

ANALISIS SISTEM DRAINASE DI KELURAHAN TIKALA KUMARAKA KOTA MANADO

Amanda Maria Porajouw

Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: amandaporajouw@gmail.com

ABSTRAK

Kelurahan Tikala Kumaraka sering terjadi genangan yang disebabkan oleh air hujan. Genangan tersebut mengakibatkan terganggunya aktivitas masyarakat sekitar dan para pengguna jalan, Perlu dilakukan penataan kembali sistem saluran drainase.

Survey lapangan dilakukan untuk mengetahui secara tepat penyebab terjadi genangan. Dilakukan analisis hidrologi, menggunakan distribusi Log-Pearson III dan menghitung debit rencana dengan Metode Rasional. Analisis hidraulika dilakukan untuk menghitung kapasitas tampung saluran eksisting dan saluran rencana dengan menggunakan rumus Manning. Hasil dari kedua analisis ini dibandingkan ($Q_{kapasitas} > Q_{rencana}$) untuk melihat daya tampung dari setiap ruas saluran. Berdasarkan hasil analisis di lokasi ada beberapa ruas saluran eksisting tidak mampu menampung debit hujan dengan kala ulang 10 tahun. Perlu dilakukan perubahan dimensi saluran agar mampu menampung debit yang ada. Ada penambahan saluran rencana karena di beberapa lokasi belum memiliki saluran

Kata kunci : Tikala-Kumaraka, Genangan, Sistem Drainase

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kelurahan Tikala Kumaraka adalah salah satu daerah yang sering mengalami genangan pada saat musim hujan. Daerah tersebut pada dasarnya sudah memiliki sistem drainase namun pada saat musim hujan masih terjadi genangan.

Untuk mengurangi kemungkinan kerusakan atau gangguan akibat genangan yang terjadi maka diperlukan penataan kembali jaringan sistem drainase di daerah tersebut.

Rumusan Masalah

Terjadinya genangan di Kelurahan Tikala Kumaraka telah mengganggu aktivitas masyarakat dan berpotensi merusak konstruksi jalan pada daerah genangan tersebut.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis masalah sistem drainase di Kelurahan Tikala Kumaraka yang mengakibatkan genangan.
2. Memperoleh sistem drainase baru yang dapat menanggulangi masalah genangan

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat membantu menangani atau mengatasi masalah genangan di Kelurahan Tikala Kumaraka dengan adanya sistem drainase yang baru sehingga aktivitas para pengguna jalan dan masyarakat sekitar tidak terganggu.

LANDASAN TEORI

Sistem Drainase

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris "drainage" mempunyai arti mengalir, menguras, membuang, atau mengalirkan air. (Suripin.2004)

Analisis Hidrologi

Siklus Hidrologi merupakan proses berkelanjutan dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kembali ke bumi. (karim,dkk.2016)

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan merupakan analisis awal data curah hujan sebelum diolah untuk digunakan pada analisis selanjutnya (Rotikan, dkk 2019).

Parameter Statistik

Parameter yang digunakan dalam analisis susunan data dari sebuah variabel disebut dengan parameter statistik. Parameter statistik yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Mean (\bar{x})

Mean adalah nilai rata-rata dari suatu variable.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Keterangan :

- \bar{x} = Nilai rata-rata curah hujan (mm),
- x_i = Curah hujan pada tahun pengamatan ke-i (mm),
- n = Jumlah data curah hujan.

Untuk perhitungan nilai log seperti pada analisis data *outlier* distribusi persamaan diatas harus diubah dahulu ke dalam bentuk

$$\log \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x_i$$

Keterangan :

- $\log \bar{x}$ = Nilai rata-rata curah hujan (mm),
- $\log x_i$ = Nilai curah hujan pada tahun pengamatan ke-i dalam log (mm),
- n = Jumlah data curah hujan.

2. Standar Deviasi (S)

Standar deviasi atau simpangan baku adalah suatu nilai pengukuran dispersi terhadap data yang dikumpulkan.

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Keterangan :

- \bar{x} = Nilai rata-rata curah hujan (mm),
- x_i = Curah hujan pada tahun pengamatan ke-i (mm),
- n = Jumlah data curah hujan,
- S = Standar deviasi.

Untuk perhitungan dalam nilai log maka persamaan tersebut harus diubah dahulu kedalam bentuk logaritmik, sehingga menjadi :

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

Keterangan :

- $\log \bar{x}$ = Nilai rata-rata dalam log (mm),
- $\log x_i$ = curah hujan pada tahun pengamatan ke-i dalam log (mm),
- n = jumlah data curah hujan,
- S_{\log} = standar deviasi dalam log.

3. Koefisien Variasi (C_V)

Koefisien variasi (*coefficient of variation*) adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$C_V = \frac{S}{\bar{x}} \quad (5)$$

Keterangan :

- \bar{x} = Nilai rata-rata curah hujan (mm),
- C_V = Koefisien variasi,
- S = Standar deviasi.

4. Koefisien Skewness (C_S)

Koefisien *Skewness* adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu

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

Keterangan :

- \bar{x} = Nilai rata-rata curah hujan (mm),
- x_i = Nilai curah hujan pada tahun pengamatan ke-i (mm),
- n = Jumlah data curah hujan,
- S = Standar deviasi,
- C_S = Koefisien *skewness*.

