

# EVALUASI KINERJA SISTEM DRAINASE KAWASAN PERKOTAAN KECAMATAN TEMPEH KABUPATEN LUMAJANG

Yahya Prastyo Satwike (1510611018)

Dosen Pembimbing :

Dr. Ir. Noor Salim, M. Eng ; Rofi Budi Hamduwibawa, ST., MT  
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Jl.Karimata 49, Jember 68121, Indonesia  
Email : yahyaprastyosatwike@gmail.com

## RINGKASAN

Drainase merupakan sebuah sistem yang dibuat untuk menangani persoalan kelebihan air baik kelebihan air yang berada di atas permukaan tanah maupun air yang berada di bawah permukaan tanah. Kelebihan air dapat disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi atau akibat dari durasi hujan yang lama. Di kawasan perkotaan Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang terdapat permasalahan genangan air yang ditimbulkan curah hujan yang tinggi dan buruknya sistem drainase. Saluran drainase tersebut kerap ditumbuhi rumput karena kurangnya perawatan dan kepedulian warga untuk membersihkan saluran tersebut sehingga menyebabkan aliran air tidak sempurna. Berdasarkan hasil analisa dengan kala ulang 25 tahun, drainase yang ada dari total 22 saluran hanya 5 saluran yang mampu menampung debit air dan setelah diadakan perubahan sistem drainase (dengan jalan membuat sudetan) dari total 23 saluran hanya 7 saluran yang mampu menampung debit air. Ada 2 alternatif yang digunakan yaitu dengan diberi sudetan untuk mengurangi aliran air yang mengarah ke lokasi titik genangan dan melakukan perubahan dimensi saluran diperlebar maupun diperdalam. Evaluasi yang didasarkan pada kriteria sistem drainase kawasan yang ada didapatkan 66,79 % dapat berfungsi dengan baik. Sedangkan evaluasi yang didasarkan pada perubahan dari sistem yang ada menjadi sistem drainase baru, dan pembenahan serta penambahan kapasitas beberapa saluran dengan kala ulang 25 tahun, didapatkan 84,67 % dapat berfungsi dengan sangat baik.

**Kata kunci:** Drainase, genangan air, dan saluran.

## I. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Drainase merupakan sebuah sistem yang dibuat untuk menangani persoalan kelebihan air baik kelebihan air yang berada di atas permukaan tanah maupun air yang berada di bawah permukaan tanah. Kelebihan air dapat disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi atau akibat dari durasi hujan yang lama.

Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan pada suatu kawasan (Wesli, 2008).

Kabupaten Lumajang merupakan bagian dari wilayah provinsi Jawa Timur yang berbatasan langsung dengan Provinsi Jawa Tengah, mempunyai batas wilayah antara lain sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Malang, sebelah

utara berbatasan dengan Kabupaten Probolinggo, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Jember, dan sebelah selatan berbatasan dengan Samudra Hindia. Kabupaten Lumajang memiliki luas 179,1 km<sup>2</sup> yang secara geografi terletak pada 112<sup>o</sup>53' - 113<sup>o</sup>23' Bujur Timur dan 7<sup>o</sup>54' - 8<sup>o</sup>23' Lintang Selatan. Luas wilayah keseluruhan Kabupaten Lumajang terdiri dari daratan yang subur karena diapit oleh tiga gunung berapi yaitu: Gunung Semeru, Gunung Bromo, dan Gunung Lamongan.

Pada bulan Mei - Juli 2019 dilakukan penelitian sistem drainase di kawasan perkotaan, Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang. Pada saat terjadi curah hujan tinggi di kawasan perkotaan, Kecamatan Tempeh terjadi genangan air karena buruknya sistem drainase. Pada hal ini kesadaran masyarakat untuk menjaga kebersihan di kawasan perkotaan, Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang masih sangat kurang terlihat masih banyaknya sampah di saluran drainase. Saluran drainase tersebut kerap ditumbuhi rumput karena kurang perawatan dan kepedulian warga untuk membersihkan saluran. Ditambah lagi kurangnya lubang buangan air genangan ke saluran existing dari jalan sehingga genangan air dari jalan tidak tersalurkan ke saluran drainase jalan.

Maka dari itu permasalahan tersebut perlu dilakukan evaluasi kondisi sistem drainase yang mengalir ke kawasan perkotaan di Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang tersebut agar diketahui permasalahan sesungguhnya yang menyebabkan terjadinya genangan air serta perlu adanya pemeliharaan drainase dari

sampah dan endapan yang terjadi agar drainase dapat menyalurkan air dengan baik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, maka dapat identifikasikan beberapa permasalahan. Adapun permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana permasalahan sistem drainase yang ada di kawasan perkotaan, Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang?
2. Berapa hasil perbandingan debit banjir rencana sebelum dan sesudah disudet yang mengalir ke saluran utama?
3. Berapa besar kemampuan penampang sistem saluran drainase kawasan perkotaan di Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang pada kondisi eksisting dan setelah diadakan perubahan sistem (dengan jalan membuat sudetan)?
4. Bagaimana perbandingan kinerja sistem drainase terhadap besar kemampuan saluran drainase dalam menampung debit banjir dan kerusakan di kawasan perkotaan, Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang yang existing dan untuk kala ulang 25 tahun?

## 1.3 Manfaat

2. Memberikan informasi terbaru bagi mahasiswa/mahasiswi Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember.
3. Menambah wawasan dan pengalaman bagi mahasiswa/mahasiswi Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember.

## II. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Drainase Perkotaan

Drainase perkotaan/terapan adalah ilmu drainase yang diterapkan mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan kota.

Drainase kawasan/terapan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari suatu kawasan yang meliputi:

1. Permukiman;
2. Kawasan industri dan perdagangan;
3. Kampus dan sekolah;
4. Rumah sakit dan fasilitas umum;
5. Lapangan olahraga;
6. Lapangan parkir;
7. Instalasi militer, listrik, telekomunikasi;
8. Pelabuhan udara.

Kriteria desain drainase perkotaan memiliki kekhususan, sebab untuk perkotaan ada tambahan variabel desain seperti:

1. Keterkaitan dengan tata guna lahan;
2. Keterkaitan dengan masterplan drainase kota;
3. Keterkaitan dengan masalah sosial budaya.

