

# KAJIAN DRAINASE PERKOTAAN STUDI KASUS SALURAN DRAINASE JALAN MT HARYONO

Satrio Ardyansyah<sup>1</sup>, Hari Wibowo<sup>2</sup>, Danang Gunarto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

<sup>2</sup>. Dosen Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura Pontianak

Email : [satrio.ardyan@gmail.com](mailto:satrio.ardyan@gmail.com)

## ABSTRAK

*Wilayah Kota Pontianak khususnya pada daerah lokasi kali ini merupakan sebuah daerah yang memiliki kawasan perkantoran dan kawasan pendidikan, beberapa infrastruktur dan fasilitas fisik penting seperti adanya tempat ibadah, bangunan perkantoran, bangunan sekolah, dan bangunan fasilitas olahraga. Perubahan tata guna lahan karena pembangunan yang semakin pesat di daerah tersebut dapat mengurangi daerah resapan yang juga mengakibatkan terjadinya banjir atau genangan. Metode perhitungan banjir rencana studi kasus drainase kali ini menggunakan Metode Rasional dengan kala ulang 2 tahun. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi, melakukan pengukuran dan inventarisasi saluran secara langsung pada objek penelitian. Evaluasi kapasitas saluran dilakukan untuk mengkaji kemampuan saluran drainase terhadap debit rencana. Berdasarkan hasil evaluasi bahwa saluran di Jalan Jend. Ahmad Yani, Jalan M Sohor tidak terjadi peluapan. Sedangkan di Jalan MT Haryono hanya 1 segmen saluran (S4-KN) yang tidak terjadi peluapan, pada sisa segmen lainnya diperlukan perencanaan ulang saluran agar didapatkan dimensi yang optimal dalam menampung debit rencana.*

**Kata kunci** : evaluasi kapasitas drainase perkotaan.

## ABSTRACT

*The city area of Pontianak especially in this location area, constitutes an area that has office and educational areas, such important infrastructure and physical facilities as places of worship, office buildings, school buildings, and sports facilities. Land utility changes resulting from rapid development in the area greatly reduced the area, then would result in floods or standing. The method of accounting flood plans for drainage cases this time, using a rational method with a 2 years of repetition. Data collection was done by observation, by measuring and inventories of channels directly into the research object. A reevaluation of the channel capacity was conducted to examine the drainage line's ability against the discharge plan. According to the evaluation that the conduit on Ahmad Yani road and M. Sohor road did not happen stagnant. Whereas at MT Haryono road only 1 segment of the channel (S4-KN) which is not flooded. The remaining segments require a replanning of the conduit to obtain the optimum dimensions for the discharge design.*

**Keywords** : Urban drainage capacity evaluation.

## I. PENDAHULUAN

Banjir di setiap wilayah bisa disebabkan banyak faktor, salah satunya pada saat terjadinya pasang air laut dan di tambah adanya curah hujan yang berlebih secara bersamaan, serta perubahan pada penggunaan tata guna lahan karena pembangunan yang semakin pesat di daerah tersebut yang dapat mengurangi daerah resapan juga mengakibatkan terjadinya banjir atau genangan. Wilayah Kota Pontianak khususnya pada daerah lokasi kali ini merupakan sebuah daerah yang memiliki kawasan perkantoran dan kawasan pendidikan, beberapa infrastruktur dan fasilitas fisik penting seperti adanya tempat ibadah yaitu Masjid Raya Mujahidin, bangunan publik seperti bangunan sekolah, dan bangunan fasilitas olahraga serta masih banyak bangunan yang lainnya. Lokasi penelitian kali ini terletak di Jalan MT Haryono, Kelurahan Akcaya, Kecamatan Pontianak Selatan, Kota Pontianak.

Rumusan masalah pada penelitian ini : Bagaimana penanganan saluran drainase yang ada?, Bagaimana kapasitas saluran drainase yang berada di Jalan MT. Haryono apakah dapat menampung debit rencana?, Berapa kapasitas yang ideal untuk saluran drainase yang berada di Jalan MT. Haryono? Dan Bagaimana kondisi saluran lainnya yang berada di sekitar Jalan MT. Haryono apakah mempengaruhi kinerja saluran tersebut?

Penelitian ini bertujuan untuk Mengkaji apakah saluran drainase eksisting dapat mengalirkan limpasan air yang terjadi pada saluran drainase pada kawasan Jalan MT. Haryono. Mengetahui apakah kapasitas saluran drainase eksisting yang berada di Jalan MT. Haryono dapat menampung debit rencana. Redesain kapasitas saluran drainase yang ideal untuk Jalan MT. Haryono.

## II. METODOLOGI DAN PUSTAKA

### Siklus Hidrologi

Menurut (Hasmar Halim, 2011), Siklus Hidrologi adalah sebuah proses yang diawali oleh proses penguapan dan kemudian terjadinya kondensasi, maka awan terus terproses, sehingga terjadilah hujan yang jatuh ke permukaan.

### Drainase

Drainase diartikan mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Drainase berhubungan tentang air permukaan dan juga mengenai air tanah (Suripin, 2004).

Drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang membahas pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan yang ada (Hadihardjaja, 1997).

### Tujuan Drainase

Drainase juga memiliki tujuan yaitu sebagai berikut:

1. Mencegah terjadinya banjir ataupun genangan-genangan air yang khususnya sering terjadi di Jalan MT. Haryono.
2. Memelihara kesehatan lingkungan.
3. Meminimalisir dan mengurangi kemungkinan kerusakan akibat terjadinya genangan seperti fasilitas umum jalan, trotoar, tempat ibadah, dan lain lain.

### Fungsi Drainase

Menurut (Imamuddin & Antoni, 2019), berikut ini beberapa fungsi drainase diantaranya:

1. Mengalirkan air dari daerah yang tergenang genangan air.
2. Mengendalikan limpasan air hujan yang berlebih.
3. Mengendalikan erosi, kerusakan pada jalan, dan kerusakan pada infrastruktur.
4. Mengelola kualitas air.

### Jenis-Jenis Drainase

Menurut (Hadihardjaja, 1997), Jenis – jenis drainase juga dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Drainase Menurut Sejarah Terbentuknya.
2. Drainase Menurut Tata Ketak Bangunannya.
3. Drainase Menurut Fungsinya.
4. Drainase Menurut Kontruksi Bangunannya.

