

Tinjauan Sistem Drainase Di Kelurahan Maasing Kecamatan Tuminting Kota Manado

Gusti Ayu Sandra^{#1}, Jeffry S. F. Sumarauw^{*2}, Hanny Tangkudung^{#3}

[#]Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi
Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

¹sndrgu@gmail.com

²jeffrysumarauw@ymail.com

³tangkudunghanny@gmail.com

Abstrak

Kelurahan Maasing, Kecamatan Tuminting, Kota Manado, masih belum luput dari permasalahan sistem drainase. Permasalahan ini diduga disebabkan oleh beberapa faktor utama yakni meningkatnya debit limpasan permukaan dan penurunan kinerja saluran yang kapasitasnya sudah tidak mampu untuk menampung dan mengalirkan debit air dengan baik. Permasalahan genangan dapat berdampak pada terganggunya aktivitas sosial, perekonomian dan berbagai aspek kehidupan di kelurahan tersebut. Berdasarkan kondisi yang ada, perlu dilakukan tinjauan beserta analisis terhadap daya pelayanan sistem drainase yang ada untuk merancang suatu sistem drainase yang efektif sebagai solusi permasalahan berdasarkan bidang keilmuan teknik sipil. Dilakukan analisis hidrologi dengan hasil akhir 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 bertujuan untuk mendapatkan debit kapasitas saluran ($Q_{kapasitas}$). Dilakukan perhitungan $Q_{kapasitas}$ dengan menggunakan rumus Manning dan hasilnya dibandingkan dengan persyaratan $Q_{kapasitas} \geq Q_{rencana}$ untuk mengetahui kemampuan daya tampung dari setiap ruas saluran. Hasil analisis penelitian menunjukkan bahwa terdapat delapan ruas saluran dari enam puluh delapan ruas saluran eksisting dan empat gorong-gorong dari dua puluh gorong-gorong eksisting yang sudah tidak mampu mengalirkan debit rencana sehingga dilakukan perubahan dimensi agar dapat menampung debit yang ada. Serta dilakukan penambahan dua belas ruas saluran baru untuk beberapa lokasi yang belum memiliki saluran.

Kata Kunci — analisis hidrologi, analisis hidraulika, debit rencana, debit kapasitas, genangan

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam suatu kawasan perkotaan, sistem drainase merupakan komponen penting yang dirancang untuk mengalirkan debit air, baik air yang berasal dari siklus hidrologi yang terjadi, maupun air buangan kegiatan masyarakat. Sistem drainase yang dirancang dengan baik dapat meminimalisir kemungkinan terjadinya masalah genangan dan banjir yang dapat membawa dampak negatif terhadap kehidupan masyarakat sekitarnya.

Dari sekian banyak daerah di Kota Manado, Kelurahan Maasing yang terletak di kecamatan Tuminting merupakan salah satu daerah pemukiman padat dengan beberapa fasilitas umum sebagai penunjang seperti klinik, sekolah dasar, masjid, dan lain sebagainya. Terlepas dari itu, Kelurahan Maasing masih belum luput dari permasalahan sistem drainase yang berdasarkan observasi di lapangan, di temukan beberapa titik lokasi rawan genangan. Permasalahan ini diduga disebabkan oleh beberapa faktor utama yakni meningkatnya debit limpasan permukaan dan penurunan kinerja saluran yang kapasitasnya sudah tidak mampu untuk menampung dan mengalirkan air dengan lancar. Adanya perubahan fungsi lahan dapat menjadi penyebab meningkatnya kuantitas air yang menjadi debit limpasan. Sedangkan penurunan kinerja saluran dapat dilihat dari adanya pendangkalan saluran oleh sedimen, penyumbatan oleh sampah yang menumpuk dan lain sebagainya.

Permasalahan genangan dapat berdampak pada terganggunya aktivitas sosial, perekonomian dan berbagai aspek kehidupan di kelurahan tersebut. Berdasarkan kondisi ini, perlu dilakukan tinjauan beserta analisis terhadap daya pelayanan sistem drainase yang ada untuk merancang suatu sistem drainase yang efektif sebagai solusi permasalahan berdasarkan bidang keilmuan teknik sipil.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, didapat rumusan masalah yaitu adanya genangan pada beberapa titik di Kelurahan Maasing pada saat terjadinya hujan yang dapat mengganggu kelancaran aktivitas kehidupan masyarakat di daerah tersebut.

C. Batasan Masalah

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

1. Perencanaan sistem drainase hanya dibatasi sampai dimensi hidraulis.
2. Pembahasan dan analisis hanya pada limpasan akibat air hujan.
3. Kekuatan struktural dari saluran drainase tidak dibahas.

D. Tujuan Penelitian

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

E. Manfaat Penelitian

Dalam penyusunan tugas akhir ini, diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain sebagai berikut:

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

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Gambar lokasi penelitian berupa kondisi saluran eksisting dan ruas yang belum memiliki saluran ditunjukkan pada Gambar 1.