### 2.2 Fungsi Drainase

- a. Mengeringkan bagian wilayah kota yang permukaannya rendah dari genangan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif berupa kerusakan infrastruktur kota dan harta benda milik masyarakat.
- b. Mengalirkan kelebihan air permukaan ke badan air terdekat secepatnya agar tidak membanjiri/menggenangi kota yang dapat merusak selain harta benda

masyarakat juga infrastruktur perkotaan.

c. Mengendalikan sebagian air permukaan akibat hujan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.

d. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah.

(H.A. Halim Hasmar 2012 : 1)

### 2.3 Metode Thiessen

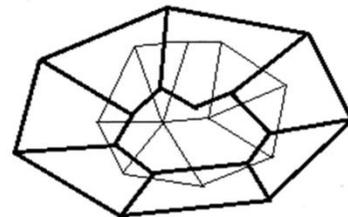
Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*) dihitung dengan cara memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos terdekat (Suripin: 2004).

Cara Thiessen:

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

- R = curah hujan daerah  
R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>n</sub> = curah hujan di tiap pos pengamatan  
A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>n</sub> = luas daerah tiap pos pengamatan



## III. Metode Penelitian

### 3.1 Lokasi Penelitian

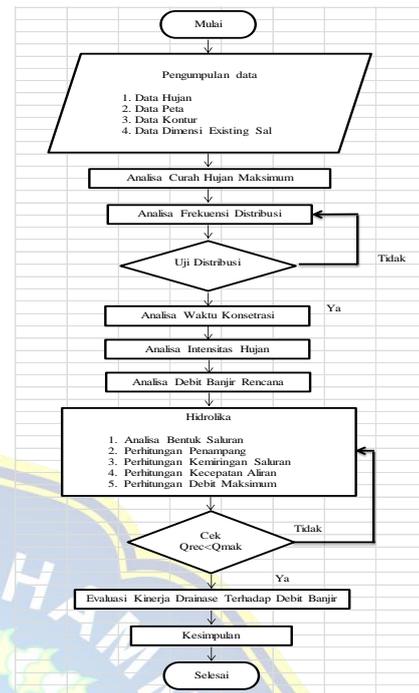
Lokasi penelitian ini dilakukan di kawasan perkotaan, Kecamatan Tempeh, Kabupaten

Lumajang. Sampel penelitian ini adalah sistem drainase yang berada di kawasan perkotaan, Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang. Pada gambar 3.1 garis berwarna merah merupakan sistem drainase kawasan perkotaan di Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang sebagai objek penelitian ini.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Sistem Drainase Kawasan Perkotaan Kecamatan Tempeh

### 3.2 Kerangka Penelitian



## IV. Pembahasan

### 4.1 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi diperlukan untuk menentukan besarnya curah hujan rencana serta banjir rencana dalam periode ulang tertentu. Dalam sistem drainase di kawasan pasar Tempeh direncanakan curah hujan rancangan dengan periode ulang 10 tahun (R10) dan debit banjir dengan periode ulang 10 tahun (Q10).

Data hujan tahun 2009 :

R1 (Stasiun hujan Tempeh Lor) = 44 mm, luasan  $A_1 = 18,63$  Ha

R2 (Stasiun hujan Kedungwringin) = 55 mm, luasan  $A_2 = 6,52$  Ha

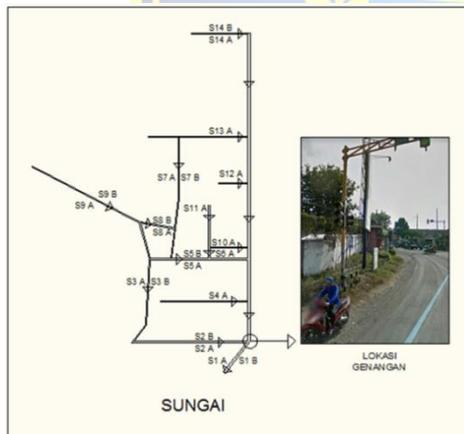
R3 (Stasiun hujan Tempeh Kidul) = 60 mm, luasan  $A_3 = 24,85$  Ha

$$CH = \frac{R_1 \times 1A + R_n \times An}{A_1 + An}$$

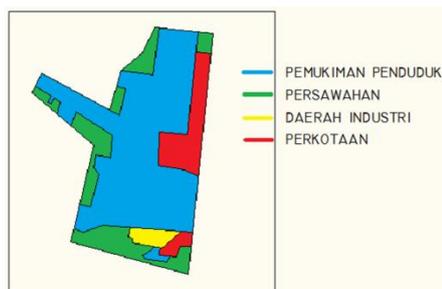
Dengan:

$R_1$  = curah hujan di stasiun Tempeh Lor, **44 mm**

$R_2$  = curah hujan di stasiun Kedungwringin, **55 mm**



Gambar 3.2 Lokasi Genangan dan Arah Aliran Air



Gambar 3.4 Peta Tata Guna Lahan

$R_3$  = curah hujan di stasiun Tempeh Kidul, **60 mm**

$A_1$  = luas areal poligon stasiun Tempeh Lor, **18,63 Ha**

$A_2$  = luas areal poligon stasiun Kedungwringin, **6,52 Ha**

$A_3$  = luas areal poligon stasiun Tempeh Kidul, **24,85 Ha**

$$= \frac{44 \times 18,63 + 55 \times 6,52 + 60 \times 24,85}{18,63 + 6,52 + 24,85}$$

$$= 53,38 \text{ mm}$$

Tabel 4.1 Curah Hujan Rata-Rata Daerah Metode Polygon Thiessen

No	Tahun	STASIUN CURAH HUJAN (mm)			Curah Hujan Rata-Rata Daerah (mm) R
		Tempeh Lor 18.63	Kedungwringin 6.52	Tempeh Kidul 24.85	
1	2009	44.0	55.0	60.0	53.4
2	2010	125.0	98.0	134.0	126.0
3	2011	111.0	132.0	83.0	99.8
4	2012	82.0	132.0	80.0	87.5
5	2013	122.0	70.0	109.0	108.8
6	2014	51.0	90.0	65.0	63.0
7	2015	98.0	62.0	82.0	85.4
8	2016	146.0	165.0	98.0	124.6
9	2017	86.0	92.0	116.0	101.7
10	2018	110.0	180.0	175.0	151.4

Sumber : Data dan Hasil Perhitungan

#### 4.1.1 Analisa Frekuensi dan Distribusi Curah Hujan Rencana

Analisa frekuensi bertujuan untuk memilih metode distribusi curah hujan rancangan dari berbagai metode yang ada. Dalam contoh perhitungan analisa frekuensi dipakai pada tahun 2009, dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut pada halaman berikutnya:

Kolom 3= ( $R_i$ ) curah hujan harian maksimum tahun 2009, 53,39 mm

Kolom 4 = ( $P$ ) plotting =  $[(m/(n+1))] \times 100$

$$= [1/(10+1) \times 100] = 9,09\%$$

Kolom 5 =  $R_i - R(\text{rerata})$   
 $= 53,39 - 100,159 = -46,77$

Kolom 6 =  $(R_i - R(\text{rerata}))^2$   
 $= -46,77^2 = 2187,67$

Kolom 7 =  $(R_i - R(\text{rerata}))^3$   
 $= -46,77^3 = -102.322,91$

Kolom 8 =  $(R_i - R(\text{rerata}))^4$   
 $= -46,77^4 = 4.785.902,2$

Tabel 4.2 Metode Pemilihan Analisa Distribusi Frekuensi Data Hujan

No	Tahun	$R_i$	$P$	$(R_i - R)$	$(R_i - R)^2$	$(R_i - R)^3$	$(R_i - R)^4$
1	2009	53,39	9,09	-46,77	2187,67	-102322,91	4785902,2
2	2010	126,00	18,18	25,79	665,29	17301,09	450113,8
3	2011	99,80	27,27	-9,18	84,29	-704,82	6421,2
4	2012	87,50	36,36	-22,60	510,76	-2061,11	24403,3
5	2013	108,80	45,45	1,60	2,56	4,096	6,5536
6	2014	63,00	54,55	-17,12	293,09	-5128,18	187929,8
7	2015	85,40	63,64	-18,80	353,44	-6585,92	123879,9
8	2016	124,60	72,73	21,46	461,53	9918,99	213088,6
9	2017	101,70	81,82	1,53	2,33	3,60	5,5
10	2018	151,40	90,91	51,27	2628,03	134810,50	6911784,7
Σ =		1001,59			7913,16	8527,01	14475049,9
Rata-rata =							
Cv =							
Cs =							
Ck =							

Sumber: Hasil Perhitungan

#### Standart Deviasi(S)

$$= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R(\text{rerata}))^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{7913,16}{10-1}} = 29,652$$

#### Koef Sweekness (Cs)

$$= \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (R_i - R)^3$$

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2)29,652^3} \times (8527,01)^3$$

$$= 0,045$$

#### Koefisien Kourtosis (Ck)

$$= \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - R)^4}{s^4}$$

$$= \frac{\frac{1}{10} \times 14475049,9}{29,652^4} = -0,25$$

#### 4.1.2 Log Person Tipe III

Langkah langkah perhitungan distribusi Log Person Tipe III sebagai berikut :

Kolom 3 = Data hujan maksimum hujan tahun 2009

Kolom 4 = Log X  
 $= \text{Log } 53,39 = 1,727$

Kolom 5 =  $(\text{Log X} - \text{Log X})$   
 $= (1,727 - 1,982) = -0,255$

Kolom 6 =  $(\text{Log X} - \text{Log X})^2$   
 $= (1,727 - 1,982)^2 = 0,065$

Kolom 7 =  $(\text{Log X} - \text{Log X})^3$   
 $= (1,727 - 1,982)^3 = -0,016$

Tabel 4.3 Hasil perhitungan distribusi log Person tipe III

No	Tahun	R (mm)	LogR	Log R - Log Rr	(Log R - Log Rr) <sup>2</sup>	(Log R - Log Rr) <sup>3</sup>
1	2009	53.4	1.727	-0.255	0.065	-0.016
2	2010	126.0	2.100	0.118	0.014	0.002
3	2011	99.8	1.999	0.017	0.000	0.000
4	2012	87.5	1.942	-0.040	0.002	0.000
5	2013	108.8	2.036	0.055	0.003	0.000
6	2014	63.0	1.800	-0.182	0.033	-0.006
7	2015	85.4	1.931	-0.051	0.003	0.000
8	2016	124.6	2.096	0.114	0.013	0.001
9	2017	101.7	2.007	0.025	0.001	0.000
10	2018	151.4	2.180	0.198	0.039	0.008
Σ =		10				
Jumlah			19.819	0.000	0.172	-0.012
Rata-rata			Log Rr	1.982		

Sumber : hasil perhitungan

Dari perhitungan nilai S dan G didapat dari rumus sebagai berikut :

$$S = \left( \frac{\sum (\log X - \log X)^2}{n-1} \right)^{0,5}$$

$$S = \left( \frac{0,172}{10-1} \right)^{0,5} = 0,1384$$

$$G = \frac{\sum (\log X - \log X)^3}{(n-1)(n-2) \times s^3}$$

$$G = \frac{-0,012}{(10-1)(10-2) \times 0,1384^3} = -0,6102$$

Dengan Koefisien kemencengan  $G = -0,6102$ , maka harga K untuk periode T ulang 10 tahun Diperoleh K antara 1,27-1,282 perhitungan K dengan kala ulang 10 tahun dijelaskan dihalaman berikut.

Data : Koef G (Y) = -0.6102  
 Batas atas koefisien G (A) = 0  
 Batas bawah koef G (C) = -0,1  
 Batas atas K (B) = 1,270  
 Batas bawah K (D) = 1,282

Nilai K dicari dengan interpolasi dengan rumus:  
 Koef G Koef K  
 A = 0 B = 1,270  
 Y = -0.6102 K = ?  
 C = -0.1 D = 1,282  
 $K = B + ((Y-A)/((C-A)) \times (D-B))$   
 $= 1,270 + ((-0,6102-0)/((-0,1-0)) \times (1,282-1,270))$   
 K = 1,2088

Hasil interpolasi untuk mencari nilai K dari Tabel nilai K distribusi log person III maka dapat dilihat pada tabel 4.4 interpolasi nilai K.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Nilai K Untuk Distribusi Log Person Tipe III

Kala Ulang	G	Dari Tabel		K
		Koef	% pejuang	
2	-0.6102	0.00	0	0.1037
		-0.10	0.017	
5	-0.6102	0.00	0.842	0.8054
		-0.10	0.836	
10	-0.6102	0.00	1.282	1.2088
		-0.10	1.270	
25	-0.6102	0.00	1.751	1.5374
		-0.10	1.716	
50	-0.6102	0.00	2.054	1.7245
		-0.10	2.000	
100	-0.6102	0.00	2.326	1.8744
		-0.10	2.252	

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan logaritma curah hujan rancangan dengan periode T menggunakan rumus :

$$\log XT_{10 \text{ tahun}} = \log X_{\text{rerata}} + (K \times S)$$

$$\log XT_{10 \text{ tahun}} = 1,98 + (1,2088 \times 0,1384) = 2,15$$

$$XT_{10 \text{ tahun}} = 141,01 \text{ mm}$$

Tabel 4.5 Analisa Probabilitas Hujan Dengan Distribusi Log Person III

No	Kala Ulang (tahun)		Log X	K	S	Log Xi	Hujan Rancangan (mm)	
	1	2					1	2
1	2	5	1.982	0.1037	0.1384	1.9963	99.1517	123.9962
2	5	10	1.982	0.8054	0.1384	2.0954	141.0058	156.5748
3	10	25	1.982	1.2088	0.1384	2.1492	166.1922	174.3269
4	25	50	1.982	1.5374	0.1384	2.2206		
5	50	100	1.982	1.8744	0.1384	2.2414		

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.3 Perhitungan Waktu Konsentrasi Perhitungan waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$T_c = 0,0195 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77}$$

Dengan :

$T_c$  = Waktu konsentrasi  
 L = Panjang jarak dari tempat terjauh di daerah aliran sampai tempat pengamatan banjir di Saluran 1A ( 1406 m )

$\Delta H$  = Selisih ketinggian antara tempat terjauh dan tempat pengamatan disaluran A

S = Perbandingan selisih tinggi antara tempat terjauh dan tempat pengamatan terhadap L, yaitu  $\Delta H : L$ , atau sama dengan kemiringan rata-rata dari daerah aliran.

$$= 21 / 1406 = 0,0149$$

$$T_c = 0,0195 \left( \frac{1406}{\sqrt{0,0149}} \right)^{0,77}$$

$$T_c = 26,11 \text{ menit}$$

$$T_c = 0,435 \text{ jam}$$

4.1.4 Perhitungan Intensitas Hujan Rata-Rata

Intensitas Hujan (mm/jam) dapat diturunkan dari data cuah hujan harian (mm) empiris menggunakan metode mononobe, intensitas curah hujan (I) dalam

rumus rasional dapat dihitung berdasarkan rumus (loebis 1992):

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

Dengan:

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

R<sub>24</sub>=curah hujan rancangan setempat

Curah hujan rancangan 100 tahun = 174,33 mm

T = lama curah hujan ( 0,435 jam )

$$I = \frac{174,33}{24} \left(\frac{24}{0,435}\right)^{2/3} = 105,23 \text{ mm/jam}$$

#### 4.1.5 Koefisien Tata Guna Lahan

Berdasarkan fungsi tata guna lahan, maka koefisien tata guna lahan di saluran 1A sebagai berikut :

Pemukiman Penduduk 0,40, dengan luasan 0,32 (Km<sup>2</sup>)

Persawahan 0,45, dengan luasan 0,06 (Km<sup>2</sup>)

Daerah Industri 0,60, dengan luasan 0,01 (Km<sup>2</sup>)

Perkotaan 0,70, dengan luasan 0,08 (Km<sup>2</sup>)

Dengan menggunakan rumus C<sub>DAS</sub> sebagai Berikut :

$$C_{DAS} = \frac{0,32 \times 0,40 + 0,06 \times 0,45 + 0,01 \times 0,60 + 0,08 \times 0,70}{0,32 + 0,06 + 0,01 + 0,08} = 0,464$$

#### 4.1.6 Debit Rencana

Persamaan Metode Rasional dengan contoh perhitungan pada saluran 1A sebagai berikut :

Dengan:

Q=Debit banjir maksimum (m<sup>3</sup>/dtk)

C=koefisien pengaliran/limpasan tata guna lahan = 0,464

I=intensitas curah hujan rata-rata (mm/jam)

Itensitas hujan rancangan 25 tahun = 94,511 mm/jam

A=luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>) luas daerah DAS saluran 1A = 0,065 km<sup>2</sup>

$$Q = 0,2778 \cdot C \cdot I \cdot A = 0,2778 \cdot 0,464 \cdot 94,51 \cdot 0,065 = 0,7956 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Tabel 4.6 Debit Rencana Untuk Kala Ulang 25 Tahun (Existing)

No	Nama Saluran	Panjang (m)	A (km <sup>2</sup> )	Koefisien Runoff (C)	Waktu Konsentrasi (t, menit)	Intensitas Hujan (mm/jam)	Debit (m <sup>3</sup> /detik)
1	Sal 1 A	1496	0,0741	0,464	26,11579364	94,5113	0,9028
2	Sal 1 B	1496	0,0655	0,464	26,11579364	94,5113	0,7980
3	Sal 2 A	346	0,0098	0,464	7,80413884	298,8372	0,2651
4	Sal 3 B	346	0,0063	0,464	7,80413884	298,8372	0,1819
5	Sal 3 A	374	0,0293	0,464	8,636515693	197,6332	0,7465
6	Sal 3 B	374	0,0087	0,464	8,636515693	197,6332	0,1452
7	Sal 4 A	306	0,0278	0,464	5,820632346	264,3777	0,9474
8	Sal 5 A	306	0,0077	0,464	5,970942887	252,7690	0,2599
9	Sal 6 B	306	0,0033	0,464	6,091570764	282,5736	0,0341
10	Sal 6 A	28	0,0003	0,464	0,915170764	882,5736	0,0341
11	Sal 7 A	350	0,0088	0,464	16,92129664	126,2206	0,1106
12	Sal 7 B	350	0,0185	0,464	16,92129664	126,2206	0,2522
13	Sal 8 A	99	0,0048	0,464	3,613070764	398,7382	0,2467
14	Sal 8 B	99	0,0285	0,464	3,613070764	398,7382	1,4620
15	Sal 9 A	391	0,0287	0,464	7,163587591	223,8714	0,8283
16	Sal 9 B	391	0,0293	0,464	7,163587591	223,8714	0,8436
17	Sal 10 A	119	0,0018	0,464	3,188597261	384,0189	0,0891
18	Sal 11 A	125	0,01	0,464	3,021120209	398,0801	0,1053
19	Sal 12 A	94	0,011	0,464	2,173729265	495,7730	0,7030
20	Sal 13 A	303	0,0052	0,464	6,77225984	232,4129	1,9534
21	Sal 14 A	176	0,0194	0,464	4,116217275	323,9069	0,3101
22	Sal 14 B	176	0,009	0,464	4,116217275	323,9069	0,1578