### Bentuk Penampang Saluran

1. Trapesium, pada umumnya saluran ini bisa di buat dari tanah, saluran ini juga bisa dibuat dari pasangan batu/beton dan saluran ini memerlukan ruang yang cukup.
2. Segitiga, Saluran ini sangat jarang digunakan, akan tetapi mungkin digunakan dalam beberapa kondisi tertentu. Selain dari segi bentuk dan kapasitas tampung hal ini yang mempengaruhi dalam penggunaan saluran ini sebagai saluran untuk menampung dan mengalirkan limpasan air hujan dan air buangan domestic.

3. Persegi, Saluran ini bisa di buat dari pasangan batu atau beton. Bentuk saluran ini juga tidak memerlukan banyak ruang.
4. Setengah lingkaran, Saluran ini biasa sering di buat dari beton, atau gorong – gorong setengah lingkaran yang dimana dimensinya bisa disesuaikan sesuai kebutuhan. Berfungsi untuk menampung dan mengalirkan limpasan air hujan dan air buangan atau limbah.

### Analisa Hidrologi

#### 1. Data hujan

Menurut (Sri Harto Br, 2000), data curah hujan yang akan digunakan dalam analisa hidrologi adalah data yang harus memiliki tingkat kesalahan paling terkecil, karena menghilangkan kesalahan yang ada adalah suatu hal yang tidak mungkin. Kesalahan yang sering terjadi dalam analisis adalah kelengkapan, Kepanggahan dan cara menganalisisnya.

#### 2. Uji Konsistensi

Menurut (Kamiana, 2011), Uji konsistensi data bertujuan untuk mengetahui kebenaran data lapangan. Jika hasil pengujian ternyata adalah konsisten berarti pada data tidak terjadi perubahan lingkungan dan cara penakaran, sebaliknya jika ternyata data tidak konsisten maka bisa dikatakan terjadi perubahan lingkungan atau juga cara penakaran. Cara uji konsistensi dilakukan dengan dua cara yaitu Metode Curve Massa Ganda dan Metode RAPS. (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) (Kamiana, 2011).

### Analisa Hidrologi

Metode perhitungan curah hujan rancangan yang dipakai dalam penelitian ini yaitu:

1. Metode Normal.
2. Metode Gumbel Tipe I.
3. Metode Log Pearson Tipe III.
4. Metode Log Normal.

### Metode Normal

Bentuk persamaan kurva frekuensi adalah:

$$X = X_{rata - rata} + tp \cdot \sigma \quad (1)$$

Dimana

X = nilai suatu kejadian dengan periode ulang T tahun.

X rata-rata = nilai rata - rata kejadian.

$\sigma$  = simpangan baku (standar deviasi).

tp = karakteristik dari distribusi probabilitas normal.

### Metode Distribusi Gumbel Tipe I

Menurut (Soewarno, 1995) mengatakan, metode ini memiliki lain yang dikenal dengan distribusi ekstrem 1 (extreme type I distribution) pada umumnya digunakan pada analisa data hujan, misal untuk analisis frekuensi genangan. Persamaan garis lurus model matematik distribusi Gumbel Tipe I

yang ditentukan juga dengan metode momen adalah:

$$Y = a (X - X_0) \quad (2)$$

$$A = 1,283/\sigma$$

$$X_0 = \mu - 0,577/a$$

Dimana

$\mu$  = nilai rata-rata.

$\sigma$  = standar deviasi.

### Metode Log Person Tipe III

Distribusi Log Pearson Tipe III, banyak dipakai dalam analisis data hidrologi, data ini adalah transformasi dari Distribusi Log Pearson Type III dengan merubah beberapa variat data menjadi nilai logaritmik, model matematik persamaan garis lurus nya sebagai berikut:

$$Y = \bar{Y} + k \cdot S \quad (3)$$

Dengan :

Y = nilai logaritma dari X (log x atau ln x).

$\bar{Y}$  = nilai rata-rata geometrik nilai Y.

S = simpangan baku (standar deviasi) nilai Y.

K = faktor sifat distribusi.

### Metode Log Normal

#### 1. Distribusi Log Normal 2 Parameter

Pada Metode Log Normal 2 Parameter ini mempunyai persamaan transformasi:

$$\log X = X_r + k \cdot S \log X \quad (4)$$

Dimana

Log X = Nilai variat X yang diharapkan terjadi pada peluang atau periode ulang tertentu.

log  $X_r$  = Rata-rata nilai X hasil pengamatan

S log X = Deviasi standar logaritmik nilai X hasil pengamatan.

K = Karakteristik dari distribusi Log Normal.

#### 2. Distribusi Log Normal 3 Parameter

Menurut (Soewarno, 1995), Yang dimaksud dengan Log Normal 3 Parameter adalah hasil transformasi distribusi normal dengan modifikasi suatu parameter dengan  $\beta$  sebagai batas bawah, sehingga nilai variat X harus ditransformasikan menjadi  $(X - \beta)$  dan nilai Ln X menjadi Ln  $(X - \beta)$ . Model matematik persamaan garis lurus nya sebagai berikut:

$$Y = Y_r + k \cdot S \quad (5)$$

Dimana

Y = Logaritma dari kejadian  $(X - \beta)$ , pada periode ulang.

$Y_r$  = Nilai rata kejadian Y.

S = Standar deviasi variat X.

K = Nilai karakteristik dari distribusi Log

### Uji Kecocokan

Pada tahap uji kecocokan terdapat 2 metode uji kecocokan adalah Uji Chi Kuadrat dan Uji Deskriptor Statistik. Menurut (Soewarno, 1995),

Uji Smirnov-Kolmogorof, disebut uji kecocokan non parametrik.

### Analisa Debit Curah Hujan

Untuk mendapatkan debit akibat curah hujan dapat dicari dengan menggunakan metode rasional karena metode tersebut disesuaikan untuk kondisi daerah pengaliran. Persamaan umum Metode Rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (6)$$

Dimana

Q = Debit Curah Hujan (m<sup>3</sup>/det).

C = Angka Pengaliran (tanpa dimensi).

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam).

A = Luas Daerah Pengaliran (Ha).

### Intensitas Hujan (I)

Intensitas adalah banyaknya hujan yang terjadi dinyatakan dalam tinggi atau volume hujan satuan waktu. Besar hasil intensitas hujan akan berbeda-beda, hal ini dikarenakan dari lamanya curah hujan dan lama frekuensi terjadinya. Intensitas hujan diperoleh dari analisis data hujan baik secara statistic atau secara empiri (Hadihardjaja, 1997).

Rumus yang dipakai adalah:

$$I = R_{24/24} (24/t)^{(2/3)} \quad (7)$$

Di mana :

I = intensitas hujan pada periode ulang tertentu.

R<sub>24</sub> = curah hujan harian maksimum (mm).

t = durasi hujan (jam).

### Koefisien pengaliran

Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan di kemudian hari. Harga C berbagai tipe tanah dan penggunaan lahan disajikan dalam tabel 1 berikut:

### Analisa Kapasitas

Pada perhitungan kapasitas saluran eksisting digunakan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas tampung saluran dalam menampung debit yang masuk ke dalam saluran tersebut. Setelah didapatkan penampang basah saluran dan kecepatannya didapat, maka debit dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$Q = A \times V \quad (8)$$

Dimana

Q = Debit (m<sup>3</sup>/det).

A = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>).

V = Kecepatan Aliran (m/det).

### Evaluasi Kapasitas Saluran

Pada tahap evaluasi kapasitas saluran dilakukan untuk mengkaji kemampuan saluran drainase terhadap debit rencana hasil perhitungan. Debit Rencana adalah hasil analisis debit curah, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_{renc} = Q_h \quad (9)$$

Maka Evaluasi kapasitas dirumuskan :

$$Q_{Kaps} > Q_{Renc} \quad (10)$$

Tabel 1. Koefisien Limpasan Daerah Perkotaan

Deskripsi lahan	Koef. aliran (C)
Business:	
Perkotaan	0,70 – 0,95
Pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan:	
- Rumah tinggal	0,30 – 0,50
- Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
Perumahan:	
- Perkampungan	0,75 – 0,40
- Apartemen	0,50 – 0,70
Industri:	
- Ringan	0,50 – 0,80
- Berat	0,60 – 0,90
Perkerasan:	
- Aspal dan beton	0,70 – 0,95
- Batu bata, paving	0,50 – 0,70
Atap	0,75 – 0,95
Halaman, tanah berpasir	
- Datar 2%	0,05 – 0,10
- Rata-rata, 2 – 7%	0,10 – 0,15
- Curam, 7%	0,15 – 0,20
Halaman, tanah berat	
- Datar 2%	0,13 – 0,17
- Rata-rata, 2 – 7%	0,18 – 0,22
- Curam, 7%	0,25 – 0,35
Halaman kereta api	0,10 – 0,35
Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Taman, perkuburan	0,10 – 0,25
Hutan	
- Datar, 0 – 5%	0,10 – 0,40
- Bergelombang, 5 – 10%	0,25 – 0,50
- Berbukit, 10 – 30%	0,30 – 0,60

### Perencanaan Ulang Saluran

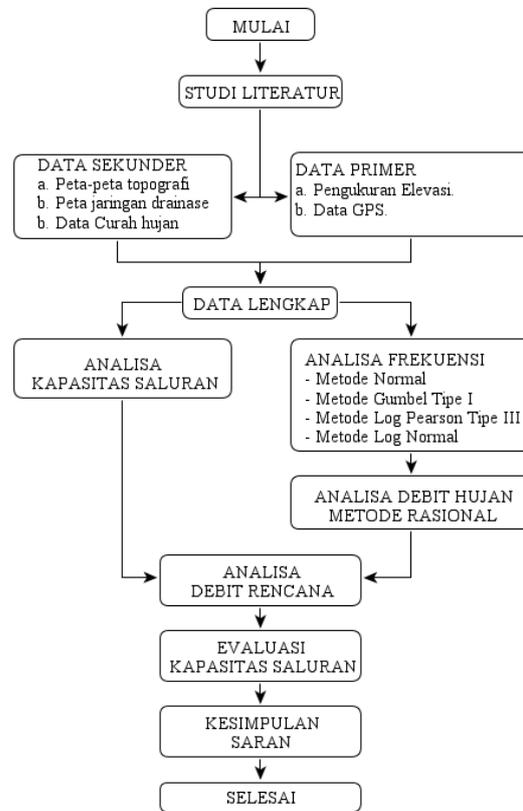
Perencanaan ini dilakukan dengan cara mencoba mencari berapakah dimensi dengan merencanakan lebar dan tinggi saluran sehingga didapatkan kapasitas tampungan yang cukup optimal.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### Pengumpulan Data

Data pendukung adalah data primer dan data sekunder.

### Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

### Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara mencari referensi jurnal penelitian yang berkaitan pada judul penelitian kali ini. Pengumpulan setiap bahan yang akan dikaji, bersumber dari perpustakaan dan internet, baik berupa *softcopy* maupun *hardcopy*.

### Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan teknik observasi, melakukan pengumpulan data primer melalui pengukuran dan pengamatan secara langsung pada objek penelitian, yaitu meliputi :

1. Pengukuran penampang saluran.
2. Pengambilan data GPS (*Global Positioning System*).
3. Dokumentasi.

### Data Sekunder

Data sekunder yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Data Peta-peta pendukung.
2. Data hidrologi.

3. Data Populasi.

**Analisa Debit dan Evaluasi**

Perhitungan dilakukan dengan langkah-langkah :

1. Perhitungan debit hujan Metode Rasional
2. Perhitungan kapasitas tampung saluran
3. Evaluasi debit dengan persamaan 8
4. Perencanaan ulang saluran.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisa Hidrologi**

Pada analisa hidrologi perlu diketahui batas-batas daerah tangkapan hujan. Untuk mengetahui batas-batas daerah tangkapan hujan maka digunakan Peta Topografi yang diperoleh dari hasil pengukuran data sekunder. Sedangkan data hidrologi bisa di dapatkan melalui instansi atau lembaga yaitu Badan Wilayah Sungai Kalimantan I (BWSK I). Data curah hujan maksimum kali ini didapatkan pos hujan Pontianak dari tahun 2010 hingga tahun 2019 dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Curah Hujan Kota Pontianak (BWSK I)

No Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1 2009	53	45	39	89	50	64	54	93	29	112	133	72
2 2010	48	129	69	19	22	76	89	84	85	46	91	98
3 2011	35	65	26	100	64	63	35	44	51	75	72	95
4 2012	34	44	50	64	95	30	118	71	44	73	75	61
5 2013	55	64	32	91	112	36	59	56	67	37	89	98
6 2014	41	0	88	58	104	75	45	155	55	86	95	51
7 2015	57	40	67	36	65	79	40	19	25	56	48	52
8 2016	85	57	33	58	68	57	80	6	50	58	79	40
9 2017	70	165	127	48	68	32	78	91	52	44	76	70
10 2018	111	35	21	77	94	105	25	42	33	115	64	91
11 2019	86	61	112	99	96	52	34	36	93	49	89	

**Uji Deskriptor Statistik**

Pengujian terhadap besaran statistik data (nilai koefisien kurtosis, nilai koefisien skewness, nilai koefisien variasi), yang akan dibandingkan dengan nilai tabel untuk dilihat apakah data yang kita gunakan mendekati parameter statistik acuan yang telah ditentukan dari salah satu metode yang ada. Berikut adalah hasil persentase error uji deskriptor statistik.