Untuk perhitungan dalam nilai log seperti pada analisis data *outlier* maka persamaan tersebut harus diubah dahulu kedalam bentuk logaritmik, sehingga menjadi:

$$C_{S_{\log}} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (7)$$

Keterangan :

- $\log \bar{x}$ = Nilai rata-rata curah hujan (mm),
- $\log x_i$ = Nilai curah hujan pada tahun pengamatan ke-i dalam log (mm),
- n = Jumlah data curah hujan,
- S_{\log} = Standar deviasi dalam log,
- $C_{S_{\log}}$ = Koefisien *skewness* dalam log.

- Bila $C_S = 0$, maka bentuknya simetris
- $C_S < 0$, maka kurva condong ke kiri
- $C_S > 0$, maka kurva condong ke kanan

5. Pengukuran Kurtosis (C_K)

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$C_K = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (8)$$

Keterangan :

- \bar{x} = Nilai rata-rata curah hujan (mm),
- C_k = Koefisien kurtosis,
- x_i = Nilai curah hujan pada tahun pengamatan ke - i (mm)
- n = Jumlah data curah hujan,
- S = Standar deviasi.

Secara teoritis bila nilai :

$C_k = 3$, disebut dengan distribusi yang mesokurtis (*mesokurtic*), artinya puncaknya tidak begitu runcing dan tidak begitu datar, serta berbentuk distribusi normal.

$C_k > 3$, disebut dengan distribusi yang leptokurtis (*leptokurtic*), artinya puncaknya sangat runcing.

$C_k < 3$, disebut dengan distribusi yang platikurtis (*platikurtic*), artinya puncaknya lebih datar.

Uji Data Outlier

Data *outlier* adalah data yang secara statistik menyimpang jauh dari kumpulan datanya. Berikut ini adalah syarat untuk pengujian data *outlier* berdasarkan koefisien *skewness* ($C_{S_{log}}$).

- $C_{S_{log}} > 0,4$; uji *outlier* tinggi, koreksi data kemudian, *outlier* rendah.
- $C_{S_{log}} < -0,4$; uji *outlier* rendah, koreksi data kemudian, *outlier* tinggi.
- $-0,4 \leq C_{S_{log}} \leq 0,4$; uji bersama *outlier* tinggi atau rendah, kemudian koreksi.

Persamaan uji *outlier* tinggi dan rendah yang digunakan adalah sebagai berikut :

a) Uji *outlier* tinggi dengan :

$$\log X_H = \log \bar{x} + K_n \times S_{log}$$

b) Uji *outlier* rendah dengan :

$$\log X_L = \log \bar{x} - K_n \times S_{log}$$

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

$$C_{S_{log}} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

Keterangan :

- $\log \bar{x}$ = Nilai rata-rata curah hujan (mm),
- $C_{S_{log}}$ = Koefisien *skewness* (dalam log),
- S_{log} = Standar deviasi (dalam log),
- X_H = Nilai batas data *outlier* tinggi (dalam log),
- X_L = Nilai batas data *outlier* rendah (dalam log),
- K_n = Nilai K (untuk *outlier test*).

Analisis Distribusi Peluang

Analisis distribusi peluang adalah menentukan besaran variabel hidrologi pada periode ulang tertentu dengan melihat nilai syarat parameter yang akan digunakan sebagai pemilihan tipe distribusi yang akan digunakan. (Rurung, 2019). Metode-metode distribusi yang umumnya dipakai adalah :

1. Distribusi Normal

Distribusi normal disebut juga dengan distribusi Gauss.

$$\text{Rumus : } X_{TR} = \bar{x} + K S \quad (13)$$

dengan :

X_{TR} = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T – tahunan,

\bar{x} = Nilai rata-rata curah hujan (mm),

S = Standar deviasi,

K = Faktor frekuensi normal, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang (nilai variabel Gauss).

2. Distribusi Log-Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal dengan merubah variant X menjadi logaritmik log X_{TR} .

$$\text{Rumus : } \log X_{TR} = \log \bar{x} + K S_{log} \quad (14)$$

dengan :

$\log X_{TR}$ = Curah hujan tergantung pada Tr dalam log, (9)

$\log \bar{x}$ = Nilai rata-rata dalam log, (10)

S_{log} = Standar deviasi dalam log, (10)

K = Faktor frekuensi normal, (11) merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang (nilai variabel Gauss).

3. Distribusi Gumbel

Tipe distribusi ini umumnya digunakan untuk analisis data maksimum.

$$\text{Rumus : } X_{TR} = \bar{x} + K_{TR} S \quad (15)$$

dengan:

X_{TR} = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T –

S = Standar deviasi,
 $K_{TR} = \frac{[-\ln\{-\ln\frac{T_r-1}{T_r}\}]-Y_n}{S_n}$
 Y_n = *Reduced mean*, yang tergantung jumlah sampel atau data n ,
 S_n = *Reduced standard deviation*, yang juga tergantung pada jumlah sampel/data.