Tabel 4.7 Debit Rencana Untuk Kala Ulang 25 Tahun (Setelah Perubahan Sistem)

No	Nama Saluran	Panjang (m)	A (km <sup>2</sup> )	Koefisien Runoff (C)	Waktu Konsentrasi (t, menit)	Intensitas Hujan (mm/jam)	Debit (m <sup>3</sup> /detik)
1	Sal 1 A	1496	0,0653	0,464	26,11579364	94,5113	0,7956
2	Sal 1 B	1496	0,0655	0,464	26,11579364	94,5113	0,7980
3	Sal 2 A	346	0,0042	0,464	4,61549326	298,8372	0,5405
4	Sal 3 A	346	0,0044	0,464	7,80413884	298,8372	0,1190
5	Sal 3 B	346	0,0063	0,464	7,80413884	298,8372	0,1819
6	Sal 4 A	374	0,0290	0,464	8,636515693	197,6332	0,7465
7	Sal 4 B	374	0,0297	0,464	8,636515693	197,6332	0,1452
8	Sal 5 A	306	0,0278	0,464	5,820632346	264,3777	0,9474
9	Sal 6 A	306	0,0077	0,464	5,970942887	252,7690	0,2599
10	Sal 6 B	306	0,0033	0,464	6,091570764	282,5736	0,0341
11	Sal 7 A	350	0,0088	0,464	16,92129664	126,2206	0,1106
12	Sal 7 B	350	0,0185	0,464	16,92129664	126,2206	0,2522
13	Sal 8 A	99	0,0048	0,464	3,613070764	398,7382	0,2467
14	Sal 8 B	99	0,0285	0,464	3,613070764	398,7382	1,4620
15	Sal 9 A	391	0,0287	0,464	7,163587591	223,8714	0,8283
16	Sal 9 B	391	0,0293	0,464	7,163587591	223,8714	0,8436
17	Sal 10 A	119	0,0018	0,464	3,188597261	384,0189	0,0891
18	Sal 11 A	125	0,01	0,464	3,021120209	398,0801	0,1053
19	Sal 12 A	94	0,011	0,464	2,173729265	495,7730	0,7030
20	Sal 13 A	303	0,0052	0,464	6,77225984	232,4129	1,9534
21	Sal 14 A	176	0,0194	0,464	4,116217275	323,9069	0,3101
22	Sal 14 B	176	0,009	0,464	4,116217275	323,9069	0,1578

## 4.2 Analisa Hidrolika

### 4.2.1 Perencanaan Dimensi Saluran Persegi

Untuk menghitung debit maksimum pada saluran melihat arah aliran dari saluran maka saat suatu aliran mendapat aliran saluran lain maka ditambahkan terlebih dahulu debit aliran saluran sebelumnya.

Tabel 4.8 Perencanaan Dimensi Saluran Existing Persegi (Sebelum Perubahan Sistem)

No	Nama Saluran	b (m)	v (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	s	t (s)	V (m/s)	Fr	Q <sub>dal</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>ec</sub> (m <sup>3</sup> /s)	T <sub>total</sub> (s)	
1	Sal 1 A	1,1	0,67	0,36	2,36	0,29	0,025	0,01	2,1927	0,087	1,097	13,071	Dirubah dimensi	
2	Sal 1 B	0,7	0,57	0,29	2,24	0,30	0,025	0,01	1,8778	0,076	0,824	0,780	Dirubah dimensi	
3	Sal 2 A	0,48	0,34	0,09	1,14	0,32	0,025	0,02	1,5706	0,042	0,252	0,261	Dirubah dimensi	
4	Sal 2 B	0,42	0,41	0,24	1,41	0,17	0,025	0,02	1,5405	0,094	0,176	2,870	Dirubah dimensi	
5	Sal 3 A	0,5	0,52	0,13	2,26	0,19	0,02	0,02	2,2895	0,052	0,433	1,749	Dirubah dimensi	
6	Sal 3 B	0,66	0,32	0,06	0,15	1,11	0,32	0,02	0,02	0,779	1,207	0,275	0,968	Dirubah dimensi
7	Sal 4 A	0,38	0,40	0,11	1,16	1,24	0,32	0,017	0,05	4,0138	1,204	0,030	0,943	Dirubah dimensi
8	Sal 5 A	1,2	0,35	0,06	0,42	1,9	0,21	0,025	0,03	2,4638	1,687	1,103	0,942	Dirubah dimensi
9	Sal 6 A	0,7	0,68	0,17	0,48	2,06	0,21	0,02	0,03	3,4038	1,179	1,021	1,000	Dirubah dimensi
10	Sal 6 B	0,69	0,27	0,07	0,24	1,44	0,69	0,02	0,04	2,085	1,759	0,712	1,573	Dirubah dimensi
11	Sal 7 A	0,4	0,21	0,05	0,08	0,82	0,32	0,023	0,06	0,9308	0,945	0,942	1,823	Dirubah dimensi
12	Sal 7 B	0,34	0,37	0,09	0,13	1,08	0,16	0,023	0,06	0,9543	0,269	0,697	0,222	Dirubah dimensi
13	Sal 8 A	0,36	0,13	0,03	0,05	0,62	0,075	0,016	0,02	1,5866	1,489	0,745	0,247	Dirubah dimensi
14	Sal 8 B	0,32	0,12	0,03	0,04	0,59	0,075	0,016	0,02	1,528	1,063	0,643	1,450	Dirubah dimensi
15	Sal 9 A	1,05	0,62	0,16	0,71	2,39	0,20	0,025	0,03	2,2664	1,504	2,518	0,283	Dirubah dimensi
16	Sal 9 B	0,87	0,36	0,14	0,49	1,99	0,25	0,025	0,03	2,8844	1,278	1,907	0,846	Dirubah dimensi
17	Sal 10 A	0,27	0,07	0,03	0,24	1,44	0,69	0,02	0,03	2,4243	1,486	0,991	0,621	Dirubah dimensi
18	Sal 11 A	0,46	0,17	0,04	0,18	0,88	0,03	0,03	0,03	1,265	0,978	0,989	1,263	Dirubah dimensi
19	Sal 12 A	0,23	0,24	0,06	0,06	0,71	0,079	0,025	0,02	1,1075	0,713	0,611	1,954	Dirubah dimensi
20	Sal 13 A	0,4	0,22	0,06	0,09	0,84	0,05	0,02	0,03	1,8728	1,248	0,1648	0,801	Dirubah dimensi
21	Sal 14 A	0,4	0,3	0,08	0,12	1	0,20	0,025	0,03	1,6402	0,991	0,968	0,759	Dirubah dimensi

Tabel 4.9 Perencanaan Dimensi Saluran Baru Persegi

No	Nama Saluran	b (m)	v (m)	y (m)	H (garam) (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	n	l (m)	V (m <sup>3</sup> )	Fr	Qsal (m <sup>3</sup> /s)	Qreq (m <sup>3</sup> /s)
1	Sal 1 A	2.1	1.7	0.43	1.57	5.5	6.619	0.83	0.01	5.6648	0.9070	13.0832	13.0170	
2	Sal 1 B	0.9	0.57	0.14	0.51	2.04	2.251	0.92	0.01	1.9476	0.8236	0.9991	0.7980	
3	Sal 2 A	0.5	0.35	0.09	0.18	1.2	1.346	0.89	0.02	1.1763	0.8307	0.2759	0.2651	
4	Sal 2 B	1.2	0.86	0.22	1.03	2.93	3.253	0.92	0.02	2.8440	0.9730	2.6520	2.6870	
5	Sal 3 A	0.8	0.75	0.19	0.60	2.3	2.261	0.92	0.02	2.7928	1.0206	1.6737	1.5748	
6	Sal 3 B	0.75	0.6	0.02	0.45	1.95	2.231	0.92	0.02	2.5736	1.0608	1.1281	0.9988	
7	Sal 4 A	0.38	0.33	0.13	0.31	1.64	1.817	0.91	0.03	3.3287	1.4298	1.0232	0.9474	
8	Sal 5 B	1	0.8	0.02	0.80	2.4	2.508	0.92	0.02	4.1396	1.4709	2.2077	2.0900	
9	Sal 7 A	1.5	1	0.25	1.50	3.5	4.429	0.92	0.02	1.3211	0.4210	1.9816	1.8223	
10	Sal 7 B	0.64	0.57	0.14	0.36	1.78	2.205	0.92	0.02	0.8078	0.3448	0.2947	0.2522	
11	Sal 8 A	0.56	0.23	0.06	0.13	1.02	1.126	0.92	0.02	2.2529	1.4883	0.2880	0.2467	
12	Sal 8 B	0.7	0.67	0.17	0.47	2.04	2.230	0.92	0.02	3.3338	1.3004	1.5636	1.4650	
13	Sal 10 A	0.9	0.7	0.01	0.27	1.5	1.830	0.92	0.02	2.5289	1.4752	0.6833	0.6023	
14	Sal 11 A	0.8	0.6	0.15	0.48	2	2.240	0.92	0.02	2.3028	0.9402	1.054	1.0263	
15	Sal 13 A	0.9	0.84	0.21	0.76	2.58	2.292	0.92	0.02	2.4822	0.9544	2.0277	1.9534	
16	Sal 14 A	0.7	0.42	0.11	0.29	1.54	1.891	0.92	0.02	2.7942	1.3765	0.8215	0.8101	
17	Sal 14 B	0.6	0.35	0.09	0.21	1.3	1.362	0.92	0.02	1.9997	1.0782	0.4159	0.3758	

Tabel 4.10 Perencanaan Dimensi Saluran Existing Trapezium

No	Nama Saluran	b (m)	v (m)	n (m)	T (m)	H (garam) (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	n	l (m)	V (m <sup>3</sup> )	Qsal (m <sup>3</sup> /s)	Qreq (m <sup>3</sup> /s)	Tindakan	
1	Sal 12 A	0.5	0.38	0.3	1.0	0.0	0.60	1.0	0.461	0.025	0.04	4.785	2.474	2.868	0.789	Temp Drainase

Setelah Diadakan Perubahan sistem drainase (dengan jalan Membuat sudetan) dari sebelumnya 22 saluran menjadi 23 saluran

Tabel 4.11 Perencanaan Dimensi Saluran Existing Persegi (Setelah Perubahan Sistem)