Tabel 3. Nilai deskriptor statistik masing-masing metode

Hasil Perhitung	Normal	Gumbel Tipe I	Log Pearson Tipe III	Log Normal 2 Parameter	Log Normal 3 Parameter
Cs	0,000	0,798	2,078	0,537	-0,672
Ck	0,123	0,513	0,009	-0,134	-0,308
Cv	0,000	0,000	-0,226	3,659	3,659
Rata-rata	0,041	0,437	0,621	1,354	0,893

**Uji Chi Kuadrat**

Uji Chi Kuadrat dilakukan dengan membagi data pengamatan menjadi beberapa sub bagian pengamatan dengan interval peluang tertentu. Berikut adalah tabel hasil perhitungan Uji Chi Kuadrat :

Sehingga diperoleh kesimpulan bahwa data hujan yang ada lebih cocok dianalisa dengan Metode Distribusi Normal. Karena memiliki nilai

persentase error yang terkecil dan di terima pada kedua metode pengujian

Tabel 4. Hasil pengujian Uji Chi Kuadrat

No	Metode	Keputusan
1	Normal	Diterima
2	Gumbel Tipe I	Diterima
3	Log Person Tipe III	Ditolak
4	Log Normal 2 Parameter	Ditolak
5	Log Normal 3 Parameter	Ditolak

**Hujan Periode ulang**

Metode Normal adalah metode yang digunakan dalam mencari hujan periode ulang 2, 5, 10, 20, 50 dan 100 tahun. Perhitungan persamaan kurva frekuensi yang diperoleh dari Metode Normal adalah sebagai berikut :

Periode = Rrata-rata + KT.S

R0 = 117 + ( KT x 27,293)

R2 = 117 + ( 0 x 27,293) = 117,000 mm

R5 = 117 + ( 0,84 x 27,293) = 139,926 mm

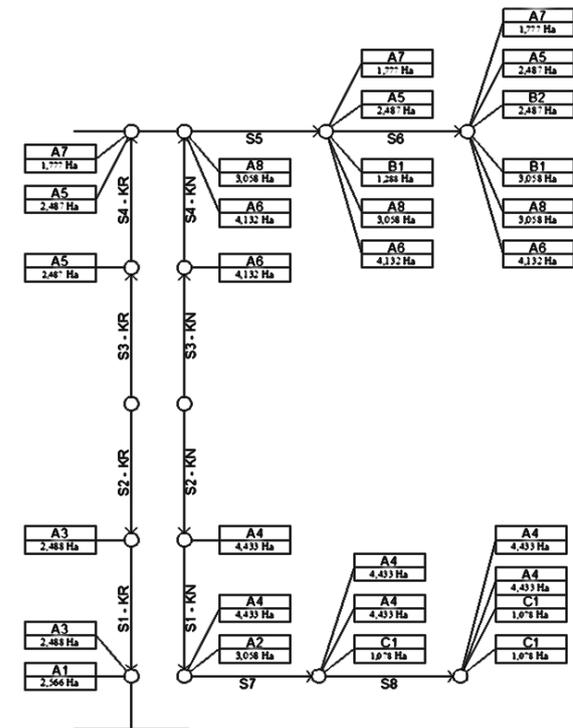
R10 = 117 + ( 1,28 x 27,293) = 151,935 mm

R20 = 117 + ( 1,64 x 27,293) = 161,760 mm

R50 = 117 + ( 2,05 x 27,293) = 172,950 mm

**Analisis Debit Rencana**

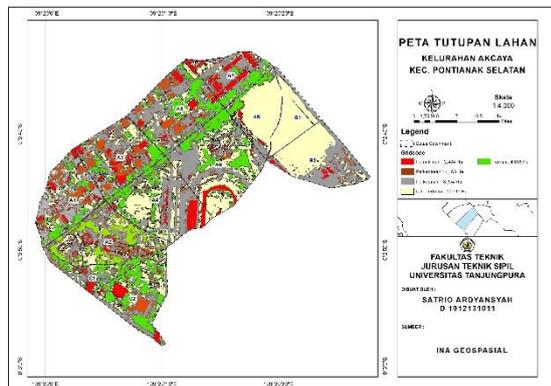
Dalam Analisa Evaluasi debit banjir rancangan kita menentukan besarnya debit rancangan yang diakibatkan besarnya curah hujan. Untuk mendapatkan debit akibat curah hujan dapat dicari dengan menggunakan Metode Rasional karena metode tersebut disesuaikan untuk kondisi daerah pengaliran yang tidak terlalu luas dan untuk curah hujan yang dianggap seragam.



Gambar 2. Skema Jaringan Drainase

### Penggunaan lahan

Berdasarkan pada peta penggunaan lahan masing- masing area kemudian kita tentukan besarnya nilai dari koefisien limpasan menggunakan tabel. Penggunaan lahan pada Sub-DAS dan nilai koefisiennya disajikan pada gambar peta tutupan lahan. Berikut adalah hasil luas area tutupan lahan dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 3. Peta Tutupan Lahan  
Tabel 5. Tutupan Lahan Jalan MT Haryono

No	Tutupan Lahan	Nilai ( C )	Area (Ha)
1	Pemukiman	0,600	2,056
2	Perkantoran	0,950	3,643
3	Perkerasan	0,950	6,498
4	Taman	0,250	7,243
5	Lahan Terbuka	0,170	3,375
	Luas (Ha)		22,814

Tabel 6. Tutupan Lahan Jalan M. Sohor

No	Tutupan Lahan	Nilai ( C )	Area (Ha)
1	Pemukiman	0,600	0,109
2	Perkantoran	0,950	0,073
3	Perkerasan	0,950	1,100
4	Taman	0,250	2,610
5	Lahan Terbuka	0,170	0,030
	Luas (Ha)		3,923

Tabel 7. Tutupan Lahan Jalan Jend. Ahmad Yani

No	Tutupan Lahan	Nilai ( C )	Area (Ha)
1	Pemukiman	0,600	0,270
2	Perkantoran	0,950	0,447
3	Perkerasan	0,950	0,757
4	Taman	0,250	0,867
5	Lahan Terbuka	0,170	1,231
	Luas (Ha)		3,572

### Menghitung Intensitas (I)

Intensitas hujan dicari dengan menggunakan Metode Mononobe. Terlebih dahulu hitung nilai t dengan persamaan Kirprich, berikut data elevasi yang digunakan dalam perhitungan intensitas :