B. Diagram Alir Penelitian

Kegiatan penelitian ini mengikuti diagram alir seperti pada Gambar 2.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Eksisting Saluran Drainase

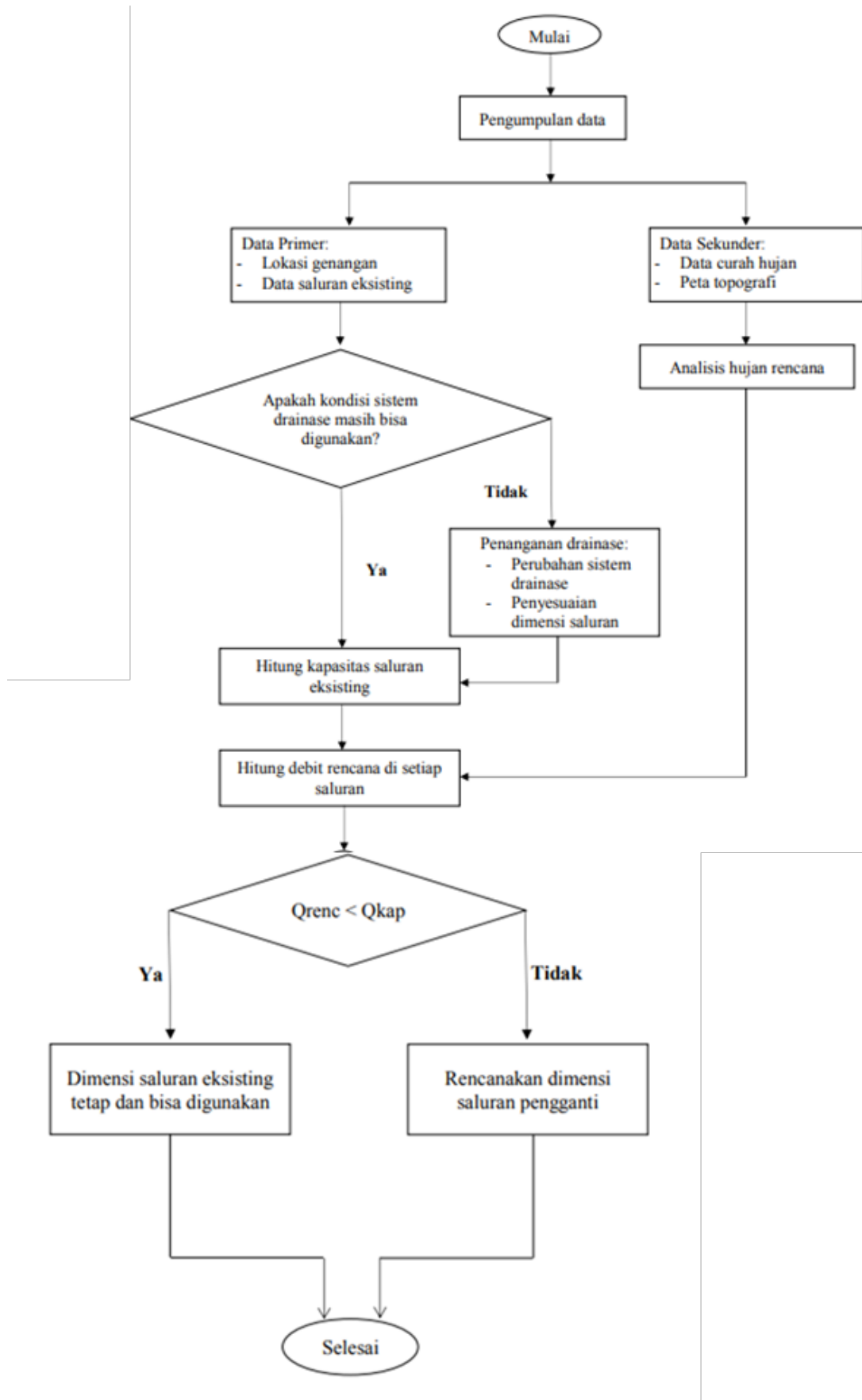
Berdasarkan hasil survei dan wawancara yang telah dilakukan di lokasi penelitian Kelurahan Maasing, Kecamatan Tuminting, Kota Manado, didapati kondisi eksisting drainase yang kurang baik. Kondisi tersebut diantaranya saluran drainase yang mengalami pendangkalan akibat sedimen dan beberapa titik lokasi yang tidak memiliki saluran drainase.

B. Penentuan Rencana Sistem Drainase

Berdasarkan permasalahan genangan pada sistem drainase yang ada maka dilakukan analisis terhadap sistem drainase di Kelurahan Maasing, 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 teluk Manado (Gambar 3.)



Gambar 1. Kondisi Eksisting Di Lapangan Dan Kondisi Ruas Yang Tidak Memiliki Saluran



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. Rencana Sistem Drainase

C. