

# TINJAUAN SISTEM SALURAN DRAINASE DI JALAN HASANUDIN DALAM KECAMATAN TUMINTING KOTA MANADO

Yessy Natasha Mamahit

Jeffry S. F. Sumarauw, Hanny Tangkudung

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: mamahityessy@gmail.com

## ABSTRAK

*Jalan Hasanudin Dalam, Kelurahan Islam, Kecamatan Tuminting, Kota Manado, sering tergenang bahkan banjir pada musim penghujan akibat sistem drainase yang kurang baik. Permasalahan genangan ini berdampak pada terganggunya aktivitas sosial, perekonomian dan berbagai aspek kehidupan di kelurahan tersebut.*

*Penelitian ini dilakukan untuk meninjau dan menganalisis daya pelayanan sistem drainase yang ada. Analisis hidrologi dilakukan untuk mendapatkan debit rencana ( $Q_{rencana}$ ). Untuk analisis hujan rencana, digunakan distribusi normal sebagai tipe sebaran yang memenuhi kriteria berdasarkan hasil analisis parameter statistik data. Debit rencana dihitung dengan persamaan rasional. Analisis hidraulika dilakukan untuk mendapatkan debit kapasitas saluran ( $Q_{kapasitas}$ ). Perhitungan  $Q_{kapasitas}$  menggunakan rumus Manning dan hasilnya dibandingkan dengan persyaratan  $Q_{kapasitas} \geq Q_{rencana}$  untuk mengetahui kemampuan daya tampung dari setiap ruas saluran.*

*Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat enam ruas saluran dari tiga puluh delapan ruas saluran eksisting dan satu gorong-gorong dari sebelas gorong-gorong eksisting yang sudah tidak mampu mengalirkan debit rencana sehingga perlu dilakukan perubahan dimensi agar dapat menampung debit yang ada, serta penambahan tiga ruas saluran baru pada lokasi yang belum memiliki saluran.*

**Kata Kunci:** *Jalan Hasanudin Dalam, Kelurahan Islam, Drainase, Debit Rencana.*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Drainase merupakan salah satu komponen yang tidak dapat dipisahkan dalam rancangan perencanaan pembangunan. Drainase dibuat untuk mengalirkan air yang berasal dari hujan maupun air buangan agar tidak terjadi genangan yang berlebihan pada suatu kawasan tertentu. Jadi, pada umumnya drainase berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan untuk memperbaiki dan mengurangi daerah becek, genangan air dan banjir.

Kelurahan Islam adalah salah satu daerah yang berada di Kota Manado, Kecamatan Tuminting yang sering mengalami genangan bahkan banjir ketika hujan deras. Dari hasil survei dan observasi di lapangan, saluran drainase yang berada di daerah tersebut tampak tidak baik. Terdapat beberapa saluran yang rusak, pada beberapa tempat terjadi pendangkalan pada saluran karena endapan lumpur serta sampah. Ketika hujan deras saluran drainase tidak mampu menampung air yang ada sehingga terjadi genangan. Kondisi ini

berdampak pada terganggunya aktivitas masyarakat juga berpengaruh terhadap lalu lintas di kawasan tersebut.

Untuk mengatasi permasalahan genangan tersebut, perlu dilakukan tinjauan sistem saluran drainase di Kelurahan Islam Kecamatan Tuminting Kota Manado sehingga diperoleh solusi yang dapat digunakan untuk menangani masalah genangan di daerah ini, berdasarkan bidang keilmuan teknik sipil.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, didapat rumusan masalah yaitu adanya genangan yang terjadi di Kelurahan Islam yang mengganggu kelancaran aktivitas masyarakat di daerah tersebut.

### Batasan Penelitian

Tinjauan terhadap masalah drainase sangat kompleks, untuk itu penelitian hanya dibatasi pada hal-hal berikut:

- Lokasi yang ditinjau adalah wilayah kelurahan Islam Kecamatan Tuminting

- Perencanaan sistem drainase hanya dibatasi sampai dimensi hidraulik
- Pembahasan dan analisis hanya pada limpasan akibat air hujan
- Kekuatan struktural dari saluran drainase tidak dibahas

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi masalah pada sistem drainase serta merencanakan sistem drainase yang dapat menyelesaikan masalah genangan di Kelurahan Islam.

### Manfaat Penelitian

Penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain sebagai berikut:

- Memberikan data-data dari permasalahan sistem drainase di Kelurahan Islam yang juga dapat menjadi acuan bagi pemerintah Kelurahan Islam Kecamatan Tuminting untuk rencana pengembangan sistem drainase di kemudian hari.
- Memberikan pemecahan masalah sistem drainase menurut teori hidrologi dan hidraulika saluran terbuka.

## LANDASAN TEORI

### Sistem Drainase Perkotaan

Istilah “drainase perkotaan” berasal dari bahasa Inggris “*urban drainage*”, dimana *urban* adalah perkotaan dan *drainage* adalah drainase. Menurut Suripin (2004) drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalirkan air. Drainase juga dapat diartikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.

### Data Curah Hujan

Curah hujan adalah tinggi atau tebalnya hujan dalam jangka waktu tertentu (lamanya pengamatan) yang dinyatakan dalam satuan mm. Data curah hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi untuk suatu perencanaan drainase perkotaan minimal 10 tahun pengamatan yang diperoleh dari stasiun pencatat curah hujan terdekat di lokasi perencanaan. Apabila data yang ada kurang dari 10 tahun, diupayakan melengkapinya dengan data dari stasiun lainnya yang terdekat.

### Parameter Statistik

Untuk menyelidiki susunan data kuantitatif dari suatu variabel hidrologi diperlukan ukuran-ukuran numerik yang memiliki ciri karakteristik data tersebut. Suatu nilai yang menjelaskan ciri susunan data disebut parameter. Parameter yang digunakan dalam analisis susunan data dari sebuah variabel disebut dengan parameter statistik.

Parameter statistik yang digunakan adalah Mean ( $\bar{x}$ ), Standar Deviasi (S), Koefisien Variasi (Cv), Koefisien Skewness (Cs), dan Pengukuran Kurtosis (Ck)

### Analisis Distribusi Peluang

Analisis distribusi peluang adalah menentukan besaran variabel hidrologi pada periode ulang tertentu. Analisis curah hujan yang ada harus sesuai dengan tipe distribusi datanya.

Metode-metode distribusi yang umumnya dipakai adalah Distribusi Normal, Log – Normal, Gumbel, dan Distribusi Log Pearson III

### Pemilihan Tipe Distribusi

Secara teoritis langkah awal penentuan tipe distribusi dapat dilihat dari parameter-parameter statistik data pengamatan lapangan. Parameter-parameter yang dilakukan adalah Cs, Cv, dan Ck. Kriteria pemilihan untuk tipe-tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut:

1. Distribusi Normal  
 $Cs \approx 0$ ;  $Ck \approx 3$
2. Distribusi Log-Normal  
 $Cs \approx Cv^3 + 3 Cv$   
 $Ck \approx Cv^8 + 6 Cv^6 + 15 Cv^4 + 16 Cv^2 + 3$
3. Distribusi Gumbel  
 $Cs \approx 1,14$   
 $Ck \approx 5,40$
4. Bila Kriteria 3 (tiga) sebaran diatas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log-Person III.

### Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung makin tinggi dan makin besar periode ulang makin tinggi pula intensitasnya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisa data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Untuk data hujan jangka pendek dapat digunakan rumus

Tallbot, Sherman, Ishiguro. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia dapat dihitung dengan rumus *Mononobe* (Suripin, 2004).

**Periode Ulang**

Periode Ulang adalah hujan dengan jangka waktu tertentu dan intensitas tertentu dianggap bisa terjadi atau kemungkinan terjadinya satu kali dalam batas periode yang ditetapkan.

Standar periode ulang berdasarkan tipologi kota yang ditetapkan oleh Direktorat PLP Departemen PU, ataupun standar perencanaan drainase yang diberlakukan di propinsi Sulawesi Utara melalui Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu (P3KT) seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Periode Ulang (*Return Period*) Perencanaan Drainase Perkotaan

Kelas Kota	CA < 10 Ha	CA 10-100 Ha	CA 100-500 Ha	CA > 500 Ha
Metropolitan	2	5	10	15
Besar	2	5	5	15
Sedang	2	5	5	10
Kecil	2	2	2	5

Sumber: Direktorat PLP Dept PU, (2012)

Keterangan: CA = *Catchment area*

**Waktu Konsentrasi**

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari satu titik terjauh dalam *catchment area* sampai pada titik yang ditinjau (titik kontrol). Untuk saluran air hujan perkotaan, waktu konsentrasi terdiri dari waktu yang diperlukan limpasan permukaan untuk mencapai saluran terdekat (T1) dan waktu pengaliran dalam saluran (Ts).

**Limpasan Permukaan**

Limpasan permukaan adalah aliran air kelebihan pada permukaan tanah akibat hujan. Berdasarkan prinsip dasar aliran, air akan mengalir dari daerah tinggi ke daerah yang rendah berdasarkan alur topografi, penentuan arah *run off* dilakukan dengan menggunakan peta topografi.

**Koefisien Pengaliran (C)**

Koefisien pengaliran atau *Run off Coefficient* (C) adalah suatu nilai koefisien yang menunjukkan persentase kuantitas curah hujan yang menjadi aliran permukaan (limpasan) dari curah hujan total setelah mengalami infiltrasi.

Beberapa faktor yang penting yang mempengaruhi besarnya koefisien pengaliran adalah keadaan hujan, luas daerah pengaliran,

kemiringan medan, daya infiltrasi dan perkolasi tanah dan tata guna lahan.

**Debit Rencana**

Perhitungan debit rencana dilakukan dengan menggunakan persamaan rasional, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q_{rencana} = 0,00278 C I A \tag{1}$$

dimana:

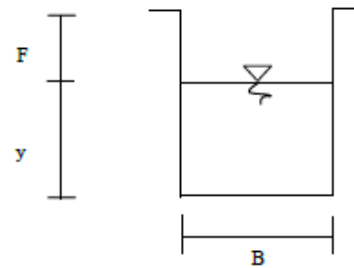
- $Q_{rencana}$  = Debit rencana (m<sup>3</sup>/det)
- C = Koefisien *run off*
- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- A = *Catchment area* (ha)

**Analisa Hidraulika**

Analisis hidraulika dimaksudkan untuk mencari dimensi hidraulis dari saluran drainase dan bangunan-bangunan pelengkapannya. Dalam menentukan besaran dimensi saluran drainase, perlu diperhitungkan kriteria-kriteria perencanaan berdasarkan kaidah-kaidah hidraulika.

**Penampang Hidraulis Saluran**

Penampang hidraulis saluran bergantung pada bentuk penampang saluran tersebut.



Gambar 1. Penampang Persegi

$$\text{Luas penampang basah: } A = B y \tag{2}$$

$$\text{Tinggi total saluran : } H = y + F \tag{3}$$

$$P = B + 2y \tag{4}$$

$$R = \frac{By}{B+2y} \tag{5}$$

dimana:

- y = Kedalaman aliran, (m)
- B = Lebar dasar saluran (m)
- F = Tinggi jagaan (m)
- P = Keliling basah (m)
- A = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)
- H = Tinggi total saluran (m)

**Kecepatan Pengaliran**

Kecepatan pengaliran harus memenuhi syarat tidak kurang dari kecepatan minimum dan tidak melebihi kecepatan maksimum yang

diizinkan sesuai dengan tipe dan bahan material saluran yang ditinjau untuk mencegah terjadinya sedimentasi atau erosi di saluran.

a. Kecepatan minimum

Kecepatan minimum yang diizinkan adalah kecepatan terendah yang tidak menyebabkan pengendapan partikel (sedimentasi) maupun tumbuhnya tumbuhan air. Kecepatan minimum ini biasanya diambil 0,75 m/det (Chow V.T. 1959).

b. Kecepatan maksimum

Kecepatan maksimum yang diizinkan atau kecepatan tahan erosi adalah kecepatan rata-rata terbesar yang tidak akan menimbulkan erosi pada tubuh saluran. Kecepatan aliran dalam saluran harus dibatasi untuk mencegah terjadinya erosi akibat kecepatan aliran yang besar.

Banyak bahan yang dipakai untuk pasangan saluran, tetapi pada prakteknya di Indonesia hanya ada 3 (tiga) bahan yang dianjurkan pemakaiannya yaitu, pasangan batu, beton, dan tanah. Pembuatan pasangan dari bahan-bahan lain tidak dianjurkan dengan alasan sulitnya memperoleh persediaan bahan, teknik pelaksanaan yang rumit dan kelemahan-kelemahan bahan itu sendiri. Pasangan batu dan beton lebih cocok untuk semua keperluan, terutama untuk drainase di kawasan perkotaan. Kecepatan maksimum yang diizinkan berdasarkan jenis tubuh saluran dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. *Permissible Maximum Velocities*

Nature of boundary	Permissible maximum velocity (m/s)
Sand soil	0,3 - 0,6
Black Cotton soil	0,6 - 0,9
Muram and hard soil	0,9 - 1,1
Firm clay and loam	0,9 - 1,15
Gravel	1,2
Disintegrated rock	1,5
Hard rock	4,0
Brick masonry with cement pointing	2,5
Brick masonry with cement plaster	4,0
Concrete	6,0
Steel lining	10,0

Sumber: Subramanya K, (1987)

**Tinggi Jagaan**

Tinggi jagaan adalah ketinggian yang diukur dari permukaan air maksimum sampai permukaan tanggul saluran atau muka tanah. Tinggi jagaan harus diperhitungkan untuk mencegah meluapnya air ke tepi saluran.

Tabel 3. Tinggi Jagaan

Debit (m <sup>3</sup> /det)	F (m)
< 0,5	0,20
0,5 - 1,5	0,20
1,5 - 5,0	0,25
5,0 - 10,0	0,30
10,0 - 15,0	0,40
> 15,0	0,50

Sumber: Chow V. T., (1964)

**Dimensi Saluran**

Berdasarkan maksud dan tujuan dalam mengidentifikasi masalah genangan untuk membuat suatu rencana sistem jaringan baru yang mengacu pada sistem jaringan yang sudah ada, maka perlu dilakukan tinjauan terhadap kapasitas dan dimensi bangunan-bangunan drainase eksisting.

Secara umum, perhitungan terbagi atas 2 (dua) bagian yaitu perhitungan kapasitas saluran-saluran eksisting dan perhitungan saluran-saluran baru. Prinsip perhitungan saluran eksisting dan saluran baru didasarkan pada asumsi kapasitas debit saluran ( $Q_{\text{kapasitas}}$ ) sama atau lebih besar dari debit hasil perhitungan ( $Q_{\text{rencana}}$ ) untuk masing-masing saluran sebagai dasar penyusunan rekomendasi penanganan teknis pada saluran-saluran eksisting dan penentuan dimensi pada saluran-saluran baru.

Untuk saluran-saluran eksisting, tahapan perhitungan dan tinjauan terhadap dimensi saluran adalah sebagai berikut:

- Tentukan dimensi saluran berdasarkan hasil inventarisasi lapangan meliputi lebar dasar saluran (B), tinggi saluran (H), dan kemiringan dasar saluran (S). Untuk kekasaran dinding saluran (n) ditentukan berdasarkan jenis saluran yang digunakan berdasarkan tabel 4.
- Tentukan tinggi aliran maksimum (y) dengan memodifikasi persamaan (3) sehingga menjadi:
 
$$y = H - F \tag{6}$$
 Penentuan tinggi jagaan (F) ditentukan dengan tabel 3.
- Hitung luas penampang basah (pers 2), keliling basah (pers. 4), dan jari-jari hidraulik saluran ( $R=A/P$ ).
- Hitung debit saluran ( $Q_{\text{kapasitas}}$ ) berdasarkan persamaan (8).
- Tinjau dan bandingkan kapasitas debit saluran ( $Q_{\text{kapasitas}}$ ) dengan debit rencana hasil perhitungan ( $Q_{\text{rencana}}$ ).

Saluran dapat memenuhi syarat kapasitas (dapat menampung debit rencana) jika  $Q_{\text{kapasitas}} \geq Q_{\text{rencana}}$ .

Aliran yang terjadi

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

Untuk dimensi saluran-saluran yang baru, tahapan awal perhitungan dimulai dengan menentukan tipe saluran dengan dimensi dan kapasitas yang diperkirakan mendekati debit rencana. Selanjutnya tahapan perhitungan identik seperti pada perhitungan saluran eksisting. Dimensi saluran yang akan digunakan dapat dipastikan bila telah memenuhi syarat kapasitas ( $Q_{\text{kapasitas}} \geq Q_{\text{rencana}}$ ).

Untuk kapasitas saluran eksisting tidak memenuhi syarat ( $Q_{\text{kapasitas}} \leq Q_{\text{rencana}}$ ), rekomendasi penanganan teknis yang diusulkan adalah penambahan kapasitas dengan penambahan tinggi saluran selama hal tersebut masih memungkinkan sampai syarat kapasitas terpenuhi, atau jika tidak memungkinkan, maka disarankan saluran dibongkar dan diganti dengan saluran yang baru sesuai dengan dimensi hasil perhitungan.

Tabel 4 Koefisien Kekasaran Manning (n)

Bahan	Koefisien Manning (n)
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

Sumber: Triatmodjo (2006)

### Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap dalam hal ini adalah bangunan yang dapat membantu fungsi drainase secara maksimal dengan mengontrol sistem aliran air hujan sampai di outlet. Fungsi dari sarana bangunan pelengkap tergantung dari pada permasalahan pada sistem drainase itu, diantaranya:

- Memperlancar surutnya genangan yang mungkin timbul diatas permukaan jalan,
- Melancarkan arus saluran,
- Mencegah tersumbatnya saluran pada segmen tertentu.

### Perencanaan Gorong-gorong

Gorong-gorong merupakan salah satu bangunan pelengkap dalam sistem drainase. Gorong-gorong adalah sarana penyeberangan aliran air apabila di atasnya terdapat jalan atau pelintasan. Gorong-gorong dapat berbentuk lingkaran atau berbentuk segi empat dengan pelat beton di atasnya sebagai penutup dan penahan dari jalan raya.

Kecepatan pengaliran perlu diperhatikan kepada pertimbangan kemampuan *self cleaning*-nya, karena biasanya gorong-gorong terletak di bawah tanah sulit dalam pemeliharannya.

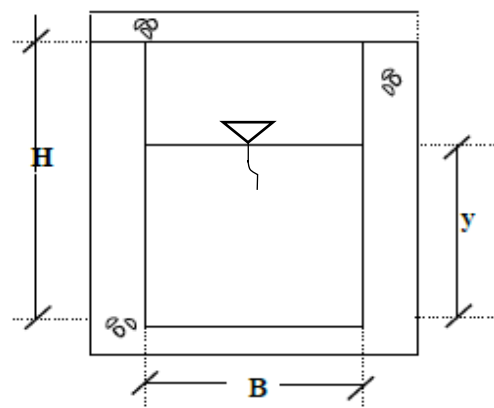
Untuk gorong-gorong pendek,  $L < 20$  meter seperti yang direncanakan dalam jaringan irigasi, nilai-nilai yang diberikan dapat dianggap mendekati benar dengan persamaan:

$$Q = \mu A V \quad (9)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

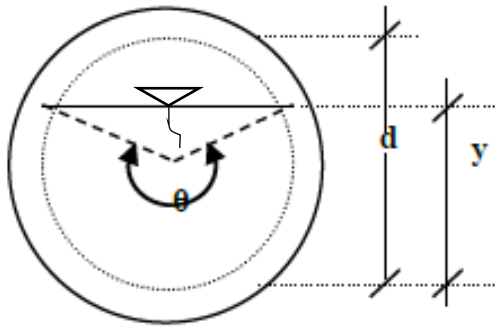
dimana:

- Q = Debit (m<sup>3</sup>/dt)
- $\mu$  = Koefisien debit
- A = Luas penampang gorong-gorong (m<sup>2</sup>)
- V = Kecepatan aliran di dalam gorong-gorong (m/det)
- S = Kemiringan dasar saluran (m)
- R = Jari-jari hidraulis (m)
- n = Koefisien kekasaran manning



Gambar 2. Gorong-gorong Segi Empat (Sumber: Ditjen Pengairan Dept PU, 1986)





Gambar 3. Gorong-gorong bentuk Lingkaran  
(Sumber: Ditjen Pengairan Dept PU, 1986)



Gambar 4. Peta Wilayah Penelitian

Luas dimensi penampang basah aliran di gorong-gorong dihitung dengan persamaan:

- Bentuk segi empat

$$A = By \quad (11)$$

$$P = B + 2y \quad (12)$$

- Bentuk lingkaran

$$A = \frac{1}{8} (\theta - \sin\theta) d^2 \quad (13)$$

$$P = \frac{1}{2} \theta d \quad (14)$$

Keterangan:

B = Lebar gorong-gorong (m)

y = Tinggi air di gorong –gorong (m)

d = Diameter gorong-gorong bentuk lingkaran (m)

P = Keliling basah (m)

A = Luas penampang gorong-gorong (m<sup>2</sup>)



Gambar 5. Kondisi Eksisting Saluran Drainase

Tabel 5. Harga  $\mu$  dalam Gorong-gorong Pendek (L < 20 m)

Tinggi Dasar Bangunan Sama Dengan Saluran		Tinggi Dasar Bangunan Lebih Tinggi Saluran		
Sisi	$\mu$	Ambang	Sisi	$\mu$
Segi Empat	0,8	Segi Empat	Segi Empat	0,72
Bulat	0,9	Segi Empat	Bulat	0,76
		Bulat	Bulat	0,85

Sumber: DitJen Pengairan Dept PU, (1986)

## METODOLOGI PENELITIAN

### Gambaran Umum Lokasi Penelitian

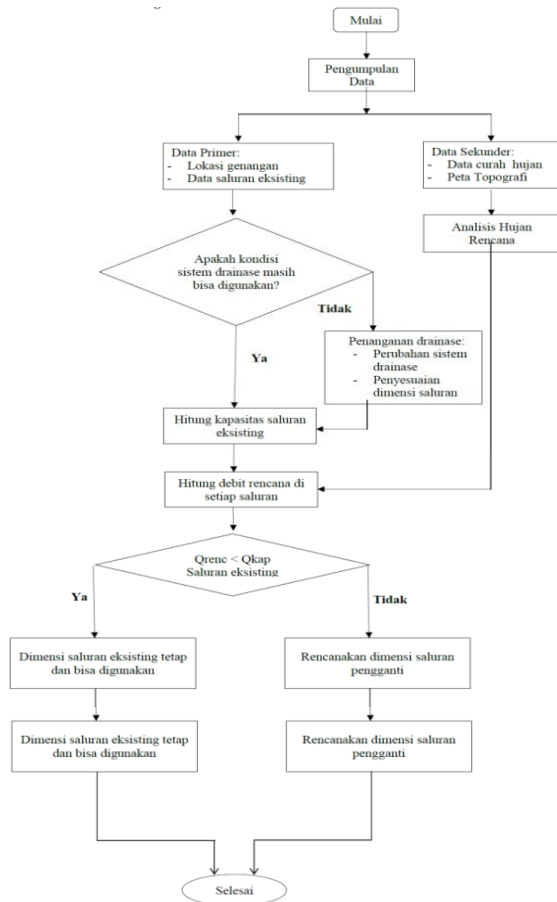
Lokasi penelitian terletak di Kelurahan Islam Kecamatan Tuminting Kota Manado. Berdasarkan letak geografisnya, lokasi penelitian berada di 1°30'30" Lintang Utara dan 124°50'45" Bujur Timur.



Gambar 6. Rencana Sistem Drainase

### Bagan Alir Penelitian

Kegiatan penelitian ini mengikuti bagan alir seperti pada gambar 7.



Gambar Bagan Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Permasalahan Genangan dan Sistem Drainase

Berdasarkan hasil survei dan wawancara yang telah dilakukan di lokasi penelitian Kelurahan Islam Kecamatan Tuminting Kota Manado, didapati kondisi eksisting drainase yang kurang baik, diantaranya terjadinya pendangkalan saluran akibat adanya sampah dan sedimen, beberapa saluran eksisting yang rusak dan tidak adanya saluran drainase di beberapa titik.

Berdasarkan permasalahan genangan dan sistem drainase yang ada maka dilakukan analisis terhadap drainase yang ada di Kelurahan Islam Kecamatan Tuminting Kota Manado. Untuk itu dibuat rencana sistem drainase yang bertitik tolak dari kondisi eksisting dan topografi di daerah penelitian. Sistem saluran drainase tersebut terhubung dengan outlet yaitu saluran primer yang menuju ke laut.

## Analisis Hidrologi

### Analisis Data Curah Hujan

Data Curah Hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahunan yang diambil dari Stasiun Talawaan, Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Jumlah data yang dipakai dalam menganalisis hidrologi ini berjumlah 11 data, selama 11 tahun pengamatan yaitu dari tahun 2008 sampai dengan 2018. Data curah hujan harian maksimum dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Talawaan

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
1	2008	161
2	2009	106
3	2010	110
4	2011	141,5
5	2012	118
6	2013	86
7	2014	94
8	2015	131
9	2016	151
10	2017	183
11	2018	102

### Uji Data Outlier

Pengujian data outlier untuk daerah pengamatan di Kelurahan Islam Kecamatan Tuminting Kota Manado sebagai berikut:

Tabel 7. Analisis Data Outlier

M	xi (mm)	log xi	(log xi - log $\bar{x}$ )	(log xi - log $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	(log xi - log $\bar{x}$ ) <sup>3</sup>
1	86	1,934	-0,154	0,024	-0,004
2	94	1,973	-0,115	0,013	-0,002
3	102	2,009	-0,080	0,006	-0,001
4	106	2,025	-0,063	0,004	0,000
5	110	2,041	-0,047	0,002	0,000
6	118	2,072	-0,016	0,000	0,000
7	131	2,117	0,029	0,001	0,000
8	141,5	2,151	0,062	0,004	0,000
9	151	2,179	0,091	0,008	0,001
10	161	2,207	0,119	0,014	0,002
11	183	2,262	0,174	0,030	0,005
$\Sigma$	1383,5	22,971	0,000	0,107	0,002
$\bar{x}$	125,773	2,088			

Nilai rata-rata	2,088
Standar deviasi	0,103
Koefisien kemencengan	0,224

### Analisis Distribusi Peluang

Berikut ini adalah syarat-syarat tipe distribusi.

- Distribusi Normal  
 $Cs \approx 0$  ;  $Ck \approx 3$
- Distribusi Log-Normal  
 $Cs \approx Cv^3 + 3 CV$   
 $Ck \approx Cv^8 + 6 Cv^6 + 15 Cv^4 + 16 Cv^2 + 3$
- Distribusi Gumbel  
 $Cs \approx 1,14$   
 $Ck \approx 5,40$

Dari hasil perhitungan, diperoleh  $-0,4 \leq C_{S_{log}} \leq 0,4$  maka dilakukan uji outlier tinggi dan rendah sekaligus.

• Uji outlier tinggi

$$\text{Log } X_h = \overline{\log x} + K_n S_{log}$$

$$n = 11$$

$$K_n = 2,088 \text{ (Diambil dari tabel nilai } K_n \text{ uji data outlier 'Soewarno', 1995)}$$

$$\text{Log } X_h = 2,088 + (2,088 \times 0,103) = 2,303$$

$$X_h = 200,909 \text{ mm}$$

Data curah hujan tertinggi yang ada adalah 183 mm sedangkan syarat tertinggi uji outlier tinggi diperoleh 200,909 mm jadi tidak terdapat data outlier tinggi. Maka masih menggunakan data yang tetap.

• Uji outlier rendah

$$\text{Log } X_l = \overline{\log x} - K_n S_{log}$$

$$n = 11$$

$$K_n = 2,088 \text{ (Diambil dari tabel nilai } K_n \text{ uji data outlier 'Soewarno', 1995)}$$

$$\text{Log } X_l = 2,088 - (2,088 \times 0,103) = 1,873$$

$$X_l = 74,644 \text{ mm}$$

Data curah hujan terendah yang ada adalah 86 mm sedangkan syarat terendah uji outlier rendah diperoleh 74,644 mm jadi tidak terdapat data outlier rendah. Maka masih menggunakan data yang tetap.

**Parameter Statistik**

Dari data pengamatan dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai-nilai parameter statistik untuk mengetahui tipe distribusi yang akan digunakan nantinya. Perhitungan nilai-nilai parameter statistik untuk data pengamatan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Nilai-nilai Parameter Statistik Bila kriteria 3 (tiga) distribusi diatas tidak memenuhi, kemungkinan tipe distribusi yang cocok adalah tipe distribusi log-Pearson tipe III.

Nilai-nilai Parameter Statistik	
Nilai rata-rata	125,773
Standar deviasi	30,469
Koefisien variasi	0,242
Koefisien kemencengan	0,564
Koefisien Keruncingan	3,274

Tabel 9. Tinjauan Distribusi Berdasarkan Parameter Statistik

No	Jenis Distribusi	Syarat Parameter Statistik	Hasil Analisis Parameter Statistik Data	Keterangan
1	Normal	$C_s \approx 0$	0.564	Memenuhi
		$C_k \approx 3$	3.274	
2	Log Normal	$C_s \approx C_v^2 + 3C_v$	0.740	Tidak Memenuhi
		$C_k \approx C_v^8 + C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	3.988	
3	Gumbel	$C_s \approx 1,14$	0.564	Tidak Memenuhi
		$C_k \approx 5,4$	3.274	
4	Log Pearson Tipe III	$C_s \approx \text{selain nilai di atas}$	0.564	Tidak Memenuhi
		$C_k \approx \text{selain nilai di atas}$	3.274	

**Analisis Hujan Rencana dengan Berbagai Kala Ulang**

Hujan rencana dengan berbagai kala ulang dihitung berdasarkan tipe distribusi normal. Distribusi normal disebut juga dengan distribusi Gauss.

$$X_{TR} = \bar{x} + S.K$$

Dengan:

$X_{TR}$  = Nilai curah hujan pada periode ulang yang diharapkan

$\bar{x}$  = Curah hujan rata-rata (mm)

S = Standar deviasi

K = Faktor frekuensi nominal, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang yang digunakan untuk analisis peluang (nilai variabel Gauss).

Maka hujan rencana untuk periode ulang 10 tahun;

$$X_{TR} = \bar{x} + S.K$$

$$X_{10\text{tahun}} = (125,773 + (30,469 \times 1,28)) = 164,773 \text{ mm}$$

**Analisis Debit Saluran Eksisting**

Perhitungan debit limpasan dilakukan dengan menggunakan persamaan rasional. Contoh perhitungan diambil tinjauan pada saluran S (3-2).

Tabel 10. Perhitungan Debit Limpasan

Luas daerah pelayanan saluran ( $A_{DPS}$ )	0,006041 km <sup>2</sup>
Panjang lintasan aliran di lahan (L)	113 m
Panjang lintasan aliran di saluran (Ls)	65 m
Kemiringan saluran (S)	0,00114 m/m
Koefisien pengaliran (C)	0,4
Koefisien kekasaran Manning (n)	0,03
Kecepatan rata-rata (v)	0,4 m/det
Waktu konsentrasi di saluran (Ts)	2,715 menit
Waktu konsentrasi di lahan (Tl)	220,04 menit
Waktu konsentrasi total (Tc)	3,713 jam
Intensitas curah hujan (I)	23,825 mm/jam
Debit limpasan (Q)	0.016005 m <sup>3</sup> /det

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 11.



Tabel 11. Perhitungan Debit Rencana

No.	Nama Saluran & Gorong-Gorong	Luas DPS (km <sup>2</sup> )	Panjang Saluran (m)	Beda Tinggi (m)	Kemiringan Dasar Saluran (S <sup>o</sup> )	n	Travel Time di Lahan		V	Travel Time di Saluran		C	T <sub>c</sub> (jam)	I (mm/jam)	Qlimpasan (m <sup>3</sup> /det)	Qtambahan		Qtotal (m <sup>3</sup> /det)
							L <sub>L</sub> (menit)	L <sub>T</sub> (menit)		L <sub>S</sub> (menit)	T <sub>S</sub> (menit)					Nama Saluran	Jumlah Q (m <sup>3</sup> /det)	
1	S(1-2)	0.017655	235	5.53237	0.02359	0.03	127	54.282	0.4	235	9.773	0.4	1.068	54.687	0.107362	-	-	0.107362
2	S(3-2)	0.006041	65	0.07422	0.00114	0.03	113	220.040	0.4	65	2.715	0.4	3.713	23.825	0.016005	-	-	0.016005
3	G(2-5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S(1-2)+S(3-2)	0.123367	0.123367
4	S(4-5)	0.004111	237	5.53237	0.02337	0.03	137	58.583	0.4	237	9.862	0.4	1.141	52.322	0.023919	-	-	0.023919
5	S(5-6)	0.019579	190	2.64910	0.01394	0.03	220	122.275	0.4	190	7.920	0.4	2.170	34.082	0.074201	S(4-5)+G(2-5)	0.147286	0.214487
6	S(7-6)	0.007181	76	0.14682	0.00194	0.03	220	327.142	0.4	76	3.150	0.4	5.505	18.323	0.014632	-	-	0.014632
7	S(8-9)	0.016105	153	0.08422	0.00055	0.03	165	461.823	0.4	153	6.371	0.4	7.803	14.520	0.026004	-	-	0.026004
8	S(10-9)	0.008754	222	4.42590	0.01997	0.03	166	77.060	0.4	222	9.234	0.4	1.438	44.833	0.043643	-	-	0.043643
9	S(11-12)	0.000176	60	0.07422	0.00124	0.03	3	5.903	0.4	60	2.489	0.4	0.140	212.004	0.004152	-	-	0.004152
10	S(12-13)	0.000160	73	1.90699	0.02616	0.03	3	1.271	0.4	73	3.037	0.4	0.072	330.708	0.005886	S(11-12)	0.004152	0.010038
11	G(13-14)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S(12-13)	0.010038	0.010038
12	S(14-15)	0.000332	111	0.64720	0.00583	0.03	3	2.622	0.4	111	4.623	0.4	0.121	233.823	0.008635	G(13-14)	0.010038	0.018673
13	G(15-16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S(14-15)	0.018673	0.018673
14	S(16-17)	0.004995	187	2.11276	0.01130	0.03	47	29.053	0.4	187	7.790	0.4	0.614	79.069	0.043920	G(15-16)	0.018673	0.062593
15	S(18-19)	0.000474	171	2.38794	0.01394	0.03	3	1.634	0.4	171	7.140	0.4	0.146	205.811	0.010850	-	-	0.010850
16	S(19-20)	0.000258	94	0.59943	0.00636	0.03	3	2.496	0.4	94	3.925	0.4	0.107	253.429	0.007266	S(18-19)	0.010850	0.018116
17	S(21-20)	0.019318	180	2.45808	0.01363	0.03	116	65.250	0.4	180	7.516	0.4	1.213	50.230	0.107901	-	-	0.107901
18	G(6-22)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S(5-6) + S(7-6)	0.236118	0.236118
19	S(22-23)	0.001975	72	0.44328	0.00612	0.03	46	38.898	0.4	72	3.019	0.4	0.699	72.553	0.015932	G(6-22)	0.236118	0.252051
20	S(23-24)	0.001250	55	0.32395	0.00589	0.03	38	32.384	0.4	55	2.291	0.4	0.578	82.333	0.011447	S(22-23)	0.252051	0.263498
21	S(24-25)	0.006818	258	2.52542	0.00977	0.03	33	21.802	0.4	258	10.770	0.4	0.543	85.839	0.065075	S(23-24)	0.263498	0.328573
22	S(26-25)	0.001187	51	0.87773	0.01708	0.03	39	19.741	0.4	51	2.141	0.4	0.365	111.906	0.014775	-	-	0.014775
23	S(27-28)	0.000311	89	0.00754	0.00008	0.03	3	22.418	0.4	89	3.707	0.4	0.435	99.436	0.003433	-	-	0.003433
24	G(9-28)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S(8-9) + S(10-9)	0.069647	0.069647
25	S(28-29)	0.012848	262	2.48438	0.00948	0.03	91	61.546	0.4	262	10.915	0.4	1.208	50.371	0.071962	G(9-28) + S(27-28)	0.073081	0.145043
26	S(30-29)	0.006069	81	0.06475	0.00080	0.03	134	311.724	0.4	81	3.393	0.4	5.252	18.906	0.012760	-	-	0.012760
27	S(31-32)	0.005697	258	2.54874	0.00988	0.03	51	33.663	0.4	258	10.751	0.4	0.740	69.807	0.044220	-	-	0.044220
28	G(32-33)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S(31-32)	0.044220	0.044220
29	S(33-34)	0.002329	81	0.06475	0.00079	0.03	47	108.514	0.4	81	3.396	0.4	1.865	37.700	0.009765	G(32-33)	0.044220	0.053985
30	G(29-34)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S(28-29) + S(30-29)	0.157803	0.157803
31	S(34-35)	0.013667	352	3.92381	0.01115	0.03	41	25.474	0.4	352	14.667	0.4	0.669	74.678	0.113493	G(29-34) + S(33-34)	0.211788	0.325281
32	S(36-37)	0.000325	60	0.57733	0.00956	0.03	3	2.138	0.4	60	2.517	0.4	0.078	314.030	0.011366	-	-	0.011366
33	G(20-37)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S(19-20) + S(21-20)	0.126017	0.126017
34	S(37-38)	0.000023	7	0.23912	0.03317	0.03	3	1.253	0.4	7	0.300	0.4	0.026	652.787	0.001656	S(36-37) + G(20-37)	0.137383	0.139039
35	G(17-38)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S(16-17)	0.062593	0.062593
36	S(38-39)	0.000156	50	0.76212	0.01537	0.03	3	1.667	0.4	50	2.065	0.4	0.062	363.857	0.006307	S(37-38) + G(17-38)	0.201631	0.207939
37	G(25-39)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S(24-25) + S(26-25)	0.343348	0.343348
38	S(39-40)	0.005036	131	0.57751	0.00440	0.03	146	144.430	0.4	131	5.474	0.4	2.498	31.025	0.017373	S(38-39) + G(25-39)	0.551287	0.568659
39	S(41-42)	0.008411	113	0.00476	0.00004	0.03	97	982.387	0.4	113	4.693	0.4	16.451	8.831	0.008260	-	-	0.008260
40	S(42-40)	0.015025	119	0.00846	0.00007	0.03	151	1179.722	0.4	119	4.977	0.4	19.745	7.819	0.013065	S(41-42)	0.008260	0.021325
41	S(43-44)	0.001592	113	0.00476	0.00004	0.03	33	335.062	0.4	113	4.688	0.4	5.662	17.981	0.003182	-	-	0.003182
42	S(44-45)	0.003282	114	0.00846	0.00007	0.03	44	335.131	0.4	114	4.750	0.4	5.665	17.976	0.006560	S(43-44)	0.003182	0.009743
43	S(40-45)	0.000024	7	0.35784	0.04842	0.03	3	0.894	0.4	7	0.308	0.4	0.020	774.316	0.002059	S(39-40) + S(42-40)	0.589985	0.592043
44	S(45-46)	0.014379	210	0.57408	0.00273	0.03	115	143.715	0.4	210	8.754	0.4	2.541	30.676	0.049050	S(40-45) + S(44-45)	0.601786	0.650836
45	S(47-48)	0.013776	356	1.20638	0.00339	0.03	53	59.726	0.4	356	14.833	0.4	1.243	49.421	0.075708	-	-	0.075708
46	G(46-48)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S(45-46)	0.650836	0.650836
47	S(48-35)	0.002953	79	0.15182	0.00192	0.03	69	103.254	0.4	79	3.292	0.4	1.776	38.955	0.012792	S(47-48) + G(46-48)	0.726544	0.739336

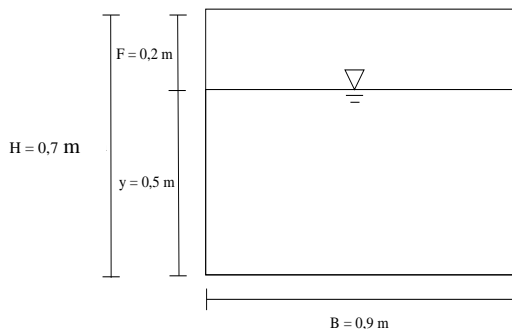
Sumber: Hasil Perhitungan

**Analisis Hidraulika**

**Analisis Kapasitas Saluran Eksisting**

Analisis dimensi saluran yang dimaksudkan yaitu untuk mengetahui kapasitas debit air yang masuk ke dalam saluran. Apabila saluran tidak mampu menampung debit air yang ada, maka dilakukan perbaikan dimensi saluran agar mendapat dimensi saluran yang baru dan mampu menampung air yang masuk ke dalam saluran tersebut.

Untuk menghitung dimensi dan debit kapasitas ditinjau saluran S (23-24). Diketahui dimensi saluran seperti gambar berikut ini.



Gambar 8. Dimensi Saluran Drainase Eksisting

- Kedalaman aliran (y) = 0,5 m
- Luas penampang basah (A) = 0,45 m<sup>2</sup>
- Keliling basah (P) = 1,9 m
- Jari-jari hidraulis (R) = 0,236 m
- Kecepatan aliran (V) = 0,9795 m/det
- Debit kapasitas (Q) = 0,4407 m<sup>3</sup>/det
- Debit rencana (Qrencana) = 0,2635 m<sup>3</sup>/det

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 12.

**Analisis Kapasitas Sistem Saluran Rencana**

Dari hasil analisis, terdapat beberapa saluran yang tidak mampu menampung debit rencana. Maka perlu dibuat sistem saluran rencana baru yang dapat menampung debit rencana tersebut.

Sebagai contoh perhitungan saluran yang ditinjau yaitu saluran 19-20. Dari hasil perhitungan pada saluran tersebut, didapat debit rencana (Qrencana) sebesar 0,01812 m<sup>3</sup>/det, dan perhitungan debit kapasitas (Qkapasitas) didapat 0,492897 m<sup>3</sup>/det. Debit kapasitas harus lebih besar dari debit rencana, maka dilakukan penyesuaian dimensi agar saluran rencana dapat menampung debit yang ada. Digunakan dimensi saluran seperti berikut: B = 0,8 m; H = 0,8 m

Tabel 12. Analisis Kapasitas Saluran Eksisting

No.	Nama Saluran & Gorong-Gorong	S	Dimensi		F (m)	y (m)	n	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V (m <sup>3</sup> /det)	Debit kapasitas (m <sup>3</sup> /det)	Debit Rencana (m <sup>3</sup> /det)	Keterangan
			H (m)	B (m)										
1	S(1-2)	0.023587	0.25	0.29	0.2	0.05	0.03	0.015	0.39	0.0372	0.5703	0.008269	0.01736	TIDAK OK
2	S(3-2)	0.001139	0.62	0.72	0.2	0.42	0.03	0.302	1.56	0.1938	0.3768	0.113951	0.01601	OK
3	G(2-5)						0.03							gorong-gorong
4	S(4-5)	0.023373	0.25	0.29	0.2	0.05	0.03	0.015	0.39	0.0372	0.5677	0.008231	0.02392	TIDAK OK
5	S(5-6)	0.013937	0.7	0.8	0.2	0.5	0.03	0.400	1.80	0.2222	1.4438	0.577504	0.22149	OK
6	S(7-6)	0.001942	0.5	1	0.2	0.3	0.03	0.300	1.60	0.1875	0.4813	0.144375	0.01463	OK
7	S(8-9)	0.000551	0.5	0.5	0.2	0.3	0.03	0.150	1.10	0.1364	0.2073	0.031089	0.02600	OK
8	S(10-9)	0.019971	0.93	0.7	0.2	0.73	0.03	0.511	2.16	0.2366	1.8019	0.920755	0.04364	OK
9	S(11-12)	0.001243	0.9	0.83	0.2	0.7	0.03	0.581	2.23	0.2605	0.4793	0.278476	0.00415	OK
10	S(12-13)	0.026165	0.48	0.9	0.2	0.28	0.03	0.252	1.46	0.1726	1.6715	0.421215	0.01004	OK
11	G(13-14)						0.03							gorong-gorong
12	S(14-15)	0.005833	0.9	1.1	0.2	0.7	0.03	0.770	2.50	0.3080	1.1611	0.894055	0.01867	OK
13	G(15-16)						0.03							gorong-gorong
14	S(16-17)	0.011300	0.8	1.1	0.2	0.6	0.03	0.660	2.30	0.2870	1.5416	1.017450	0.06259	OK
15	S(18-19)	0.013936	0.6	0.65	0.2	0.4	0.03	0.260	1.45	0.1793	1.2513	0.325331	0.01085	OK
16	S(19-20)	0.006363	0.8	0.8	0.2	0.6	0.03	0.480	2.00	0.2400	1.0269	0.492897	0.01812	OK
17	S(21-20)	0.013626	0.65	0.65	0.2	0.45	0.03	0.293	1.55	0.1887	1.2802	0.374447	0.10790	OK
18	G(6-22)						0.03						0.23612	gorong-gorong
19	S(22-23)	0.006118	0.5	1	0.2	0.3	0.03	0.300	1.60	0.1875	0.8541	0.256241	0.25205	OK
20	S(23-24)	0.005892	0.7	0.9	0.2	0.5	0.03	0.450	1.90	0.2368	0.9795	0.440754	0.26350	OK
21	S(24-25)	0.009770	0.3	0.6	0.2	0.1	0.03	0.060	0.80	0.0750	0.5860	0.035158	0.32857	TIDAK OK
22	S(26-25)	0.017081	0.8	0.8	0.2	0.6	0.03	0.480	2.00	0.2400	1.6824	0.807572	0.01478	OK
23	S(27-28)	0.000085	0.5	0.5	0.2	0.3	0.03	0.150	1.10	0.1364	0.0813	0.012196	0.00343	OK
24	G(9-28)						0.03						0.06965	gorong-gorong
25	S(28-29)	0.009484	0.65	1.03	0.2	0.45	0.03	0.464	1.93	0.2402	1.2542	0.581311	0.14504	OK
26	S(30-29)	0.000795	1.22	1.05	0.2	1.02	0.03	1.071	3.09	0.3466	0.4638	0.496737	0.01276	OK
27	S(31-32)	0.009877	0.5	0.7	0.2	0.3	0.03	0.210	1.30	0.1615	0.9826	0.206350	0.04422	OK
28	G(32-33)						0.03						0.04422	gorong-gorong
29	S(33-34)	0.000795	1.19	1.03	0.2	0.99	0.03	1.020	3.01	0.3388	0.4566	0.465607	0.05398	OK
30	G(29-34)						0.03						0.15780	gorong-gorong
31	S(34-35)	0.011147	0.93	0.84	0.2	0.73	0.03	0.613	2.30	0.2666	1.4578	0.893950	0.32528	OK
32	S(36-37)	0.009559	0.8	0.8	0.2	0.6	0.03	0.480	2.00	0.2400	1.2586	0.604127	0.01137	OK
33	G(20-37)						0.03						0.12602	gorong-gorong
34	S(37-38)	0.033170	0.8	0.8	0.2	0.6	0.03	0.480	2.00	0.2400	2.3446	1.125390	0.13904	OK
35	G(17-38)						0.03						0.06259	gorong-gorong
36	S(38-39)	0.015375	0.8	0.8	0.2	0.6	0.03	0.480	2.00	0.2400	1.5962	0.766185	0.20794	OK
37	G(25-39)						0.03						0.34335	gorong-gorong
38	S(39-40)	0.004396	0.74	0.93	0.2	0.54	0.03	0.502	2.01	0.2499	0.8767	0.440299	0.56866	TIDAK OK
39	S(41-42)	0.000042			0.2		0.03						0.00826	sakuran rencana
40	S(42-40)	0.000071	0.42	0.47	0.2	0.22	0.03	0.103	0.91	0.1136	0.0658	0.006807	0.02133	TIDAK OK
41	S(43-44)	0.000042			0.2		0.03						0.00318	sakuran rencana
42	S(44-45)	0.000074			0.2		0.03						0.00974	sakuran rencana
43	S(40-45)	0.048422	0.74	0.93	0.2	0.54	0.03	0.502	2.01	0.2499	2.9097	1.461275	0.59204	OK
44	S(45-46)	0.002732	1.05	1	0.2	0.85	0.03	0.850	2.70	0.3148	0.8064	0.685405	0.65084	TIDAK OK
45	S(47-48)	0.003389	0.7	1.4	0.2	0.5	0.03	0.700	2.40	0.2917	0.8534	0.597381	0.07571	OK
46	G(46-48)						0.03						0.65084	gorong-gorong
47	S(48-35)	0.001922	0.7	0.6	0.2	0.5	0.03	0.300	1.60	0.1875	0.4787	0.143608	0.73934	TIDAK OK

Tabel 13. Analisis Kapasitas Saluran Rencana

No.	Nama Saluran & Gorong-Gorong	S	Dimensi		F (m)	y (m)	n	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V (m <sup>3</sup> /det)	Debit kapasitas (m <sup>3</sup> /det)	Debit Rencana (m <sup>3</sup> /det)	Keterangan
			H (m)	B (m)										
1	S(1-2)	0.023587	0.45	0.4	0.2	0.25	0.03	0.100	0.90	0.1111	1.1832	0.118319	0.10736	OK
2	S(3-2)	0.001139	0.62	0.72	0.2	0.42	0.03	0.302	1.56	0.1938	0.3768	0.113951	0.01601	OK
3	G(2-5)													gorong-gorong
4	S(4-5)	0.023373	0.35	0.3	0.2	0.15	0.03	0.045	0.60	0.0750	0.9063	0.040784	0.02392	OK
5	S(5-6)	0.013937	0.7	0.8	0.2	0.5	0.03	0.400	1.80	0.2222	1.4438	0.577504	0.22149	OK
6	S(7-6)	0.001942	0.5	1	0.2	0.3	0.03	0.300	1.60	0.1875	0.4813	0.144375	0.01463	OK
7	S(8-9)	0.000551	0.5	0.5	0.2	0.3	0.03	0.150	1.10	0.1364	0.2073	0.031089	0.02600	OK
8	S(10-9)	0.019971	0.93	0.7	0.2	0.73	0.03	0.511	2.16	0.2366	1.8019	0.920755	0.04364	OK
9	S(11-12)	0.001243	0.9	0.83	0.2	0.7	0.03	0.581	2.23	0.2605	0.4793	0.278476	0.00415	OK
10	S(12-13)	0.026165	0.48	0.9	0.2	0.28	0.03	0.252	1.46	0.1726	1.6715	0.421215	0.01004	OK
11	G(13-14)													gorong-gorong
12	S(14-15)	0.005833	0.9	1.1	0.2	0.7	0.03	0.770	2.50	0.3080	1.1611	0.894055	0.01867	OK
13	G(15-16)													gorong-gorong
14	S(16-17)	0.011300	0.8	1.1	0.2	0.6	0.03	0.660	2.30	0.2870	1.5416	1.017450	0.06259	OK
15	S(18-19)	0.013936	0.6	0.65	0.2	0.4	0.03	0.260	1.45	0.1793	1.2513	0.325331	0.01085	OK
16	S(19-20)	0.006363	0.8	0.8	0.2	0.6	0.03	0.480	2.00	0.2400	1.0269	0.492897	0.01812	OK
17	S(21-20)	0.013626	0.65	0.65	0.2	0.45	0.03	0.293	1.55	0.1887	1.2802	0.374447	0.10790	OK
18	G(6-22)													gorong-gorong
19	S(22-23)	0.006118	0.5	1	0.2	0.3	0.03	0.300	1.60	0.1875	0.8541	0.256241	0.25205	OK
20	S(23-24)	0.005892	0.7	0.9	0.2	0.5	0.03	0.450	1.90	0.2368	0.9795	0.440754	0.26350	OK
21	S(24-25)	0.009770	0.7	0.7	0.2	0.5	0.03	0.350	1.70	0.2059	1.1488	0.402077	0.32857	OK
22	S(26-25)	0.017081	0.8	0.8	0.2	0.6	0.03	0.480	2.00	0.2400	1.6824	0.807572	0.01478	OK
23	S(27-28)	0.000085	0.5	0.5	0.2	0.3	0.03	0.150	1.10	0.1364	0.0813	0.012196	0.00343	OK
24	G(9-28)													gorong-gorong
25	S(28-29)	0.009484	0.65	1.03	0.2	0.45	0.03	0.464	1.93	0.2402	1.2542	0.581311	0.14504	OK
26	S(30-29)	0.000795	1.22	1.05	0.2	1.02	0.03	1.071	3.09	0.3466	0.4638	0.496737	0.01276	OK
27	S(31-32)	0.009877	0.5	0.7	0.2	0.3	0.03	0.210	1.30	0.1615	0.9826	0.206350	0.04422	OK
28	G(32-33)													gorong-gorong
29	S(33-34)	0.000795	1.19	1.03	0.2	0.99	0.03	1.020	3.01	0.3388	0.4566	0.465607	0.05398	OK
30	G(29-34)													gorong-gorong
31	S(34-35)	0.011147	0.93	0.84	0.2	0.73	0.03	0.613	2.30	0.2666	1.4578	0.893950	0.32528	OK
32	S(36-37)	0.009559	0.8	0.8	0.2	0.6	0.03	0.480	2.00	0.2400	1.2586	0.604127	0.01137	OK
33	G(20-37)													gorong-gorong
34	S(37-38)	0.033170	0.8	0.8	0.2	0.6	0.03	0.480	2.00	0.2400	2.3446	1.125390	0.13904	OK
35	G(17-38)													gorong-gorong
36	S(38-39)	0.015375	0.8	0.8	0.2	0.6	0.03	0.480	2.00	0.2400	1.5962	0.766185	0.20794	OK
37	G(25-39)													gorong-gorong
38	S(39-40)	0.004396	0.9	0.93	0.2	0.7	0.03	0.651	2.33	0.2794	0.9446	0.614914	0.56866	OK
39	S(41-42)	0.000042	0.5	0.5	0.2	0.3	0.03	0.150	1.10	0.1364	0.0574	0.008609	0.00826	OK
40	S(42-40)	0.000071	0.7	0.6	0.2	0.5	0.03	0.300	1.60	0.1875	0.0919	0.027578	0.02133	OK
41	S(43-44)	0.000042	0.4	0.4	0.2	0.2	0.03	0.080	0.80	0.1000	0.0467	0.003736</		

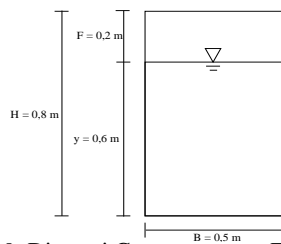
Maka,  
 Kedalaman aliran (y) = 0,6 m/det  
 Luas penampang basah (A) = 0,48 m<sup>2</sup>  
 Keliling basah (P) = 2 m  
 Jari-jari hidraulic (R) = 0,24 m  
 Kecepatan aliran (V) = 1,0269 m/det  
 Debit kapasitas (Q) = 0,49289 m<sup>3</sup>/det  
 Debit rencana (Qrencana) = 0,0181 m<sup>3</sup>/det

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 13.

**Analisis Kapasitas Gorong-gorong Eksisting**

Analisis dimensi gorong-gorong yang dimaksudkan yaitu untuk mengetahui kapasitas debit air yang masuk ke dalam gorong-gorong. Apabila gorong-gorong tidak mampu menampung debit air yang ada, maka dilakukan perbaikan dimensi saluran agar mendapat dimensi gorong-gorong yang baru dan mampu menampung air yang masuk ke dalam gorong-gorong tersebut. Berikut merupakan contoh perhitungan:

Untuk menghitung dimensi dan debit kapasitas ditinjau (gorong-gorong 13-14). Dimensi saluran seperti gambar di bawah ini:



Gambar 9. Dimensi Gorong-gorong Eksisting

Kedalaman aliran (y) = 0,6 m/det  
 Luas penampang basah (A) = 0,3 m<sup>2</sup>  
 Keliling basah (P) = 1,7 m  
 Jari-jari hidraulic (R) = 0,1765 m  
 Debit kapasitas (Q) = 0,507 m<sup>3</sup>/det  
 Debit rencana (Qrencana) = 0,010038 m<sup>3</sup>/det

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 14.

**Analisis Kapasitas Gorong-gorong Rencana**

Gorong-gorong yang direncanakan berbentuk persegi, namun dimensinya disesuaikan sehingga dapat menampung debit air yang akan melewati gorong-gorong tersebut. Gorong-gorong yang ditinjau sebagai contoh adalah (gorong-gorong 46-48). Dan gorong-gorong direncanakan berbentuk persegi dengan bangunan gorong-gorong sama rata dengan saluran. Digunakan dimensi gorong-gorong seperti berikut:

B = 0,8 m  
 H = 0,8 m

Maka,  
 Kedalaman aliran (y) = 0,6 m/det  
 Luas penampang basah (A) = 0,48 m<sup>2</sup>  
 Keliling basah (P) = 2 m  
 Jari-jari hidraulic (R) = 0,24 m  
 Debit kapasitas (Q) = 0,667 m<sup>3</sup>/det  
 Debit rencana (Qrencana) = 0,6508 m<sup>3</sup>/det

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 14. Analisis Dimensi Gorong-gorong Eksisting

No.	Saluran	Dimensi		F (m)	y (m)	L (m)	Beda Tinggi (m)	S	n	μ	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	Debit kapasitas (m <sup>3</sup> /det)	Debit Rencana (m <sup>3</sup> /det)	Keterangan
		B (m)	H (m)													
1	G(2-5)	0.68	0.85	0.2	0.65	4.4	0.986	0.226	0.03	0.8	0.442	1.98	0.2232	2.059896	0.123367	OK
2	G(13-14)	0.5	0.8	0.2	0.60	6.3	0.255	0.041	0.03	0.8	0.3	1.70	0.1765	0.507908	0.010038	OK
3	G(15-16)	0.8	0.9	0.2	0.70	6.7	0.285	0.042	0.03	0.8	0.56	2.20	0.2545	1.233990	0.018673	OK
4	G(6-22)	0.7	0.8	0.2	0.60	6.7	0.302	0.045	0.03	0.8	0.42	1.90	0.2211	0.867597	0.236118	OK
5	G(9-28)	0.9	0.7	0.2	0.50	7.3	0.920	0.127	0.03	0.8	0.45	1.90	0.2368	1.636202	0.069647	OK
6	G(32-33)	0.7	0.9	0.2	0.70	7.2	0.316	0.044	0.03	0.8	0.49	2.10	0.2333	1.038102	0.044220	OK
7	G(29-34)	0.9	0.8	0.2	0.60	7.1	0.006	0.001	0.03	0.8	0.54	2.10	0.2571	0.169275	0.157803	OK
8	G(20-37)	0.8	0.8	0.2	0.60	7.5	0.269	0.036	0.03	0.8	0.48	2.00	0.2400	0.937303	0.126017	OK
9	G(17-38)	0.8	0.9	0.2	0.70	7.5	0.153	0.021	0.03	0.8	0.56	2.20	0.2545	0.859394	0.062593	OK
10	G(25-39)	0.6	0.7	0.2	0.50	7.7	0.358	0.047	0.03	0.8	0.3	1.60	0.1875	0.565703	0.343348	OK
11	G(46-48)	0.7	0.6	0.2	0.40	7.9	0.144	0.018	0.03	0.8	0.28	1.50	0.1867	0.329260	0.650836	TIDAK OK

Tabel 15. Analisis Dimensi Gorong-gorong Rencana

No.	Saluran	Dimensi		F (m)	y (m)	L (m)	Beda Tinggi (m)	S	n	μ	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	Debit kapasitas (m <sup>3</sup> /det)	Debit Rencana (m <sup>3</sup> /det)	Keterangan
		H (m)	B (m)													
1	G(2-5)	0.68	0.85	0.2	0.65	4.4	0.986	0.226	0.03	0.8	0.442	1.98	0.2232	2.059896	0.123367	OK
2	G(13-14)	0.8	0.5	0.2	0.30	6.3	0.255	0.041	0.03	0.8	0.24	1.40	0.1714	0.398549	0.010038	OK
3	G(15-16)	0.8	0.9	0.2	0.70	6.7	0.285	0.042	0.03	0.8	0.56	2.20	0.2545	1.233990	0.018673	OK
4	G(6-22)	0.7	0.8	0.2	0.60	6.7	0.302	0.045	0.03	0.8	0.42	1.90	0.2211	0.867597	0.236118	OK
5	G(9-28)	0.9	0.7	0.2	0.50	7.3	0.920	0.127	0.03	0.8	0.45	1.90	0.2368	1.636202	0.069647	OK
6	G(32-33)	0.7	0.9	0.2	0.70	7.2	0.316	0.044	0.03	0.8	0.49	2.10	0.2333	1.038102	0.044220	OK
7	G(29-34)	0.9	0.8	0.2	0.60	7.1	0.006	0.001	0.03	0.8	0.54	2.10	0.2571	0.169275	0.157803	OK
8	G(20-37)	0.8	0.8	0.2	0.60	7.5	0.269	0.036	0.03	0.8	0.48	2.00	0.2400	0.937303	0.126017	OK
9	G(17-38)	0.8	0.9	0.2	0.70	7.5	0.153	0.021	0.03	0.8	0.56	2.20	0.2545	0.859394	0.062593	OK
10	G(25-39)	0.6	0.7	0.2	0.50	7.7	0.358	0.047	0.03	0.8	0.3	1.60	0.1875	0.565703	0.343348	OK
11	G(46-48)	0.8	0.8	0.2	0.60	7.9	0.144	0.018	0.03	0.8	0.48	2.00	0.2400	0.667398	0.650836	OK

## Pembahasan

### Survei Lokasi dan Wawancara

Survei lokasi yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui secara jelas permasalahan yang terjadi di lokasi penelitian termasuk didalamnya survei genangan yang terjadi di lokasi penelitian dan melihat kondisi saluran eksisting yang ada. Selain itu, dilakukan juga wawancara dengan pemerintah dan masyarakat setempat untuk dapat mengetahui secara pasti bahwa di lokasi penelitian tersebut sering terjadi genangan ketika hujan turun.

### Analisis Hidrologi

Dalam proses melakukan analisis hidrologi, maka diperlukan data curah hujan. Data curah hujan yang diambil yaitu data curah hujan harian maksimum dengan data pengamatan selama 11 tahun dari tahun 2008-2018 yang diambil dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1 pada stasiun Talawaan, karena stasiun tersebut berada paling dekat dengan lokasi penelitian.

Untuk menganalisis hidrologi dilakukan pengujian terhadap kualitas data dengan uji *outlier*. Uji *outlier* ini digunakan agar dapat mengetahui dalam data tersebut apakah terdapat data yang menyimpang (*outlier*) terlalu jauh dari kumpulan data, baik terlalu tinggi maupun terlalu rendah. Dari hasil perhitungan, diperoleh  $CS_{\log} = 0,224$  dengan  $(-0,4 \leq CS_{\log} \leq 0,4)$  maka dilakukan uji *outlier* tinggi dan rendah sekaligus. Hasil pengujian tersebut tidak menunjukkan adanya data *outlier* tinggi dan rendah dalam data. Sehingga tidak ada koreksi data yang dilakukan dalam pengujian *outlier*. Selanjutnya, dilakukan perhitungan parameter statistik untuk mengetahui tipe distribusi yang akan digunakan.

Nilai-nilai hasil dari perhitungan parameter statistik yaitu:

Rata-rata ( <i>mean</i> )	= 125,773
Standar deviasi ( <i>S</i> )	= 30,469
Koefisien variasi ( <i>Cv</i> )	= 0,242
Koefisien kemencengan ( <i>Cs</i> )	= 0,564
Koefisien keruncingan ( <i>Ck</i> )	= 3,274

Kemudian dilakukan penentuan tipe distribusi berdasarkan kriteria yang ada. Tipe distribusi terdiri dari distribusi normal, distribusi log-normal, distribusi *Gumbel*, dan distribusi log *Pearson* tipe-III. Dari ke empat tipe distribusi yang ada, hasil analisis parameter statistik data memenuhi kriteria dari jenis distribusi normal. Sehingga digunakan distribusi normal untuk analisis hujan rencana.

Hujan rencana yang ada dengan kala ulang 11 tahun berdasarkan distribusi normal didapat  $X_{TR} = 164,773$  mm. Untuk mengetahui debit rencana digunakan persamaan rasional  $Q = 0,278.C.I.A$ . Karena dalam perhitungan diperlukan intensitas curah hujan (*I*) yaitu tinggi kedalaman air hujan per satuan waktu, maka digunakan persamaan intensitas curah hujan dengan rumus Mononobe berdasarkan waktu konsentrasi.

### Analisis Hidraulika

Analisis hidraulika dilakukan untuk mengetahui kondisi saluran eksisting yang ada di lokasi penelitian apakah mampu menampung debit air yang masuk di saluran tersebut dengan berdasarkan syarat  $Q_{\text{kapasitas}} \geq Q_{\text{rencana}}$ . Sehingga, dapat diidentifikasi saluran dan gorong-gorong mana yang masih mampu untuk menampung debit air yang masuk. Apabila saluran tidak mampu menampung debit air yang ada, maka perlu dilakukan perencanaan dimensi saluran pengganti sehingga didapat dimensi saluran yang sesuai untuk mampu menampung debit air yang melewati saluran dan gorong-gorong tersebut.

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian ini, ditemukan beberapa saluran eksisting dan gorong-gorong yang tidak mampu mengalirkan debit air yang masuk ke saluran seutuhnya karena adanya pendangkalan oleh sedimen dan sampah. Juga, terdapat beberapa titik di lokasi penelitian yang tidak memiliki saluran drainase sehingga resiko terjadinya genangan di lokasi penelitian menjadi semakin tinggi. Maka dari itu perlu adanya perbaikan untuk saluran yang sudah tidak sesuai, baik perubahan dimensi saluran maupun penambahan saluran di beberapa titik lokasi serta perlu diadakan perbaikan dari beberapa dimensi gorong-gorong agar dapat menunjang perencanaan sistem drainase yang baik.

Dengan permasalahan yang terjadi, maka hal yang harus diterapkan berdasarkan hasil analisis hidraulika adalah sebagai berikut:

- Pembuatan sistem drainase yang baru
- Pembuatan ruas saluran baru yaitu; S(41-42), S(43-44), S(44-45)
- Perubahan dimensi saluran drainase terhadap saluran eksisting yang ada yaitu; S(1-2), S(4-5), S(24-25), S(39-40), S(42-40), S(45-46), & S(48-35).
- Perubahan dimensi gorong-gorong terhadap gorong-gorong eksisting yang ada yaitu; G(46-48).

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisis maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Di lokasi penelitian Kelurahan Islam, Kecamatan Tuminting, Kota Manado, terdapat beberapa saluran dan gorong-gorong eksisting yang sudah tidak mampu mengalirkan debit yang masuk di saluran, sehingga perlu adanya perbaikan dimensi untuk beberapa saluran dan gorong-gorong serta penambahan saluran baru di beberapa titik guna menunjang kinerja dari sistem drainase yang ada.
2. Dari tiga puluh delapan ruas saluran eksisting yang ada terdapat tujuh ruas saluran yang

dimensinya harus diperbaiki diantaranya; S(1-2), S(4-5), S(24-25), S(39-40), S(42-40), S(45-46), & S(48-35).

3. Penambahan tiga ruas saluran baru diantaranya; S(41-42), S(43-44), S(44-45)
4. Dari sebelas gorong-gorong eksisting, terdapat satu yang harus dilakukan perbaikan dimensi yaitu; G(46-48).

### Saran

Perlu diadakan kegiatan sosialisasi tentang kebersihan lingkungan kepada masyarakat agar dapat mengetahui dan menyadari pentingnya untuk menjaga kebersihan lingkungan serta merawat saluran drainase secara rutin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous. 2008. *Publikasi Hidrologi Stasiun Talawaan*. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Satuan Kerja Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Manado.
- Chow, V. T. 1964. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Terjemahan E. V. Nensi Rosalia. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Direktorat Jendral Pengairan Dept PU, 1986. *Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Standart Perencanaan Irigasi KP-04*, Jakarta.
- Soewarno, 1995, *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*, Jilid Pertama, NOVA, Bandung.
- Subramanya, K. 1987. *Flow In Open Channel*. McGraw-Hill Publishing Company Limited. New Delhi.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang., 2006. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.



Halaman ini sengaja dikosongkan