Tabel 8. Data Elevasi Saluran Eksisting

Lokasi	Segmen	Sta		Beda Tinggi (Δh)		Kategori
		Hulu	Hilir	Hulu	Hilir	
Saluran Jl. MT. Haryono	S-1 KN	1+650	1+250	1,4500	1,3500	Tersier
	S-2 KN	1+650	1+450	1,4500	1,4100	Tersier
	S-3 KN	1+650	1+850	1,4500	1,4250	Tersier
	S-4 KN	1+650	2+050	1,4500	1,3200	Tersier
Saluran Jl. Ahmad yani	S-1 KR	1+650	1+250	1,5000	1,4300	Tersier
	S-2 KR	1+650	1+450	1,5000	1,4700	Tersier
	S-3 KR	1+650	1+850	1,5000	1,4450	Tersier
	S-4 KR	1+650	2+050	1,5000	1,3200	Tersier
Saluran Jl. M. Sohor	S-5	2+075	2+275	1,2500	1,2300	Sekunder
	S-6	2+075	2+475	1,2500	1,1300	Sekunder
	S-7	1+175	0+975	1,2850	1,2800	Sekunder
	S-8	1+175	0+775	1,2850	1,2200	Sekunder

Setelah didapatkan data – data elevasi maka dilakukan perhitungan intensitas hujan berdasarkan pembagian masing – masing segmen saluran dan area pada Peta arah aliran.Lampiran B, berikut perhitungan dan tabelarisnya :

Contoh perhitungan pada segmen (S1-KN),  
L = 0,4 Km

S = 0,00025

Sehingga :

$$tc = [(0,087 \times L^2)/(1000 \times S)]^{0,385}$$

$$tc = [(0,087 \times 0,4^2)/(1000 \times 0,00025)]^{0,385}$$

$$tc = 0,7982 \text{ jam} = 47,89 \text{ menit}$$

Menghitung intensitas,

$$I2 = [R2/24]. [24/(t/60)]^{(2/3)}$$

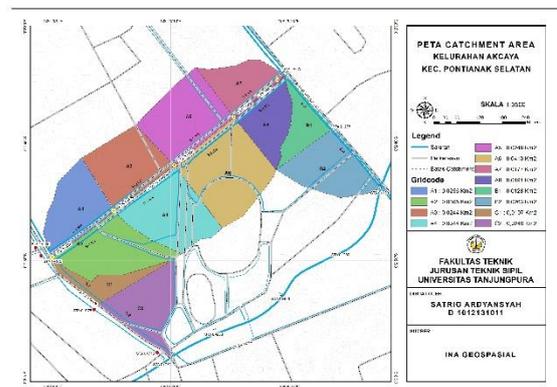
$$I2 = [117/24]. [24/(47,89/60)]^{(2/3)}$$

$$I2 = 47,89 \text{ mm/jam}$$

Selanjutnya mencari I5, I10, I50, I100, dengan rumus yang sama menggunakan nilai R24 setiap periode ulangnya.

### Debit Metode Rasional

Pehitungan debit rencana digunakan Metode Rasional di persamaan 6. Sebelum perhitungan harus meninjau pola arah aliran dan rencana catchment area, berikut adalah tabel luas pembagian daerah Catchment Area masing-masing saluran:



Gambar 4. Peta Catchment Area

Perhitungan debit pada segmen saluran (S1-KN) menggunakan pembagian luasan berdasarkan peta tutupan lahan, dengan data sebagai berikut:

Tabel 9. Tutupan Lahan (S1-KN)

No	Debit	Tutupan Lahan Kategori	( C )	Area (Ha)
1	$Qn_1 =$	Pemukiman	0,600	0,53
2	$Qn_2 =$	Perkantoran	0,950	1,64
3	$Qn_3 =$	Perkerasan	0,950	1,76
4	$Qn_4 =$	Taman	0,250	2,06
5	$Qn_5 =$	Lahan Terbuka	0,170	1,49
				Luas (Ha) 7,491

1. Wil. Pemukiman :

Diketahui :  $C = 0,6$  (Koeff. Limpasan)  
 $I_2 = 43,02$  mm (Tabel 4.23)  
 $A = 0,200 + 0,335 = 0,535$  ha

Maka :  $Qn_1 = 0,00278 \times C \times I \times A$   
 $Qn_1 = 0,00278 \times 0,60 \times 43,02 \times 0,535$   
 $Qn_1 = 0,0471$  m<sup>3</sup>/det

2. Perhitungan debit pada segmen saluran (S1-KN)

Wil. Perkantoran :

Diketahui:  $C = 0,95$   
 $I_2 = 43,02$  mm (Tabel 4.23)  
 $A = 0,388 + 1,255 = 1,643$  ha

(Tabel 4.19)

Maka:  $Qn_2 = 0,00278 \times C \times I \times A$   
 $Qn_2 = 0,00278 \times 0,95 \times 43,02 \times 1,643$   
 $Qn_2 = 0,2289$  m<sup>3</sup>/det

3. Perhitungan debit pada segmen saluran (S1-KN)

Wil. Perkerasan :

Diketahui :  $C = 0,95$   
 $I_2 = 43,02$  mm (Tabel 4.23)  
 $A = 0,733 + 1,025 = 1,758$  ha

(Tabel 4.19)

Maka:  $Qn_3 = 0,00278 \times C \times I \times A$   
 $Qn_3 = 0,00278 \times 0,95 \times 43,02 \times 1,758$   
 $Qn_3 = 0,2449$  m<sup>3</sup>/det

4. Perhitungan debit pada segmen saluran (S1-KN)

Wil. Taman :

Diketahui :  $C = 0,25$   
 $I_2 = 43,02$  mm (Tabel 4.23)  
 $A = 0,815 + 1,247 = 2,063$  ha

(Tabel 4.19)

Maka :  $Qn_4 = 0,00278 \times C \times I \times A$   
 $Qn_4 = 0,00278 \times 0,25 \times 43,02 \times 2,063$   
 $Qn_4 = 0,0756$  m<sup>3</sup>/det

5. Perhitungan debit pada segmen saluran (S1-KN)

Wil. Lahan Terbuka :

Diketahui:  $C = 0,17$   
 $I_2 = 43,02$  mm  
 $A = 0,922 + 1,492 = 1,492$  ha

Maka :  $Qn_5 = 0,00278 \times C \times I \times A$

$$Qn_5 = 0,00278 \times 0,17 \times 43,02 \times 1,492$$

$$Qn_5 = 0,0372$$
 m<sup>3</sup>/det

Selanjutnya hasil dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 10. Perhitungan Debit Segmen S1-KN

No	Debit	Tutupan Lahan Kategori	( C )	Area (Ha)	I (mm/jam)	$Q_{renc}$ (m <sup>3</sup> /det)
1	$Qn_1 =$	Pemukiman	0,600	0,53	47,14	0,042
2	$Qn_2 =$	Perkantoran	0,950	1,64	47,14	0,205
3	$Qn_3 =$	Perkerasan	0,950	1,76	47,14	0,219
4	$Qn_4 =$	Taman	0,250	2,06	47,14	0,068
5	$Qn_5 =$	Lahan Terbuka	0,170	1,49	47,14	0,033
				Luas (Ha) 7,491	$\Sigma Q_{renc}$	0,566

Tabel 11. Perhitungan Debit Segmen S2-KN

No	Debit	Tutupan Lahan Kategori	( C )	Area (Ha)	I (mm/jam)	$Q_{renc}$ (m <sup>3</sup> /det)
1	$Qn_1 =$	Pemukiman	0,600	0,335	63,539	0,036
2	$Qn_2 =$	Perkantoran	0,950	1,255	63,539	0,211
3	$Qn_3 =$	Perkerasan	0,950	1,025	63,539	0,172
4	$Qn_4 =$	Taman	0,250	1,247	63,539	0,055
5	$Qn_5 =$	Lahan Terbuka	0,170	0,569	63,539	0,017
				Luas (Ha) 4,433	$\Sigma Q_{renc}$	0,490

Tabel 12. Perhitungan Debit Segmen S3-KN

No	Debit	Tutupan Lahan Kategori	( C )	Area (Ha)	I (mm/jam)	$Q_{renc}$ (m <sup>3</sup> /det)
1	$Qn_1 =$	Pemukiman	0,600	0,213	56,318	0,020
2	$Qn_2 =$	Perkantoran	0,950	0,236	56,318	0,035
3	$Qn_3 =$	Perkerasan	0,950	1,111	56,318	0,165
4	$Qn_4 =$	Taman	0,250	1,685	56,318	0,066
5	$Qn_5 =$	Lahan Terbuka	0,170	0,887	56,318	0,024
				Luas (Ha) 4,132	$\Sigma Q_{renc}$	0,310

Tabel 13. Perhitungan Debit Segmen S4-KN

No	Debit	Tutupan Lahan Kategori	( C )	Area (Ha)	I (mm/jam)	$Q_{renc}$
1	$Qn_1 =$	Pemukiman	0,600	0,274	50,423	0,023
2	$Qn_2 =$	Perkantoran	0,950	0,277	50,423	0,0369
3	$Qn_3 =$	Perkerasan	0,950	1,269	50,423	0,169
4	$Qn_4 =$	Taman	0,250	3,151	50,423	0,1104
5	$Qn_5 =$	Lahan Terbuka	0,170	1,075	50,423	0,0256
				Luas (Ha) 6,05	$\Sigma Q_{renc}$	0,3649

Tabel 14. Perhitungan Debit Segmen S1-KR

No	Debit	Tutupan Lahan Kategori	( C )	Area (Ha)	I (mm/jam)	$Q_{renc}$
1	$Qn_1 =$	Pemukiman	0,600	0,537	43,016	0,0385
2	$Qn_2 =$	Perkantoran	0,950	1,084	43,016	0,1232
3	$Qn_3 =$	Perkerasan	0,950	1,751	43,016	0,1989
4	$Qn_4 =$	Taman	0,250	1,145	43,016	0,0342
5	$Qn_5 =$	Lahan Terbuka	0,170	0,497	43,016	0,0101
				Luas (Ha) 5,01	$\Sigma Q_{renc}$	0,4049

Tabel 15. Perhitungan Debit Segmen S2-KR

No	Debit	Tutupan Lahan Kategori	( C )	Area (Ha)	I (mm/jam)	$Q_{renc}$ (m <sup>3</sup> /det)
1	$Qn_1 =$	Pemukiman	0,600	0,320	59,017	0,032
2	$Qn_2 =$	Perkantoran	0,950	0,611	59,017	0,095
3	$Qn_3 =$	Perkerasan	0,950	0,816	59,017	0,127
4	$Qn_4 =$	Taman	0,250	0,604	59,017	0,025
5	$Qn_5 =$	Lahan Terbuka	0,170	0,096	59,017	0,003
				Luas (Ha) 2,448	$\Sigma Q_{renc}$	0,281

Tabel 16. Perhitungan Debit Segmen S3-KR

No	Debit	Tutupan Lahan Kategori	Area (C) (Ha)	I (mm/jam)	Q <sub>renc</sub> (m3/det)	
1	Qn <sub>1</sub> =	Pemukiman	0,600	0,307	68,951	0,035
2	Qn <sub>2</sub> =	Perkantoran	0,950	0,529	68,951	0,096
3	Qn <sub>3</sub> =	Perkerasan	0,950	1,120	68,951	0,204
4	Qn <sub>4</sub> =	Taman	0,250	0,532	68,951	0,025
5	Qn <sub>5</sub> =	Lahan Terbuka	0,170	0,000	68,951	0,000
Luas (Ha)			2,487	Σ Q <sub>renc</sub>	0,361	

Tabel 17. Perhitungan Debit Segmen S4-KR

No	Debit	Tutupan Lahan Kategori	Area (C) (Ha)	I (mm/jam)	Q <sub>renc</sub> (m3/det)	
1	Qn <sub>1</sub> =	Pemukiman	0,600	0,710	48,307	0,0572
2	Qn <sub>2</sub> =	Perkantoran	0,950	0,639	48,307	0,0815
3	Qn <sub>3</sub> =	Perkerasan	0,950	1,720	48,307	0,2194
4	Qn <sub>4</sub> =	Taman	0,250	0,884	48,307	0,0297
5	Qn <sub>5</sub> =	Lahan Terbuka	0,170	0,311	48,307	0,0071
Luas (Ha)			4,26	Σ Q <sub>renc</sub>	0,3949	

Tabel 18. Perhitungan Debit Segmen S5

No	Debit	Tutupan Lahan Kategori	Area (Ha)	I (mm/jam)	Q <sub>renc</sub> (m3/det)
1	Qn <sub>1</sub> =	Pemukiman	0,994	53,183	0,088
2	Qn <sub>2</sub> =	Perkantoran	0,916	53,183	0,129
3	Qn <sub>3</sub> =	Perkerasan	3,110	53,183	0,437
4	Qn <sub>4</sub> =	Taman	5,182	53,183	0,192
5	Qn <sub>5</sub> =	Lahan Terbuka	1,395	53,183	0,035
Luas (Ha)			11,597	Σ Q <sub>renc</sub>	0,880