4. Distribusi Log Pearson III
 Tiga parameter penting dalam Log Pearson III :

1. Harga rata-rata (\bar{x})
2. Standar deviasi dalam log (S_{log})
3. Koefisien kemencengan ($C_{S_{log}}$)

Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi Log Pearson III :

1. Ubah data kedalam bentuk logaritmis, $X = \text{Log } X$
2. Hitung harga rata-rata (\bar{x})
3. Hitung standar deviasi dalam log (S_{log})
4. Hitung koefisien kemencengan ($C_{S_{log}}$)
5. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T .

Rumus : $\log X_{TR} = \log \bar{x} + K \times S_{log}$

Pemilihan Tipe Distribusi

Setiap tipe distribusi memiliki sifat yang khas sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat masing-masing tipe distribusi tersebut (Pania Giovan, 2013). Kriteria pemilihan untuk tiap tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut :

- 1) Distribusi Normal
 $C_S \approx 0 ; C_K \approx 3$
- 2) Distribusi Log-Normal
 $C_S \approx C_V^3 + 3 C_V$
 $C_K \approx C_V^8 + 6 C_V^6 + 15 C_V^4 + 16 C_V^2 + 3$
- 3) Distribusi Gumbel
 $C_S \approx 1,14 ; C_K \approx 5,40$
- 4) Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log-Normal III.

Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia dapat dihitung dengan rumus Mononobe (Suripin,2004).

Rumus Mononobe : $I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3}$ (18)

Keterangan :
 I = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam),
 R_{24} = Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm),
 T_c = Waktu konsentrasi (jam).

Periode Ulang

Periode Ulang adalah periode waktu/tahun dimana suatu hujan dengan jangka waktu tertentu dan intensitas tertentu dianggap bisa terjadi atau kemungkinan terjadinya satu kali dalam batas period yang ditetapkan (Lengkong, 2018).

Tabel 1. Periode ulang (*return period*) perencanaan drainase perkotaan

Tipologi Kota	DAERAH TANGKAPAN AIR (Ha)			
	< 10	10 – 100	101 – 500	> 500
Metropolitan	2 Th	2-5 Th	5-10 Th	10-25 Th
Besar	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-20 Th
Sedang	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-10 Th
Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2-5 Th

Sumber : Direktorat PLP Dept PU, 2012.

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). Persamaan yang digunakan adalah:

$T_C = T_L + T_S$ (19)

Dimana:

$T_L = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right]$ (20)

$T_S = \frac{L_S}{60 \times V}$ (21)

Keterangan :
 T_C = Waktu konsentrasi (menit),
 T_L = Waktu konsentrasi di lahan (menit),
 T_S = Waktu konsentrasi di saluran (menit),
 L_L = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m),
 n = Koefisien kekasaran Manning,
 S = Kemiringan dasar saluran,
 L_S = Panjang lintasan aliran di dalam saluran (m),
 V = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/det).

Debit Rencana

Perhitungan debit rencana dilakukan dengan menggunakan metode rasional. Metode yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q_{rencana} = 0,278 \times C \times I \times A_{DPS} \quad (22)$$

Keterangan :

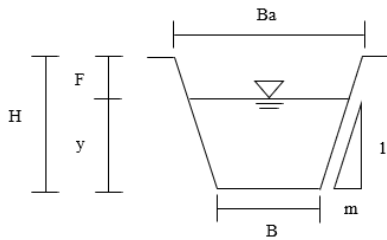
- Q_{rencana} = Debit rencana (m³/det),
- C = Koefisien pengaliran,
- I = Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam),
- A_{DPS} = Luas daerah pengaliran saluran (*catchment area*) (km²).

Analisis Hidraulika

Analisis hidraulika dimaksudkan untuk mencari dimensi hidraulis dari saluran drainase dan bangunan-bangunan pelengkapya.

Penampang Hidraulis Saluran

- Penampang berbentuk trapesium



Rumus :

$$A = (B + my)y$$

$$P = B + 2y \sqrt{1 + m^2}$$

$$H = y + F$$

$$R = A/P$$

Keterangan :

- y = Kedalaman aliran, yaitu jarak vertikal dari dasar saluran yang terendah sampai permukaan basah (m),
- B = Lebar dasar saluran (m),
- Ba = Lebar atas saluran (m),
- m = Faktor kemiringan tebing saluran,
- F = Tinggi jagaan,
- A = Luas penampang basah (m²),
- H = Tinggi total saluran.
- P = Keliling basah (m),
- R = Jari-jari hidraulis (m).

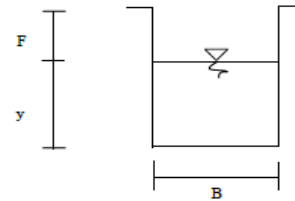
- Penampang Persegi

Rumus :

$$A = B \times y \quad (27)$$

$$P = B + 2y \quad (28)$$

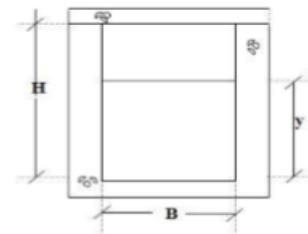
$$R = \frac{B \times y}{B + 2y} \quad (29)$$



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 berupa bois beton (lingkaran) atau *box culvert* (saluran empat persegi panjang) dengan pelat beton di atasnya sebagai penutup dan penahan dari jalan raya.

- Bentuk segi empat



$$Q = \mu \times A \times V \quad (30)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (23) \quad (31)$$

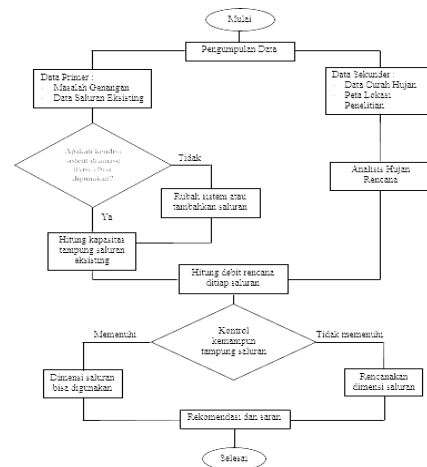
$$P = B + 2y \quad (24) \quad (32)$$

$$(25) \quad (32)$$

$$(26)$$

METODOLOGI PENELITIAN

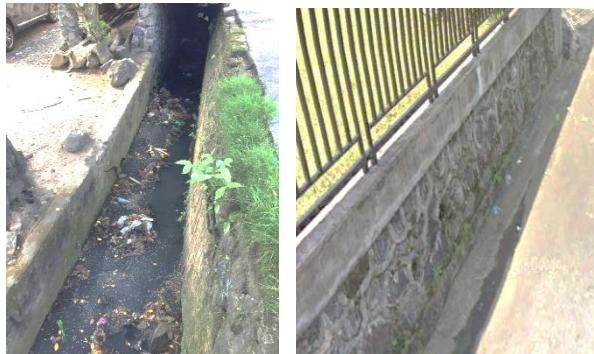
Tahapan pelaksanaan penelitian :



HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Eksisting Saluran Drainase

Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan di tempat penelitian, Kelurahan Tikala Kumaraka ,kondisi saluran eksisting yang ada kurang baik sehingga perlu penataan kembali saluran-saluran yang bermasalah dan perlu penambahan saluran drainase demi kelancaran sistem drainase yang ada. Gambar di bawah ini merupakan beberapa keadaan saluran eksisting yang ada di tempat penelitian.



Gambar 1. Kondisi eksisting di lapangan dan kondisi ruas yang tidak memiliki saluran

Analisis Hidrologi

Data Curah Hujan

Dalam analisis hidrologi ini digunakan data curah hujan harian maksimum pengamatan selama 10 tahun yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I yang menggunakan stasiun Tikala Sawangan

Tabel 2. Curah hujan harian maksimum di Pos Tikala Sawangan

No.	Tahun	Hujan Harian Max (mm)
1	2008	90,7
2	2009	100,3
3	2010	90
4	2011	120,3
5	2012	144
6	2013	130,8
7	2014	175
8	2015	110
9	2016	188
10	2017	123

Uji Data Outlier

Pengujian data outlier dimulai dengan menghitung nilai-nilai parameter statistik, nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan (*Skewness*) dari data yang ada dan data pengamatan diubah dalam nilai log. Pengujian data outlier sebagai berikut :

Tabel 3. Analisis Data Outlier

M	xi (mm)	log xi	(log xi - log x̄)	(log xi - log x̄)²	(log xi - log x̄)³
1	90	1.954242509	-0.13745	0.01889	-0.00260
2	90.7	1.957607287	-0.13408	0.01798	-0.00241
3	100.3	2.001300933	-0.09039	0.00817	-0.00074
4	110	2.041392685	-0.05030	0.00253	-0.00013
5	120.3	2.080265627	-0.01142	0.00013	0.00000
6	123	2.08991	-0.00178	0.00000	0.00000
7	130.8	2.116607744	0.02492	0.00062	0.00002
8	144	2.158362492	0.06667	0.00445	0.00030
9	175	2.243038049	0.15135	0.02291	0.00347
10	188	2.274157849	0.18247	0.03330	0.00608
Σ	1272.1	20.91688	0.00000	0.10897	0.00398
x̄	127.21	2.091688			

a. Nilai Rata-Rata

$$\log \bar{x} = \frac{\sum \log x_i}{n} = \frac{20,91688}{10} = 2,091688$$

b. Standar Deviasi

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,10897}{10-1}} = 0,110036$$

Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

$$C_{S_{\log}} = \frac{n \sum (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(S_{\log})^3} = \frac{10 \times (0,00398)}{9 \times 8 \times (0,110036^3)}$$

$$= 0,41491$$

Dari hasil perhitungan didapat $C_{S_{\log}} > 0,4$; uji outlier tinggi, koreksi data kemudian, outlier rendah

• **Uji outlier tinggi**

$$\log X_H = \log X + K_n \times S_{\log}$$

karena $n = 10$ maka $K_n = 2,036$ (Diambil dari tabel nilai K_n uji data outlier ‘Soewarno’, 1995)

$$\log X_H = 2,091688 + (2,036 \times 0,110036)$$

$$= 2,31588$$

$$X_H = 206,958 \text{ mm}$$

Data curah hujan tertinggi yang ada adalah 188 mm sedangkan syarat tertinggi uji outlier tinggi diperoleh 206,958 mm jadi

tidak terdapat data *outlier* tinggi. Maka masih menggunakan data tetap.

