi

Diketahui: $\bar{X}$ = 510,07

K = -0,1355

S_d = 55,892

$$X_t = 510,07 + (-0,1355 \times 55,892)$$

$$X_t = 502,49 \text{ mm}$$

Tabel 16. Perhitungan periode ulang

Periode Ulang	Yt	K	$\bar{x}$	Sd	Xt
2	0,3665	-0,1355	510,1	55,8923	502,4915
5	1,4999	1,0580	510,1	55,8923	569,2021
10	2,2502	1,8481	510,1	55,8923	613,3638

Sumber: Perhitungan excel

Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa metode distribusi *Log Person Tipe III* dan metode distribusi E.J Gumbel dapat dipakai untuk perhitungan Curah Hujan Rencana. Hasil dari perhitungan metode distribusi yang akan digunakan adalah metode distribusi E.J Gumbel, karena distribusi ini memiliki nilai curah hujan lebih besar dibandingkan metode distribusi *Log Person Tipe III*.

f. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan curah hujan rencana, dimulai dari data luas daerah pengaliran yang didapatkan dari survei lapangan, salah satu contoh luas daerah pengaliran yaitu pada jalan Terusan Sudimoro V Kanan dengan panjang saluran 137 m dan luas daerah pengalirannya adalah 1999,345 m^2 . Dengan elevasi awal 498,40 m dan elevasi akhir 498,20 m.

1. Kemiringan saluran = 0,0015
2. Intensitas curah hujan = 0,00019 m/dt
3. Koefisien pengaliran = 0,7627

Tabel 17. Nilai koefisien pengaliran (C)

Nama Saluran	Luas Penggunaan Tata Guna Lahan (m^2)					C
	Perumahan	Perdagangan	Pendidikan	Perumahan	Jalan	
	0,75	0,8	0,5	0,7	0,85	
Jl. Terusan Sudimoro V Kanan	1745,77				253,57	0,7627
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 1	296,96				84,97	0,7722
Jl. Terusan Sudimoro IV Kiri	1839,84				302,61	0,7641
Jl. Terusan Sudimoro IV Kanan			938,90	1677,54	232,95	0,6464
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 2			514,80		104,08	0,5589
Jl. Terusan Sudimoro III Kanan			1085,52	1630,36	306,36	0,6434
Jl. Terusan Sudimoro III Kiri	1587,97				201,61	0,7613
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 3	253,94				79,37	0,7738
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 4	287,39				96,35	0,7751
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 5	335,12				124,98	0,7772
Jl. Sudimoro A Kanan				3915,32	178,27	0,7065
Jl. Sudimoro Kanan				1835,38	325,90	0,7226
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 1	207,31				64,97	0,7791
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 2				491,37	108,02	0,7270
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 3	272,89				78,28	0,7723
Jl. Terusan Sudimoro II Kanan	1826,25				276,79	0,7632
Jl. Terusan Sudimoro II Kiri	1519,40				205,55	0,7619
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 4	276,32				80,76	0,7726
Jl. Terusan Sudimoro I Kanan	1700,69				197,48	0,7604
Jl. Terusan Sudimoro I Kiri	205,56				250,98	0,8050
Jl. Terusan Sudimoro C Kanan	2265,79				202,53	0,7582
Jl. Terusan Sudimoro C Kiri				4229,18	209,63	0,7071
Jl. Perum Griya Shanta Blok H1 Kanan				292,58	69,23	0,7287
Jl. Perum Griya Shanta Blok H Kanan				983,25	213,21	0,7267
Jl. Puncak Borobudur Kiri 1				942,71	132,93	0,7185
Jl. Terusan Sudimoro VI Kiri				263,65	85,64	0,7368
Jl. Terusan Sudimoro VI Kanan				267,03	89,30	0,7376
Jl. Perum Griya Shanta Blok H Kanan				840,99	193,72	0,7281
Jl. Puncak Borobudur Kiri 2				812,68	125,38	0,7200
Jl. Perum Griya Shanta Blok H2 Kiri				216,47	122,09	0,7541
Jl. Puncak Borobudur Kiri 3		2401,82	6196,23		864,16	0,6081
Jl. Sudimoro Kiri		692,12			163,88	0,8096

Sumber: Perhitungan excel

$$4. \text{ Waktu konsentrasi (Tc)} = 0,1774 \text{ jam}$$

Tabel 18. Perhitungan nilai Tc

Saluran	Elevasi (m)		Panjang saluran (m)	Beda Elevasi (m)	Kemiringan Saluran	Tc
	Awal	Akhir				
Jl. Terusan Sudimoro V Kanan	498,40	498,20	137	0,20	0,0015	0,1774
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 1	498,20	497,90	30	0,30	0,0100	0,0263
Jl. Terusan Sudimoro IV Kiri	498,30	497,90	134	0,40	0,0030	0,1324
Jl. Terusan Sudimoro IV Kanan	498,20	497,90	134	0,30	0,0022	0,1479
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 2	497,70	497,50	50	0,20	0,0040	0,0554
Jl. Terusan Sudimoro III Kanan	497,50	497,00	125	0,50	0,0040	0,1121
Jl. Terusan Sudimoro III Kiri	497,40	496,00	125	1,40	0,0112	0,0754
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 3	497,40	497,30	32	0,10	0,0031	0,0432
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 4	497,20	496,80	35	0,40	0,0114	0,0281
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 5	496,70	495,50	40	1,20	0,0300	0,0215
Jl. Sudimoro A Kanan	495,20	487,50	302	7,70	0,0255	0,1084
Jl. Sudimoro Kanan	487,50	487,00	120	0,50	0,0042	0,1070
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 1	498,40	498,30	31	0,10	0,0032	0,0416
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 2	498,20	497,00	50	1,20	0,0240	0,0278
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 3	496,80	495,90	35	0,90	0,0257	0,0206
Jl. Terusan Sudimoro II Kanan	497,30	495,90	117	1,40	0,0120	0,0699
Jl. Terusan Sudimoro II Kiri	497,20	495,70	116	1,50	0,0129	0,0674
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 4	495,70	495,60	31	0,10	0,0032	0,0416
Jl. Terusan Sudimoro I Kanan	496,80	495,60	115	1,20	0,0104	0,0727
Jl. Terusan Sudimoro I Kiri	496,70	495,50	117	1,20	0,0103	0,0742
Jl. Terusan Sudimoro C Kanan	495,50	495,00	124	0,50	0,0040	0,1111
Jl. Terusan Sudimoro C Kiri	495,20	495,00	126	0,20	0,0016	0,1610
Jl. Perum Griya Shanta Blok H1 Kanan	496,80	496,70	32	0,10	0,0031	0,0432
Jl. Perum Griya Shanta Blok H Kanan	496,70	496,60	63	0,10	0,0016	0,0944
Jl. Puncak Borobudur Kiri 1	496,80	496,70	63	0,10	0,0016	0,0944
Jl. Terusan Sudimoro VI Kiri	496,70	496,60	32	0,10	0,0031	0,0432
Jl. Terusan Sudimoro VI Kanan	496,70	496,60	34	0,10	0,0029	0,0463
Jl. Perum Griya Shanta Blok H Kanan	496,60	496,50	55	0,10	0,0018	0,0807
Jl. Puncak Borobudur Kiri 2	496,70	496,60	55	0,10	0,0018	0,0807
Jl. Perum Griya Shanta Blok H2 Kiri	496,60	496,50	34	0,10	0,0029	0,0463
Jl. Puncak Borobudur Kiri 3	496,60	488,00	230	8,60	0,0374	0,0758
Jl. Sudimoro Kiri	488,00	487,00	44	1,00	0,0227	0,0257

Sumber: Perhitungan excel

$$5. \text{ Debit banjir rencana (Q)} = 0,0793 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Tabel 19. Perhitungan debit banjir rencana (Q)

Nama Saluran	C	I (mm/jam)	A (m^2)	Q (m^3/dt)
Jl. Terusan Sudimoro V Kanan	0,7627	0,0002	1999,345	0,0793
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 1	0,7722	0,0007	381,930	0,1341
Jl. Terusan Sudimoro IV Kiri	0,7641	0,0002	2142,450	0,1035
Jl. Terusan Sudimoro IV Kanan	0,6464	0,0002	2849,390	0,1081
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 2	0,5589	0,0004	618,880	0,3848
Jl. Terusan Sudimoro III Kanan	0,6434	0,0003	3022,240	0,1373
Jl. Terusan Sudimoro III Kiri	0,7613	0,0003	1789,580	0,1253
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 3	0,7738	0,0005	333,310	0,6819
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 4	0,7751	0,0006	383,740	0,7347
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 5	0,7772	0,0008	460,100	0,8107
Jl. Sudimoro A Kanan	0,7065	0,0003	4093,590	1,0197
Jl. Sudimoro Kanan	0,7226	0,0003	2161,280	1,1335
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 1	0,7791	0,0005	292,280	0,0311
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 2	0,7270	0,0006	599,390	0,0780
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 3	0,7723	0,0008	351,170	0,0594
Jl. Terusan Sudimoro II Kanan	0,7632	0,0003	2103,040	0,1553
Jl. Terusan Sudimoro II Kiri	0,7619	0,0004	1724,950	0,1303
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 4	0,7726	0,0005	357,080	0,1680
Jl. Terusan Sudimoro I Kanan	0,7604	0,0003	1898,170	0,1361
Jl. Terusan Sudimoro I Kiri	0,8050	0,0003	456,540	0,0342
Jl. Terusan Sudimoro C Kanan	0,7582	0,0003	2468,320	0,1330
Jl. Terusan Sudimoro C Kiri	0,7071	0,0002	4438,810	0,1741
Jl. Perum Griya Shanta Blok H1 Kanan	0,7287	0,0005	361,810	0,0352
Jl. Perum Griya Shanta Blok H Kanan	0,7267	0,0003	1196,460	0,1040
Jl. Puncak Borobudur Kiri 1	0,7185	0,0003	1075,640	0,0612
Jl. Terusan Sudimoro VI Kiri	0,7368	0,0005	349,290	0,0955
Jl. Terusan Sudimoro VI Kanan	0,7376	0,0005	356,330	0,0335
Jl. Perum Griya Shanta Blok H Kanan	0,7281	0,0003	1034,710	0,0997
Jl. Puncak Borobudur Kiri 2	0,7200	0,0003	938,060	0,0594
Jl. Perum Griya Shanta Blok H2 Kiri	0,7541	0,0005	338,560	0,0919
Jl. Puncak Borobudur Kiri 3	0,6081	0,0003	9462,210	0,5274
Jl. Sudimoro Kiri	0,8096	0,0007	856,000	0,6580

Sumber: Perhitungan excel

Evaluasi Saluran Drainase

Evaluasi saluran drainase pada masing-masing saluran bertujuan untuk mengetahui kapasitas dari saluran drainase tersebut, sehingga diketahui bahwa setiap saluran akan direncanakan ulang atau hanya dilakukan perawatan secara berkala, berikut hasil evaluasi saluran drainase.

Tabel 20. Evaluasi saluran drainase

Nama Saluran	Faktor-Faktor Permasalahannya	Solusi Pemecahan Permasalahan
Jl. Terusan Sudimoro V Kanan	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 1	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro IV Kiri	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro IV Kanan	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 2	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro III Kanan	Saluran Dipenuhi Tumbuhan	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro III Kiri	Saluran Dipenuhi Tumbuhan	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 3	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 4	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 5	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Sudimoro A Kanan	Kapasitas Saluran Kurang	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Sudimoro Kanan	Kapasitas Saluran Kurang	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 1	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 2	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 3	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro II Kanan	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro II Kiri	Kapasitas Saluran Kurang	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 4	Kapasitas Saluran Kurang	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro I Kanan	Saluran Dipenuhi Tumbuhan	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro I Kiri	Saluran Dipenuhi Tumbuhan	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro C Kanan	Kapasitas Saluran Kurang	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro C Kiri	Kapasitas Saluran Kurang	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Perum Griya Shanta Blok H1 Kanan	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Perum Griya Shanta Blok H Kanan	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Puncak Borobudur Kiri 1	Terjadinya Pendangkalan Saluran	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro VI Kiri	Kapasitas Saluran Kurang	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Terusan Sudimoro VI Kanan	Kapasitas Saluran Kurang	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Perum Griya Shanta Blok H Kanan	Kapasitas Saluran Kurang	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Puncak Borobudur Kiri 2	Kapasitas Saluran Kurang	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Perum Griya Shanta Blok H2 Kiri	Kapasitas Saluran Kurang	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Puncak Borobudur Kiri 3	Kapasitas Saluran Kurang	Dibersihkan / Drencanakan Ulang
Jl. Sudimoro Kiri	Kapasitas Saluran Kurang	Dibersihkan / Drencanakan Ulang

Sumber: Perhitungan excel

Kapasitas Saluran Drainase

Perhitungan kapasitas saluran drainase yang sudah ada bertujuan untuk mengetahui kemampuan saluran dalam menampung air, setelah kapasitas saluran yang lama atau yang sudah ada di ketahui kemudian dibandingkan dengan debit rencana untuk mengetahui apakah saluran tersebut perlu di perbesar atau tidak.

Tabel 21. Perhitungan debit aliran pada kapasitas saluran sebelum dan sesudah perencanaan (Qs)

Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Sebelum Direncanakan Ulang						
		b (m)	h (m)	w (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	Qs (m ³ /dt)
Jl. Terusan Sudimoro V Kanan	137	0,30	0,40	0,10	0,120	1,100	0,109	0,349
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 1	30	0,30	0,40	0,10	0,120	1,100	0,109	0,349
Jl. Terusan Sudimoro IV Kiri	134	0,40	0,48	0,12	0,192	1,360	0,141	0,414
Jl. Terusan Sudimoro IV Kanan	134	0,60	0,48	0,12	0,288	1,560	0,185	0,496
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 2	50	0,50	0,40	0,10	0,200	1,300	0,154	0,389
Jl. Terusan Sudimoro III Kanan	125	0,30	0,32	0,08	0,096	0,940	0,102	0,334
Jl. Terusan Sudimoro III Kiri	125	0,30	0,40	0,10	0,120	1,100	0,109	0,349
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 3	32	0,30	0,32	0,08	0,096	0,940	0,102	0,334
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 4	35	0,40	0,40	0,10	0,160	1,200	0,133	0,399
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 5	40	0,30	0,48	0,12	0,144	1,260	0,114	0,360
Jl. Sudimoro A Kanan	302	0,60	0,80	0,20	0,480	2,200	0,218	0,554
Jl. Sudimoro Kanan	120	0,60	0,48	0,12	0,288	1,560	0,185	0,496
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 1	31	0,30	0,40	0,10	0,120	1,100	0,109	0,349
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 2	50	0,30	0,40	0,10	0,120	1,100	0,109	0,349
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 3	35	0,30	0,40	0,10	0,120	1,100	0,109	0,349
Jl. Terusan Sudimoro II Kanan	117	0,30	0,40	0,10	0,120	1,100	0,109	0,349
Jl. Terusan Sudimoro II Kiri	116	0,40	0,40	0,10	0,160	1,200	0,133	0,399
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 4	31	0,30	0,32	0,08	0,096	0,940	0,102	0,334
Jl. Terusan Sudimoro I Kanan	115	0,30	0,24	0,06	0,072	0,780	0,092	0,312
Jl. Terusan Sudimoro I Kiri	117	0,30	0,48	0,12	0,144	1,260	0,114	0,360
Jl. Terusan Sudimoro C Kanan	124	0,20	0,24	0,06	0,048	0,680	0,071	0,261
Jl. Terusan Sudimoro C Kiri	126	0,30	0,32	0,08	0,096	0,940	0,102	0,334
Jl. Perum Griya Shanta Blok H1 Kanan	32	0,30	0,32	0,08	0,096	0,940	0,102	0,334
Jl. Perum Griya Shanta Blok H Kanan	63	0,30	0,32	0,08	0,096	0,940	0,102	0,334
Jl. Puncak Borobudur Kiri 1	63	0,30	0,32	0,08	0,096	0,940	0,102	0,334
Jl. Terusan Sudimoro VI Kiri	32	0,30	0,32	0,08	0,096	0,940	0,102	0,334
Jl. Terusan Sudimoro VI Kanan	34	0,30	0,48	0,12	0,144	1,260	0,114	0,360
Jl. Perum Griya Shanta Blok H Kanan	55	0,30	0,48	0,12	0,144	1,260	0,114	0,360
Jl. Puncak Borobudur Kiri 2	55	0,30	0,48	0,12	0,144	1,260	0,114	0,360
Jl. Perum Griya Shanta Blok H2 Kiri	34	0,30	0,48	0,12	0,144	1,260	0,114	0,360
Jl. Puncak Borobudur Kiri 3	230	0,50	0,48	0,12	0,240	1,460	0,164	0,459
Jl. Sudimoro Kiri	44	0,50	0,48	0,12	0,240	1,460	0,164	0,459

Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Sesudah Direncanakan Ulang						
		Dimensi			A (m ²)	P (m)	R (m)	Qs (m ³ /dt)
		b (m)	h (m)	w (m)				
Jl. Terusan Sudimoro V Kanan	137	0,40	0,48	0,12	0,192	1,360	0,141	0,414
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 1	30	0,60	0,48	0,12	0,288	1,560	0,185	0,496
Jl. Terusan Sudimoro IV Kiri	134	0,50	0,48	0,12	0,240	1,460	0,164	0,459
Jl. Terusan Sudimoro IV Kanan	134	0,60	0,48	0,12	0,288	1,560	0,185	0,496
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 2	50	0,80	0,80	0,20	0,640	2,400	0,267	0,633
Jl. Terusan Sudimoro III Kanan	125	0,60	0,56	0,14	0,336	1,720	0,195	0,515
Jl. Terusan Sudimoro III Kiri	125	0,60	0,48	0,12	0,288	1,560	0,185	0,496
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 3	32	1,20	0,80	0,20	0,960	2,800	0,343	0,749
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 4	35	1,20	0,88	0,22	1,056	2,960	0,357	0,769
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 5	40	1,20	0,88	0,22	1,056	2,960	0,357	0,769
Jl. Sudimoro A Kanan	302	1,40	0,96	0,24	1,344	3,320	0,405	0,836
Jl. Sudimoro Kanan	120	1,50	0,96	0,24	1,440	3,420	0,421	0,859
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 1	31	0,40	0,10	0,10	0,120	1,100	0,109	0,349
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 2	50	0,50	0,40	0,10	0,200	1,300	0,154	0,389
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 3	35	0,40	0,40	0,10	0,160	1,200	0,133	0,399
Jl. Terusan Sudimoro II Kanan	117	0,70	0,48	0,12	0,336	1,660	0,202	0,527
Jl. Terusan Sudimoro II Kiri	116	0,70	0,40	0,10	0,280	1,500	0,187	0,499
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 4	31	0,70	0,48	0,12	0,336	1,660	0,202	0,527
Jl. Terusan Sudimoro I Kanan	115	0,60	0,48	0,12	0,288	1,560	0,185	0,496
Jl. Terusan Sudimoro I Kiri	117	0,30	0,48	0,12	0,144	1,260	0,114	0,360
Jl. Terusan Sudimoro C Kanan	124	0,60	0,48	0,12	0,288	1,560	0,185	0,496
Jl. Terusan Sudimoro C Kiri	126	0,70	0,48	0,12	0,336	1,660	0,202	0,527
Jl. Perum Griya Shanta Blok H1 Kanan	32	0,40	0,32	0,08	0,128	1,040	0,123	0,378
Jl. Perum Griya Shanta Blok H Kanan	63	0,60	0,40	0,10	0,240	1,400	0,171	0,472
Jl. Puncak Borobudur Kiri 1	63	0,50	0,32	0,08	0,160	1,140	0,140	0,413
Jl. Terusan Sudimoro VI Kiri	32	0,60	0,40	0,10	0,240	1,400	0,171	0,472
Jl. Terusan Sudimoro VI Kanan	34	0,30	0,48	0,12	0,144	1,260	0,114	0,360
Jl. Perum Griya Shanta Blok H Kanan	55	0,50	0,48	0,12	0,240	1,460	0,164	0,459
Jl. Puncak Borobudur Kiri 2	55	0,40	0,48	0,12	0,192	1,360	0,141	0,414
Jl. Perum Griya Shanta Blok H2 Kiri	34	0,60	0,48	0,12	0,288	1,560	0,185	0,496
Jl. Puncak Borobudur Kiri 3	230	1,00	0,80	0,20	0,800	2,600	0,308	0,697
Jl. Sudimoro Kiri	44	1,20	0,80	0,20	0,960	2,800	0,343	0,749

Sumber: Perhitungan excel

Analisa ini dilakukan untuk dapat mengetahui kapasitas saluran drainase yang sudah ada terhadap debit rencana. Apabila kapasitas debit saluran drainase yang sudah ada lebih besar dari debit rencana, maka saluran drainase tersebut tidak perlu perubahan dimensi saluran, dan jika sebaliknya maka saluran drainase tersebut harus di evaluasi dan perencanaan ulang. Berikut kesimpulan yang dapat di lihat pada tabel berikut ini:

Tabel 22. Analisa kecukupan debit rencana (Q) terhadap debit aliran pada kapasitas saluran (Qs)

Nama Saluran	Sebelum Perencanaan			Sesudah Perencanaan		
	Qs (m ³ /dt)	Q (m ³ /dt)	Keterangan	Qs (m ³ /dt)	Q (m ³ /dt)	Keterangan
Jl. Terusan Sudimoro V Kanan	0,0419	0,0793	Tidak Memenuhi	0,0796	0,0793	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 1	0,0419	0,1341	Tidak Memenuhi	0,1427	0,1341	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro IV Kiri	0,0796	0,1035	Tidak Memenuhi	0,1101	0,1035	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro IV Kanan	0,1427	0,1081	Memenuhi	0,1427	0,1081	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 2	0,0878	0,3848	Tidak Memenuhi	0,4052	0,3848	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro III Kanan	0,0321	0,1373	Tidak Memenuhi	0,1729	0,1373	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro III Kiri	0,0419	0,1253	Tidak Memenuhi	0,1427	0,1253	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 3	0,0321	0,6819	Tidak Memenuhi	0,7187	0,6819	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 4	0,0638	0,7347	Tidak Memenuhi	0,8118	0,7347	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro A Kanan 5	0,0518	0,8107	Tidak Memenuhi	0,8118	0,8107	Memenuhi
Jl. Sudimoro A Kanan	0,2659	1,0197	Tidak Memenuhi	1,2341	1,0197	Memenuhi
Jl. Sudimoro Kanan	0,1427	1,1335	Tidak Memenuhi	1,2363	1,1335	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 1	0,0419	0,0311	Memenuhi	0,0419	0,0311	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 2	0,0419	0,0780	Tidak Memenuhi	0,0878	0,0780	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 3	0,0419	0,0594	Tidak Memenuhi	0,0638	0,0594	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro II Kanan	0,0419	0,1553	Tidak Memenuhi	0,1770	0,1553	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro II Kiri	0,0638	0,1303	Tidak Memenuhi	0,1398	0,1303	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro B Kiri 4	0,0321	0,1680	Tidak Memenuhi	0,1770	0,1680	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro I Kanan	0,0225	0,1361	Tidak Memenuhi	0,1427	0,1361	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro I Kiri	0,0518	0,0342	Memenuhi	0,0518	0,0342	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro C Kanan	0,0125	0,1330	Tidak Memenuhi	0,1427	0,1330	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro C Kiri	0,0321	0,1741	Tidak Memenuhi	0,1770	0,1741	Memenuhi
Jl. Perum Griya Shanta Blok H1 Kanan	0,0321	0,0352	Tidak Memenuhi	0,0484	0,0352	Memenuhi
Jl. Perum Griya Shanta Blok H Kanan	0,0321	0,1040	Tidak Memenuhi	0,1132	0,1040	Memenuhi
Jl. Puncak Borobudur Kiri 1	0,0321	0,0612	Tidak Memenuhi	0,0660	0,0612	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro VI Kiri	0,0321	0,0955	Tidak Memenuhi	0,1132	0,0955	Memenuhi
Jl. Terusan Sudimoro VI Kanan	0,0518	0,0335	Memenuhi	0,0518	0,0335	Memenuhi
Jl. Perum Griya Shanta Blok H Kanan	0,0518	0,0997	Tidak Memenuhi	0,1101	0,0997	Memenuhi
Jl. Puncak Borobudur Kiri 2	0,0518	0,0594	Tidak Memenuhi	0,0796	0,0594	Memenuhi
Jl. Perum Griya Shanta Blok H2 Kiri	0,0518	0,0919	Tidak Memenuhi	0,1427	0,0919	Memenuhi
Jl. Puncak Borobudur Kiri 3	0,1101	0,5274	Tidak Memenuhi	0,5572	0,5274	Memenuhi
Jl. Sudimoro Kiri	0,1101	0,6580	Tidak Memenuhi	0,7187	0,6580	Memenuhi