Tabel 19. Perhitungan Debit Segmen S6

No	Debit	Tutupan Lahan Kategori	Area (C) (Ha)	I (mm/jam)	Q <sub>renc</sub> (m3/det)	
1	Qn <sub>1</sub> =	Pemukiman	0,600	1,093	49,398	0,090
2	Qn <sub>2</sub> =	Perkantoran	0,950	0,989	49,398	0,129
3	Qn <sub>3</sub> =	Perkerasan	0,950	4,089	49,398	0,533
4	Qn <sub>4</sub> =	Taman	0,250	6,645	49,398	0,228
5	Qn <sub>5</sub> =	Lahan Terbuka	0,170	1,416	49,398	0,033
Luas (Ha)			14,232	Σ Q <sub>renc</sub>	1,014	

Tabel 20. Perhitungan Debit Segmen S7

No	Debit	Tutupan Lahan Kategori	Area (C) (Ha)	I (mm/jam)	Q <sub>renc</sub> (m3/det)	
1	Qn <sub>1</sub> =	Pemukiman	0,600	0,609	37,260	0,038
2	Qn <sub>2</sub> =	Perkantoran	0,950	1,768	37,260	0,174
3	Qn <sub>3</sub> =	Perkerasan	0,950	2,032	37,260	0,200
4	Qn <sub>4</sub> =	Taman	0,250	2,288	37,260	0,059
5	Qn <sub>5</sub> =	Lahan Terbuka	0,170	1,872	37,260	0,033
Luas (Ha)			8,568	Σ Q <sub>renc</sub>	0,504	

Tabel 21. Perhitungan Debit Segmen S8

No	Debit	Tutupan Lahan Kategori	Jlh (C) (Ha)	I (mm/jam)	Q <sub>renc</sub> (m3/det)	
1	Qn <sub>1</sub> =	Pemukiman	0,600	0,805	42,205	0,057
2	Qn <sub>2</sub> =	Perkantoran	0,950	2,091	42,205	0,233
3	Qn <sub>3</sub> =	Perkerasan	0,950	2,515	42,205	0,280
4	Qn <sub>4</sub> =	Taman	0,250	2,929	42,205	0,086
5	Qn <sub>5</sub> =	Lahan Terbuka	0,170	2,723	42,205	0,054
Luas (Ha)			11,063	Σ Q <sub>renc</sub>	0,710	

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil perhitungan debit rencana dengan Metode Rasional sesuai dengan kategoriutupan lahan dan luas area setiap segmen saluran, pada perhitungan selanjutnya menghitung seberapa besar kapasitas tampung saluran eksisting.

### Analisa Kapasitas

Debit eksisting saluran drainase dicari dengan rumus luas bentuk penampang saluran dikali dengan kecepatan aliran saluran. Untuk mencari kecepatan aliran digunakan rumus Manning pada persamaan 8.

Berikut contoh perhitungan pada segmen S1-KN:

Lebar Saluran (b) = 0,87 m

Tinggi Saluran, (h1) = 0,80 m

(h2) = 0,80 m

Luas Saluran

(A) = b × ((h1+h2)/2)

(A) = 0,87 × ((0,8+0,8)/2)

(A) = 0,696 m<sup>2</sup>

Keliling Basah

(P) = b+2h

(P) = 0,87+0,8+0,8

(P) = 2,470 m

Jari – Jari Hidrolis,

(R) = A/P

(R) = 0,696/2,470

(R) = 0,282 m

Kecepatan Aliran (V)

(V) = 1/n.R<sup>(2/3)</sup>.S<sup>(1/2)</sup>

(V) = [1/0,013].[0,282]<sup>(2/3)</sup>.[0,00025]<sup>(1/2)</sup>

(V) = 0,5228 m/det

Debit Saluran,

(Q) = A × V

(Q) = 0,696 x 0,5228

(Q) = 0,364 m<sup>3</sup>/det

Selanjutnya perhitungan dapat dilihat pada tabel:

Tabel 22. Debit Kapasitas Saluran

No	Segmen	Luas A (m <sup>2</sup> )	Kel. Basah P	Jari Hid. R	Kemiringan S	n	Kecepatan (V)	Q Kaps (m <sup>3</sup> /det)
1	S-1 KN	0,696	2,470	0,282	0,00025	0,013	0,5228	0,364
3	S-2 KN	0,681	2,437	0,280	0,00020	0,013	0,4652	0,317
5	S-3 KN	0,672	2,440	0,275	0,00013	0,013	0,3641	0,245
7	S-4 KN	0,914	3,000	0,305	0,00032	0,013	0,6278	0,574
2	S-1 KR	0,537	2,142	0,251	0,00018	0,013	0,4045	0,217
4	S-2 KR	0,656	2,420	0,271	0,00015	0,013	0,3946	0,259
6	S-3 KR	0,647	2,380	0,272	0,00027	0,013	0,5352	0,346
8	S-4 KR	0,557	2,160	0,258	0,00045	0,013	0,6609	0,368
9	S-5	2,380	4,380	0,543	0,00010	0,013	0,5122	1,219
10	S-6	2,470	4,470	0,553	0,00030	0,013	0,8972	2,216
11	S-7	2,100	4,100	0,512	0,00002	0,013	0,2462	0,517
12	S-8	2,535	4,535	0,559	0,00016	0,013	0,6654	1,687

### Evaluasi

Pada tahap evaluasi kapasitas saluran dilakukan untuk mengkaji kemampuan saluran drainase terhadap debit rencana hasil perhitungan.