• Uji *outlier* rendah

$$\text{Log } X_L = \log \bar{x} - K_n \times S_{\log}$$

$$n = 10$$

$K_n = 2,036$ (diambil dari tabel nilai K_n uji data *outlier* 'Soewarno', 1995) 4.

$$\text{Log } X_L = 2,091688 - (2,036 \times 0,11003) = 1,86749$$

$$X_L = 73,7043 \text{ mm.}$$

Data curah hujan terendah yang ada adalah 90 mm sedangkan syarat terendah uji *outlier* rendah diperoleh 73,7043 mm jadi tidak terdapat data *outlier* rendah. Maka masih menggunakan data yang tetap.

Parameter Statistik

Untuk mengetahui tipe distribusi yang digunakan, terlebih dahulu harus mengetahui nilai-nilai parameter statistik. Nilai-nilai parameter tersebut seperti berikut :

1. Rata-rata (*Mean*)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1272,1}{10} = 127,21$$

2. Standar Deviasi (Simpangan Baku)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{10077,469}{9}} = 33,4621$$

3. Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*)

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{33,46219}{127} = 0,263047$$

4. Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*)

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

$$CS = \frac{10}{(10-1)(10-2)(33,4621)^3} (213394,90092)$$

$$CS = 0,791022$$

5. Koefisien Kurtosis (*Kurtosis Coefficient*)

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

$$Ck = \frac{10}{(10-1)(10-2)(10-3)(33,46219)^4} X (2360540,48)$$

$$Ck = 0,3681$$

Tabel 4. Perhitungan parameter statistik pengamatan

No.	x_i (mm)	$\log x_i$	$(x_i - \bar{X})$	$(x_i - \bar{X})^2$	$(x_i - \bar{X})^3$	$(x_i - \bar{X})^4$	$(\log x_i - \overline{\log X})$	$(\log x_i - \overline{\log X})^2$	$(\log x_i - \overline{\log X})^3$
1	90	1.954242509	36.99583333	1368.691684	50635.8894	1873316.9	1.0827058	1.1722519	1.2692040
2	90.7	1.957607287	37.69583333	1420.975851	53564.8688	2019172.4	1.0860706	1.1795494	1.2810739
3	100.3	2.001300933	47.29583333	2236.895851	105795.853	5003703	1.1297643	1.2763673	1.4419941
4	110	2.041392685	56.99583333	3248.525017	185152.39	10552915	1.1698560	1.3685631	1.6010217
5	120.3	2.080265627	67.29583333	4528.729184	304764.604	20509388	1.2087289	1.4610257	1.7659840
6	123	2.089905111	69.99583333	4899.416684	342938.754	24004284	1.2183684	1.4844216	1.8085725
7	130.8	2.116607744	77.79583333	6052.191684	470835.296	36629024	1.2450711	1.5502020	1.9301116
8	144	2.158362492	90.99583333	8280.241684	753467.492	68562402	1.2868258	1.6559207	2.1308815
9	175	2.243038049	121.99583333	14882.98335	1815661.96	221503193	1.3715014	1.8810160	2.5798160
10	188	2.274157849	134.99583333	18223.87502	2460147.19	332109621	1.4026212	1.9673461	2.7594414
Σ	1272.1	20.91688029	742.05833	65142.52601	6542964.3	722767020	12.2015135	14.9966637	18.5681007
(\bar{X})	53.004167	0.871536679							

Analisis Distribusi Peluang

Berdasarkan parameter statistik perkiraan awal distribusi dilakukan dengan melihat syarat-syarat tipe distribusi, yaitu :

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 di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log- Pearson III.

Tabel 5. Tinjauan distribusi berdasarkan parameter statistik

No	Tipe Distribusi	Syarat Parameter Statistik	Hasil Syarat Parameter	Parameter Hasil Analisis	Keterangan
1.	Distribusi Normal	$Cs = 0$ $Ck \approx 3$	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$		Tidak Memenuhi
2.	Distribusi Log-Normal	$Cs \approx Cv^3 + 3Cv$ $Ck \approx Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$	$Cs = 1,02213$ $Ck = 4,91349$	$Cs = 0,79102$ $Ck = 0,3681$	Tidak Memenuhi
3.	Distribusi Gumbel	$Cs \approx 1,14$ $Ck \approx 5,40$	$Cs \approx 1,14$ $Ck \approx 5,40$		Tidak Memenuhi
4.	Distribusi Log-Pearson III	Karena tidak ada yang memenuhi dari ketiga kriteria di atas maka tipe sebaran ini dianggap mengikuti tipe Distribusi Log-Pearson III			

Analisis Debit Saluran Eksisting

- *Catchment Area*
Catchment Area (daerah tangkapan) merupakan luas daerah limpasan yang berpengaruh terhadap suatu saluran.

- Koefisien Pengaliran (C)
 Penentuan koefisien pengaliran (C) diperoleh dengan melihat penggunaan lahan pada lokasi perencanaan.

- Debit Limpasan
 Perhitungan debit limpasan dilakukan dengan menggunakan metode rasional. Contoh perhitungan ditinjau S(6-7).

- Luas daerah pelayaran saluran (A_{DPS}) = $0,000349 \text{ km}^2$
- Panjang lintasan aliran di lahan (L_L) = $13,75 \text{ m}$
- Panjang lintasan aliran di saluran (L_S) = $22,5 \text{ m}$
- Kemiringan dasar saluran (S) = $0,26667$
- Nilai koefisien pengaliran (C) = $0,4$
- Nilai V (kecepatan) untuk perhitungan T_s = $0,4 \text{ m/det}$
- Koefisien kekasaran Manning (n) = $0,013$

- Waktu Konsentrasi

- Waktu konsentrasi di saluran

$$T_s = \frac{L_s}{60 \times V} = \frac{22,5}{60 \times 0,4} = 0,93 \text{ menit}$$
- Waktu konsentrasi di lahan

$$T_L = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right]$$

$$= \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times 13,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,26667}} \right]$$

$$= 0,75 \text{ menit}$$
- Waktu konsentrasi total

$$T_C = T_s + T_L = 0,93 \text{ menit} + 0,75 \text{ menit}$$

$$= 1,69 \text{ menit} = 0,028 \text{ jam}$$

- Intensitas curah hujan sealama waktu konsentrasi dengan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{172,5}{24} \left(\frac{24}{0,04} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 509,1 \text{ mm/jam}$$

- Debit Limpasan

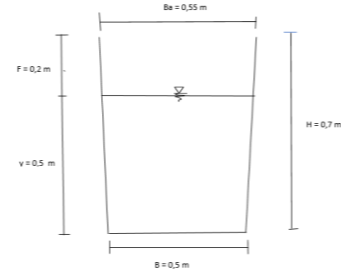
$$Q = 0,278 \times C \times I \times A_{DPS}$$

$$= 0,278 \times 0,4 \times 509,1 \times 0,000349$$

$$= 0,0250 \text{ m}^3/\text{det}$$

Analisis Hidraulika

Analisis dimensi saluran yang dimaksudkan yaitu untuk mengetahui kapasitas debit air yang masuk ke dalam saluran. Untuk menghitung dimensi dan debit kapasitas ditinjau (saluran 46-47). Dimensi saluran seperti gambar dibawah ini :



- Tinggi aliran di saluran
 $y = H - F = 0,7 - 0,2 = 0,5 \text{ m}$

- Kemiringan dinding saluran

$$m = \frac{Ba - B}{2H} = \frac{0,55 - 0,5}{2 \times 0,7} = 0,0357$$

- Luas penampang basah

$$A = (B + my)y$$

$$= (0,5 + 0,0357 \times 0,5) \times 0,5$$

$$= 0,02589 \text{ m}^2$$

- Keliling Basah

$$P = B + 2y\sqrt{1 + m^2}$$

$$= 0,5 + 2(0,5)\sqrt{1 + 0,0357^2}$$

$$= 1,5 \text{ m}$$

- Jari – jari hidraulis

$$R = A/P$$

$$= 0,02589/1,5 = 0,172 \text{ m}$$

- Kecepatan aliran

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,013} \times 0,172^{2/3} \times 0,26667^{1/2}$$

$$= 12,311 \text{ m/det}$$

- Debit kapasitas

$$Q_{\text{kapasitas}} = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,013} \times$$

$$0,02589^{2/3} \times 0,172 \times 0,26667^{1/2}$$

$$= 3,187 \text{ m}^3/\text{det}$$

- Debit rencana

$$Q_{\text{rencana}} = 0,278 \times C \times I \times A_{DPS}$$

$$= 0,278 \times 0,4 \times 509,1 \times$$

$$0,000349$$

$$= 0,160862 \text{ m}^3/\text{det}$$

- Analisis Kapasitas Gorong-gorong Eksisting
Untuk menghitung dimensi dan debit kapasitas ditinjau gorong-gorong (12-18). Dimensi saluran seperti gambar di bawah ini :

- $y = H - F$
 $= 0,74 - 0,20 = 0,54 \text{ m}$

- Luas penampang basah
 $A = By$
 $= 0,70 \times 0,54 = 0,378 \text{ m}$

- Keliling basah
 $P = B + 2y = 0,70 + 2 \times 0,54 = 1,78 \text{ m}$

- Jari-jari hidraulic
 $R = A/P$
 $= 0,378/1,78 \text{ m} = 0,2123$

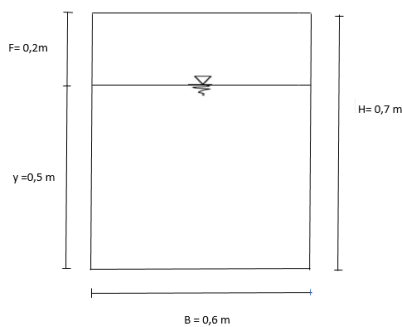
- Debit kapasitas
 $Q_{kaps} = \mu \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$
 $= 0,8 \times \frac{1}{0,013} \times 0,378 \times 0,2123^{\frac{2}{3}} \times 0,1884^{\frac{1}{2}}$
 $= 3,5937 \text{ m}^3/\text{det}$

- Debit rencana
 $Q = 0,27x C x I x Adps$
 $= 0,06811 \text{ m}^3/\text{det}$

Tabel 8. Perhitungan Dimensi Gorong-gorong eksisting

No.	Gorong-gorong	Dimensi		F	y	L	S	n	μ	A	P	R	Qkaps	Qrencana	Keterangan
		B	H												
1	G(8-9)	0.40	0.47	0.2	0.27	6	0.07943	0.013	0.8	0.108	0.94	0.114894	0.44268	0.669635882	GANTI
2	G(12-18)	0.70	0.74	0.2	0.54	6	0.18838	0.013	0.8	0.378	1.78	0.21236	3.5937	0.068110482	OK
3	G(16-15)	0.33	0.35	0.2	0.15	6	0.029	0.013	0.8	0.0495	0.63	0.078571	0.09516	0.282020494	GANTI
4	G(33-36)	1.40	1.10	0.2	0.9	6	0.04027	0.013	0.8	1.26	3.2	0.39375	8.35931	0.6543	OK

- Analisis Kapasitas Gorong-gorong Rencana
Gorong-gorong yang ditinjau sebagai contoh adalah G(43-58). Dan gorong-gorong direncanakan berbentuk persegi dengan bangunan gorong-gorong sama rata dengan saluran. Pada G(43-58) digunakan dimensi gorong-gorong seperti berikut :



$B = 0,60 \text{ m}$
 $H = 0,70 \text{ m}$

- $y = H - F$
 $= 0,70 - 0,20$
 $= 0,50 \text{ m}$

- Luas penampang basah
 $A = By$
 $= 0,60 \times 0,50$
 $= 0,2 \text{ m}^2$

- Keliling basah
 $P = B + 2y$
 $= 0,60 + 2 \times 0,50 = 1,6 \text{ m}$

- Jari-jari hidraulic
 $R = A/P$
 $= 0,3 / 1,6 = 0,1875 \text{ m}$

- Debit kapasitas
 $Q_{kaps} = \mu \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} = 0,8 \times \frac{1}{0,013} \times 0,3 \times 0,1875^{\frac{2}{3}} \times 0,0794 \text{ m}^3/\text{det} = 1,7045 \text{ m}^3/\text{det}$

- Debit rencana
 $Q_{rencana} = 0,27x C x I x Adps$
 $= 0,72653 \text{ m}^3/\text{det}$

Maka,

Tabel 9. Perhitungan Dimensi Gorong-Gorong Rencana

No.	Gorong-gorong	Dimensi		F	y	L	S	n	μ	A	P	R	Qkaps	Qrencana	Keterangan
		B	H												
1	G(8-9)	0.40	0.50	0.2	0.30	6	0.13677	0.013	0.8	0.12	1	0.12	0.66443	0.208999535	OK
2	G(12-18)	0.45	0.55	0.2	0.35	6	0.16501	0.013	0.8	0.1575	1.15	0.136957	1.04611	0	OK
3	G(16-15)	0.40	0.50	0.2	0.3	6	0.0323	0.013	0.8	0.12	1	0.12	0.32288	0.019564353	OK
4	G(33-36)	0.40	0.70	0.2	0.5	6	0.03264	0.013	0.8	0.2	1.4	0.142857	0.60766	0.1243543	OK
5	G(43-58)	0.60	0.70	0.2	0.5	6	0.07943	0.013	0.8	0.3	1.6	0.1875	1.70449	0.669635882	OK
6	G(44-59)	0.65	0.85	0.2	0.65	6	0.02465	0.013	0.8	0.4225	1.95	0.216667	1.47266	1.449382116	OK
7	G(64-67)	0.70	0.74	0.2	0.54	6	0.18838	0.013	0.8	0.378	1.78	0.21236	3.5937	0.068110482	OK

Pembahasan

• Survei lokasi

Survey lokasi yaitu untuk mengetahui keadaan atau permasalahan yang terjadi di lokasi penelitian dan melihat kondisi saluran eksisting yang ada. Serta, melakukan wawancara dengan masyarakat sekitar untuk mengetahui yg lebih pasti bahwa di lokasi penelitian tersebut sering mengalami genangan pada saat hujan. Lokasi pembuangan mengarah langsung ke sungai dekat Tikala Kumaraka

• Analisis Hidrologi

Dalam analisis hidrologi diperlukan data curah hujan. Data curah hujan yang diambil yaitu data curah hujan harian maksimum dengan data pengamatan selama 10 tahun dari tahun 2008 – 2017 yang diambil dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi Utara I pada Stasiun Tikala Sawangan. Dalam analisis hidrologi ini dilakukan uji *outlier* untuk mengetahui apakah ada data yang menyimpang dari data yang diambil, ternyata dalam uji *outlier* tidak terdapat data yang menyimpang. Setelah itu dilakukan analisis frekuensi untuk mengetahui hujan rencana dan tipe distribusi yang akan digunakan dengan melihat syarat-syarat tipe distribusi. Dari hasil perhitungan didapat Standar deviasi (S) = 33,46219, Koefisien kemencengan (*Skewness Coefficient*) (C_s) = 0,791022, Koefisien kurtosis (*Kurtosis Coefficient*) (C_k) = 0,3681 dan Koefisien variasi (*Variation Coefficient*) (C_v) = 0,263047 dengan melihat syarat-syarat distribusi maka digunakan distribusi Log-Pearson III. Hujan rencana yang ada didapat dari hasil analisis hidrologi adalah $X_{TR} = 172,5$ mm

• Analisis Hidraulika

Analisis hidrolika dilakukan untuk mengetahui kondisi kapasitas saluran eksisting yang ada di lokasi peneliti an apakah saluran mampu menampung debit aliran yang masuk di saluran tersebut dengan mengacu pada syarat bahwa $Q_{kapasitas} > Q_{rencana}$. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, diperoleh bahwa saluran drainase yang ada sudah tidak mampu menampung debit aliran yang masuk, hal ini terjadi karena ada beberapa saluran mempunyai ukuran dimensi yang dangkal bahkan ada yang tidak mempunyai saluran. Perlu dilakukan

perbaikan-perbaikan saluran serta penambahan saluran drainase baru di lokasi penelitian dan penambahan gorong-gorong baru karena banyak saluran yang fungsinya sudah tidak berjalan dengan baik.

Dari hasil analisis maka dilakukan:

- Pembuatan sistem drainase yang baru.
- Pembuatan ruas saluran yang baru, yaitu: S(19-49), S(20-21), S(22-23), S(32-33), S(34-70), S(36-37), S(38-39), S(40-39), S(48-49),S(49-19),S(55-56),S(56-52),S(59-60),S(66-67),S(67-68)
- Perubahan dimensi saluran eksisting, yaitu: S(10-13), S(18-19),S(16-17),S(23-25), S(30-32), S(33-34), S(31-35), S(35-36), S(41-42),S(50-51),S(58-61),S(43-62), S(65-64)
- Perubahan dimensi gorong-gorong eksisting, yaitu : G(8-9),G(16-15)
- Pembuatan Gorong-gorong baru , G(43-58), G(44-59), G(64-67)

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis maka disimpulkan :

1. Di Kelurahan Tikala Kumaraka sudah memiliki sistem drainase namun sistem itu tidak mampu menampung debit aliran yang masuk di saluran dan masih ada beberapa ruas jalan yang belum memiliki saluran, karena itu masih perlu penambahan ruas saluran baru serta perubahan dimensi saluran eksisting yang tidak mampu lagi menampung debit aliran, agar sistem drainase dapat berfungsi dengan baik.
2. Dari ruas saluran eksisting yang ada semuanya harus dibuat perubahan dimensi saluran yang baru S(10-13), S(18-19),S(16-17), S(23-25), S(30-32), S(33-34), S(31-35), S(35-36), S(41-42),S(50-51), S(58-61), S(43-62), S(65-64)
3. Penambahan saluran yang baru, yaitu : S(19-49), S(20-21), S(22-23), S(32-33), S(34-70), S(36-37), S(38-39), S(40-39),

- S(48-49),S(49-19), S(55-56), S(56-52),S(59-60), S(66-67),S(67-68)
4. Perubahan dimensi gorong-gorong terhadap gorong-gorong eksisting yang ada yaitu : G(8-9),G(16-15)
 5. Pembuatan Gorong-gorong baru: G(43-58), G(44-59), G(64-67)

Saran

Perlu adanya kesadaran masyarakat setempat agar membuang sampah sembarangan terlebih khusus di saluran drainase. Perlu adanya perawatan saluran secara rutin oleh masyarakat setempat (kerja bakti membersihkan saluran dari sedimentasi dan sampah agar tidak menumpuk sehingga saluran tidak akan tersumbat.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, 2018. *Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Tikala Sawangan*
- Direktorat PLP Dept PU, 2012. *Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan,*
- Intan A. N. S. A. Karim., Cindy J. Supit, Liany A. Hendratta, 2016. *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Motongkad Utara Kecamatan Nuangan Kabupaten Bolaang Mongondouw Timur.* Jurnal Sipil Statik Vol. 4 No. 11 November 2016 (705-714) ISSN: 2337-6372, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Lengkong Jeanifer., Jeffry S. F. Sumarauw, Eveline M. Wuisan, 2018. *Penataan Sistem Saluran Drainase di Kompleks Perumahan Minanga Permai Kelurahan Malalayang Dua Kecamatan Malalayang Kota Manado.* Jurnal Sipil Statik Volume 6 Nomor 5. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Ondang Gisela., Jeffry S. F. Sumarauw, Eveline M. Wuisan, 2018. *Pengembangan Sistem Drainase di Lingkungan Lima Kelurahan Wawalintouan Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa.* Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.2 Februari 2018 (75-90) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Pania Heri Giovan., Hanny Tangkudung, Lingkan Kawet, Eveline M. Wuisan, 2013. *Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Kampus Universitas Sam Ratulangi.* Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.3 Februari 2013 (164-170), Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Rotikan Janti., Jeffry S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma, 2019. *Penataan Sistem Drainase di Jalan Singa Laut Malalayang Dua.* Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.3 Maret 2019 (337-350) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Rurung Muhammad Alriansyah., Herawaty Riogilang, Liany A. Hendratta, 2019. *Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan dengan Sumur Resapan di Lahan Perumahan Wenwin – Sea Tumpengan Kabupaten Minahasa.* Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.2 Februari 2019 (189-200) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data,* Nova, Bandung.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan,* Andi Offset, Yogyakarta,