Sumber: Perhitungan excel

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi dan perencanaan ulang sistem drainase pada kawasan jalan Sudimoro Kota Malang, dengan menggunakan data-data yang sudah di dapat, maka kesimpulan yang dapat di ambil ialah:

- Adapun untuk kondisi eksisting pada kawasan jalan Terusan Sudimoro V Kanan dengan lebar saluran 0,3 m dan tinggi 0,4 m dengan debit kapasitas saluran sebesar 0,0419 m³/dt.

2. Dari perhitungan curah hujan rencana, maka curah hujan rencana terbesar ialah pada metode distribusi E.J Gumbel kala ulang 10 tahun sebesar 0,61336 m.
3. Dari perhitungan kapasitas saluran drainase pada kawasan jalan Sudimoro Kota Malang, dapat diketahui bahwa tidak semua saluran drainase yang ada dapat menampung debit banjir rencana, salah satu saluran drainase yang tidak dapat menampung debit banjir rencana yaitu jalan Terusan Sudimoro V Kanan. Dimana debit banjir rencana sebesar 0,0793 m³/dt.
4. Adapaun perubahan dimensi yang terjadi akibat debit banjir rencana pada jalan Terusan Sudimoro V Kanan, dimana kondisi eksisting dengan lebar 0,3 m dan tinggi 0,4 m, dan kondisi perencanaan ulang dengan lebar 0,4 m dan tinggi 0,48 m.

Saran

Berdasarkan hasil evaluasi dan perencanaan ulang sistem drainase pada kawasan jalan Sudimoro Kota Malang, maka saran yang dapat saya berikan ialah:

1. Perlunya pemeliharaan yang harus dilakukan secara berkala, untuk dapat mengatasi persoalan sedimentasi dan kerusakan dinding saluran yang ada. Agar saluran dapat berfungsi secara maksimal dengan semestinya.
2. Perlunya peran masyarakat sekitar untuk membuat sumur resapan di setiap rumah, agar debit buangan rumah tangga tidak sepenuhnya dialirkan langsung ke saluran drainase.

DAFTAR PUSTAKA

Chow, V.T.1985, Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta: Erlangga.

- Faisal, Muhammad, 2015, Evaluasi dan Perencanaan Drainase Di Jalan Soekarno Hatta Malang. Malang: Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.
- Gunadarma. 2007. Drainase Perkotaan
- Hasmar, Halim, 2002, Drainase Perkotaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- H.A. Hasmar, Halim, 2011, Drainase Terapan. Yogyakarta: UII Press
- Kamiana, I Made. 2011. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Soemarto, CD. 1987. Hidrologi Teknik. Surabaya: Usaha Nasional
- Soewarno, 1995, "Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data", Penerbit Nova, Bandung.
- Subarkah, Imam. 1980. Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air. Bandung: Idea Dharma
- Suripin, 2004, Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Yogyakarta: Andi Offset.
- Suryaman, Heri, 2013, Evaluasi Sitem Drainase Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo. Surabaya: Jurnal Pendidikan Teknik bangunan, Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya.
- Triatmodjo, Bambang, Hidrolika I, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang, Hidrolika II, Beta Offset, Yogyakarta.
- _____, SK Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12 /PRT/M/2014
<https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/261/drainase-berwawasan-lingkungan-atau-eko-drainase>
https://www.academia.edu/11412528/Tata_cara_perencanaan_umum_drainase_perkot