Perbandingan hasil debit dapat digunakan persamaan 10:

Tabel 23. Hasil Evaluasi Kapasitas Tampung Saluran Kala Ulang 2 Tahun

No	Segmen	Q <sub>2</sub> Ranc (m <sup>3</sup> /det)	<	Q Kaps (m <sup>3</sup> /det)	Keterangan	Lokasi
1	S-1 KN	0,566	<	0,364	meluap	
2	S-2 KN	0,490	<	0,317	meluap	
3	S-3 KN	0,310	<	0,245	meluap	Saluran Jalan
4	S-4 KN	0,365	<	0,574	tidak meluap	MT Haryono
5	S-1 KR	0,405	<	0,217	meluap	
6	S-2 KR	0,281	<	0,259	meluap	
7	S-3 KR	0,361	<	0,346	meluap	Saluran Jalan
8	S-4 KR	0,395	<	0,368	meluap	MT Haryono
9	S-5	0,880	<	1,219	tidak meluap	Saluran Jalan
10	S-6	1,014	<	2,216	tidak meluap	Ahmad Yani
11	S-7	0,504	<	0,517	tidak meluap	Saluran Jalan
12	S-8	0,710	<	1,687	tidak meluap	M Sohor

### Perencanaan Ulang Saluran

Perencanaan ini dilakukan dengan cara coba-coba, yaitu mencoba mencari berapakah dimensi dengan merencanakan lebar dan tinggi saluran sehingga didapatkan kapasitas tampungan yang cukup optimal. Pada analisis berikut ini menunjukkan nilai dari hasil uji coba perhitungan dimensi optimal dari perencanaan ulang/redesign saluran drainase. Sedangkan hasil analisisnya akan dilakukan perbandingan Debit kapasitas saluran rencana (Q kaps. renc) dengan Debit Rancangan (Q<sub>2</sub> renc.). Berikut tabel analisa perhitungan :

Tabel 24. Perhitungan Perencanaan Ulang Dimensi Saluran Eksisting

No	Segmen	Dimensi Rencana			Q K. Renc (m <sup>3</sup> /det)	Q <sub>2</sub> Ranc (m <sup>3</sup> /det)	Ket
		h <sub>1</sub> (m)	h <sub>2</sub> (m)	b			
1	S-1 KN	0,65	0,65	1,92	0,571	0,566	Aman!
2	S-2 KN	0,65	0,65	1,32	0,351	0,310	Aman!
3	S-3 KN	0,65	0,65	1,49	0,410	0,405	Aman!
4	S-4 KN	0,65	0,65	1,37	0,370	0,361	Aman!
5	S-1 KR	0,65	0,65	1,73	0,501	0,490	Aman!
6	S-2 KR	0,65	0,65	1,37	0,368	0,365	Aman!
7	S-3 KR	0,65	0,65	1,13	0,285	0,281	Aman!
8	S-4 KR	0,65	0,65	1,46	0,400	0,395	Aman!
9	S-5	1,35	1,35	1,44	0,900	0,880	Aman!
10	S-6	1,35	1,35	1,65	1,099	1,014	Aman!
11	S-7	0,65	0,65	3,38	0,510	0,504	Aman!
12	S-8	0,65	0,65	4,54	0,720	0,710	Aman!

Setelah didapatkan hasil perencanaan ulang dimensi setiap masing-masing saluran, dilanjutkan pada pemilihan dimensi yang optimal untuk menampung debit rencana terbesar pada setiap segmen saluran.

Karena hasil evaluasi saluran pada Tabel 24 kondisi saluran yang perlu dilakukan perencanaan ulang adalah saluran di jalan MT Haryono dengan mengambil debit rencana yang paling besar. Berikut ini adalah tabel dimensi saluran optimal berdasarkan lokasi dan segmen saluran, dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 25. Redesign Dimensi Saluran Optimal Kala Ulang 2 Tahun Segmen Kanan

No	Lokasi	Segmen	Dimensi Rencana			Q Kaps. Renc (m <sup>3</sup> /det)
			h <sub>1</sub> (m)	h <sub>2</sub> (m)	b	
1	Jl. MT Haryono	S-1 KN				
		S-2 KN	0,65	0,65	1,92	0,571
		S-3 KN				
		S-4 KN				

Tabel 26. Redesign Dimensi Saluran Optimal Kala Ulang 2 Tahun Segmen Kiri

No	Lokasi	Segmen	Dimensi Rencana			Q Kaps. Renc (m <sup>3</sup> /det)
			h <sub>1</sub> (m)	h <sub>2</sub> (m)	b	
2	Jl. MT Haryono	S-1 KR				
		S-2 KR	0,65	0,65	1,73	0,501
		S-3 KR				
		S-4 KR				

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

- Berdasarkan dari hasil analisa yang dilakukan pada lokasi saluran Jalan MT Haryono tidak semua segmennya dapat mengalirkan air limpasan.
- Hasil analisis Analisis Debit Rencana (Q Renc) < Debit Kapasitas Saluran (Q Kaps), menunjukkan bahwa segmen saluran di jalan MT Haryono hanya segmen S4-KN yang bisa menampung debit rencana
- Perencanaan ulang saluran hanya di saluran Jalan MT Haryono. Dari hasil Tabel 25 didapatkan dimensi optimal hasil perencanaan ulang saluran, bahwa, pada segmen kanannya digunakan dimensi, lebar 1,92 m tinggi 0,65 m, pada sisi kirinya lebar 1,73 dan tinggi 0,65 m.

### Saran

- Berdasarkan beberapa kondisi dilapangan, saluran pada daerah studi masih sering terjadi genangan. Hal ini bisa terjadi disebabkan oleh, sedimentasi dan penumpukan sampah pada saluran yang menyebabkan berkurangnya kapasitas saluran. Penggunaan fungsi saluran drainase untuk mengalirkan air hujan bercampur dengan air limbah rumah tangga. Terjadi hujan dan pasang air laut secara bersamaan sehingga membuat ketidak mampuan saluran tersebut menampung kapasitas air yang ada.
- Keterlibatan masyarakat agar sadar akan pentingnya Kesehatan lingkungan, melakukan gotong royong untuk melakukan perawatan saluran yang ada, agar air dapat dialirkan secara baik.
- Pembersihan sedimentasi yang ada harus dilakukan secara berkala, agar tidak menimbulkan genangan disaat musim penghujan datang.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- Fairizi, D. (2015). *Analisis Dan Evaluasi Saluran Drainase Pada Kawasan Perumnas Talang Kelapa Di Subdas Lambidaro Kota Palembang*, Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan.
- Hadihardjaja, J. (1997). *Drainase Perkotaan*, Jakarta : Universitas Gunadarma.
- Harto, S. (1993). *Analisis hidrologi*, Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Hasmar Halim, H. A. (2011). *Drainase Terapan*, Yogyakarta: UII Press Yogyakarta.
- Imamuddin, M., & Antoni, H. (2019). *Analisis Kapasitas Drainase Jalan Panjang Sampai Dengan Rumah Pompa*, Prosiding Semnastek.
- Kamiana, M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Ningsih, D. H. (2012, Juli). *Metode Thiessen Polygon untuk Ramalan Sebaran Curah Hujan Periode Tertentu pada Wilayah yang Tidak Memiliki Data Curah Hujan*, Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Bandung : Nova.
- Suhardjono. (1984). *Drainase*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta : Andi.
- Syarifudin, A. (2017). *Hidrologi Terapan*, Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Wesli, I. (2008). *Drainase Perkotaan*, Yogyakarta : Graha Ilmu