No	Nama Saluran	b (m)	v (m)	y (m)	H (garam) (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	n	l (m)	V (m <sup>3</sup> )	Fr	Qsal (m <sup>3</sup> /s)	Qreq (m <sup>3</sup> /s)	Tindakan
1	Sal 1 A	2.1	1.7	0.43	1.57	5.5	6.619	0.83	0.01	5.6648	0.9070	13.0832	13.0170		Diambil drainase
2	Sal 1 B	0.9	0.57	0.14	0.51	2.04	2.251	0.92	0.01	1.9476	0.8236	0.9991	0.7980		Diambil drainase
3	Sal 2 A	0.5	0.35	0.09	0.18	1.2	1.346	0.89	0.02	1.1763	0.8307	0.2759	0.2651		Temp Drainase
4	Sal 2 B	1.2	0.86	0.22	1.03	2.93	3.253	0.92	0.02	2.8440	0.9730	2.6520	2.6870		Diambil drainase
5	Sal 3 A	0.8	0.75	0.19	0.60	2.3	2.261	0.92	0.02	2.7928	1.0206	1.6737	1.5748		Diambil drainase
6	Sal 3 B	0.75	0.6	0.02	0.45	1.95	2.231	0.92	0.02	2.5736	1.0608	1.1281	0.9988		Diambil drainase
7	Sal 4 A	0.38	0.33	0.13	0.31	1.64	1.817	0.91	0.03	3.3287	1.4298	1.0232	0.9474		Temp Drainase
8	Sal 5 B	1	0.8	0.02	0.80	2.4	2.508	0.92	0.02	4.1396	1.4709	2.2077	2.0900		Temp Drainase
9	Sal 7 A	1.5	1	0.25	1.50	3.5	4.429	0.92	0.02	1.3211	0.4210	1.9816	1.8223		Temp Drainase
10	Sal 7 B	0.64	0.57	0.14	0.36	1.78	2.205	0.92	0.02	0.8078	0.3448	0.2947	0.2522		Diambil drainase
11	Sal 8 A	0.56	0.23	0.06	0.13	1.02	1.126	0.92	0.02	2.2529	1.4883	0.2880	0.2467		Diambil drainase
12	Sal 8 B	0.7	0.67	0.17	0.47	2.04	2.230	0.92	0.02	3.3338	1.3004	1.5636	1.4650		Diambil drainase
13	Sal 10 A	0.9	0.7	0.01	0.27	1.5	1.830	0.92	0.02	2.5289	1.4752	0.6833	0.6023		Diambil drainase
14	Sal 11 A	0.8	0.6	0.15	0.48	2	2.240	0.92	0.02	2.3028	0.9402	1.054	1.0263		Temp Drainase
15	Sal 13 A	0.9	0.84	0.21	0.76	2.58	2.292	0.92	0.02	2.4822	0.9544	2.0277	1.9534		Temp Drainase
16	Sal 14 A	0.7	0.42	0.11	0.29	1.54	1.891	0.92	0.02	2.7942	1.3765	0.8215	0.8101		Diambil drainase
17	Sal 14 B	0.6	0.35	0.09	0.21	1.3	1.362	0.92	0.02	1.9997	1.0782	0.4159	0.3758		Diambil drainase

Tabel 4.12 Perencanaan Dimensi Saluran Baru Persegi

No	Nama Saluran	b (m)	v (m)	y (m)	H (garam) (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	n	l (m)	V (m <sup>3</sup> )	Fr	Qsal (m <sup>3</sup> /s)	Qreq (m <sup>3</sup> /s)
1	Sal 1 A	2.1	1.5	0.38	3.00	5	6.600	0.825	0.01	3.4776	0.9066	10.4328	10.3564	
2	Sal 1 B	0.9	0.57	0.14	0.51	2.04	2.251	0.92	0.01	1.9476	0.8236	0.9991	0.7980	
3	Sal 2 A Sudetan	0.8	0.75	0.19	0.60	2.3	2.261	0.914	0.04	5.6789	2.0897	3.4026	3.1121	
4	Sal 3 B	0.8	0.6	0.15	0.48	2	2.240	0.925	0.02	2.1972	0.9957	1.0547	0.9818	
5	Sal 4 A	0.8	0.75	0.19	0.60	2.3	2.261	0.92	0.02	2.7928	1.0206	1.6737	1.5748	
6	Sal 4 B	0.75	0.6	0.02	0.45	1.95	2.231	0.92	0.02	2.5736	1.0608	1.1281	0.9988	
7	Sal 5 A	0.38	0.33	0.13	0.31	1.64	1.817	0.917	0.03	3.3287	1.4298	1.0232	0.9474	
8	Sal 6 B	0.9	0.8	0.02	0.76	2.5	2.288	0.92	0.03	3.9419	1.4071	2.8402	2.7098	
9	Sal 8 A	1.5	1	0.25	1.50	3.5	4.429	0.923	0.06	1.3211	0.4210	1.9816	1.8223	
10	Sal 10 B	0.64	0.57	0.14	0.36	1.78	2.205	0.925	0.08	0.8078	0.3448	0.2947	0.2522	
11	Sal 9 A	0.56	0.23	0.06	0.13	1.02	1.126	0.916	0.02	2.2529	1.4883	0.2880	0.2467	
12	Sal 9 B	0.7	0.67	0.17	0.47	2.04	2.230	0.916	0.02	3.3338	1.3004	1.5636	1.4650	
13	Sal 11 A	0.9	0.7	0.01	0.27	1.5	1.830	0.92	0.03	2.5289	1.4752	0.6833	0.6023	
14	Sal 12 A	0.8	0.6	0.15	0.48	2	2.240	0.92	0.03	2.3028	0.9402	1.054	1.0263	
15	Sal 14 A	0.9	0.84	0.21	0.76	2.58	2.292	0.925	0.02	2.4822	0.9544	2.0277	1.9534	
16	Sal 15 A	0.7	0.42	0.11	0.29	1.54	1.891	0.92	0.02	2.7942	1.3765	0.8215	0.8101	
17	Sal 15 B	0.6	0.35	0.09	0.21	1.3	1.362	0.925	0.03	1.9997	1.0782	0.4159	0.3758	

Tabel 4.13 Perencanaan Dimensi Saluran Existing Trapezium

No	Nama Saluran	b (m)	v (m)	n (m)	T (m)	H (garam) (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	n	l (m)	V (m <sup>3</sup> )	Qsal (m <sup>3</sup> /s)	Qreq (m <sup>3</sup> /s)	Tindakan	
1	Sal 13 A	0.5	0.38	0.3	1.0	0.0	0.60	1.0	0.461	0.025	0.04	4.785	2.474	2.868	0.789	Temp Drainase

### 4.3 Evaluasi Kriteria Kinerja Sistem Drainase

Kinerja drainase adalah bagaimana hasil drainase yang sudah dibangun dapat mengatasi permasalahan genangan dan banjir. Berdasarkan rencana penyusunan drainase perkotaan yang harus diperhatikan dalam perencanaan drainase adalah aspek teknis seperti kemampuan atau kinerja drainase dalam menampung debit banjir dengan kala ulang 25 tahun.

Bobot setiap komponen drainase disusun dengan menggunakan kriteria kinerja penilaian drainase menggunakan rumus :

$$\text{Kriteria Presentase} = \frac{\sum \text{memenuhi}}{\sum \text{memenuhi} + \sum \text{tidak memenuhi}} * 100\%$$

Tabel 4.14 Bobot Kriteria Kinerja Penilaian Drainase

Rendah	0% - 20%
Cukup	20% - 40%
Baik	40% - 80%
Sangat Baik	80% - 100%

Sumber: Analisa Kinerja Drainase, Vadlon, 2011

1. Berdasarkan hasil evaluasi dapat disimpulkan bahwa drainase yang ada (existing) di kawasan perkotaan Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang tersebut ((memenuhi : (memenuhi + tidak memenuhi) x 100 %) ((22,73 : (22,73 + 77,27) x 100)) = 22,73 % saluran yang dapat menampung debit dengan kala ulang 25 tahun.

2. Drainase yang setelah diadakan perubahan sistem (dengan jalan membuat sudetan di saluran 2 A) di kawasan perkotaan Kecamatan

Tempeh, Kabupaten Lumajang tersebut ((memenuhi : (memenuhi + tidak memenuhi) x 100 %)) ((30,43 : (30,43 + 69,57) x 100)) = 30,43 % saluran yang dapat menampung debit dan setelah dilakukan penambahan kapasitas saluran menjadi 100 % saluran yang dapat menampung debit dengan kala ulang 25 tahun.

3. Evaluasi yang didasarkan pada kriteria sistem drainase kawasan yang ada (existing) didapatkan 66,79 % dapat berfungsi dengan baik. Sedangkan evaluasi yang didasarkan pada perubahan dari sistem yang ada (existing) menjadi sistem drainase baru, dan pembenahan serta penambahan kapasitas beberapa saluran dengan kala ulang 25 tahun, didapatkan 84,67 % dapat berfungsi dengan sangat baik.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Kawasan drainase perkotaan Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang merupakan daerah padat penduduk dan pasar. Seiring bertambahnya penduduk juga bisa menjadi faktor volume debit air di saluran drainase menjadi naik karena pembuangan limbah air. Kurang adanya lubang buangan air dari jalan tidak tersalurkan ke saluran drainase jalan. Apalagi kondisi kontur di daerah yang tergenang air posisinya lebih rendah sehingga air lebih mudah menggenang.
2. Berdasarkan hasil perbandingan debit banjir rencana yang mengalir ke saluran utama yaitu saluran 1 A sebelum disudet sebesar  $13,04 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan setelah

disudet jumlah debit turun menjadi  $10,36 \text{ m}^3/\text{detik}$ .

3. Besar kemampuan existing saluran yang ada (existing) di kawasan Kecamatan Tempeh Kabupaten Lumajang dari total 22 saluran hanya 5 saluran yang mampu menampung debit air dan setelah diadakan perubahan sistem drainase (dengan jalan membuat sudetan) dari total 23 saluran hanya 7 saluran yang mampu menampung debit air.
4. Berdasarkan hasil evaluasi dapat disimpulkan bahwa drainase yang ada (existing) di kawasan perkotaan Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang tersebut 22,73 % saluran yang dapat menampung debit dengan kala ulang 25 tahun, setelah diadakan perubahan sistem drainase (dengan jalan membuat sudetan) menjadi 30,43 %, kemudian dilakukan penambahan kapasitas saluran menjadi 100 % saluran yang dapat menampung debit.
5. Evaluasi yang didasarkan pada kriteria sistem drainase kawasan yang ada (existing) didapatkan 66,79 % dapat berfungsi dengan baik. Sedangkan evaluasi yang didasarkan pada perubahan dari sistem yang ada (existing) menjadi sistem drainase baru, dan pembenahan serta penambahan kapasitas beberapa saluran dengan kala ulang 25 tahun, didapatkan 84,67 % dapat berfungsi dengan sangat baik.

### 5.2 Saran

1. Bagi masyarakat kawasan Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang harus lebih peduli untuk menjaga kebersihan di saluran drainase yang sudah ada. dan harus memiliki pola pikir

- bersih dan sehat maka akan tercipta lingkungan bersih dan sehat pula.
2. Bagi Perencana Tata Kota diharapkan lebih rutin untuk mengecek saluran tersebut, sehingga saluran tersebut lebih terawat dan bersih.
  3. Tiap rumah diharapkan untuk di buatkan tempat sampah agar masyarakat lebih mudah untuk membuang sampah.

### DAFTAR PUSTAKA

- Manullang, Krisman Pebrian. 2018. Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Jalan Raya (Studi Kasus) Lingkungan Jalan Nusantara Raya Perumnas 3 Kota Bekasi. [Skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- Luthfiyan, Zammy. 2014. Perencanaan Sistem Drainase Kota Rogojampi Kabupaten Banyuwangi. [Skripsi]. Surabaya: Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- Hasmar, H.A Halim. (2011). Drainase Terapan. Yogyakarta: UII Press.
- Hasmar, H.A Halim. (2012). Drainase Terapan. Yogyakarta: UII.
- Soewarno, 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Jilid 1. Bandung. Penerbit Nova.
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Yang Berkelanjutan. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Suripin. 2006. Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Yogyakarta: Andi.
- Wesli. 2008. *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Suhardjono. (2013). *Drainase Perkotaan*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Abdeldayem, S. (2005). Agricultural Drainage: Towards an Integrated Approach, Irrigation and Drainage Systems. 19:71-87.
- Riman. (2011). Evaluasi sistem drainase perkotaan di kawasan kota metropolitan Surabaya. J. Widya Teknika 19(2): 39-46.
- Van Te Chow. 1997. Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta: Erlangga.
- C. D. Soemarto. (1999). Hidrologi Teknik. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Triatmodjo, Bambang. (2006). Perencanaan Bangunan Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. (2008). Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. (1993). Hidraulika II. Yogyakarta: Beta Offset.
- Hassing, J. M. (1995). Hydrology In Highway And Traffic Engineering Developing Countries. London: Thegesen.
- Gumbel, E. J. 1941. The Return Period Of Flood Flows. Ann. Math. Statist, 12(2), 163-190
- Long, A. R. Ioannides, A. M. 2007. Drainage Elevation at the U. S. 50 Joint Sealant Experiment. Journal of Transportation Engineering. Vol 1 (1): 133.  
<http://ejournal.uajy.ac.id/11474/3/TS145052.pdf>  
Diakses 27 Maret 2018  
<http://eprints.polsri.ac.id/1548/3/BA-B%20II%20revisi.pdf>  
Diakses 30 Juli 2018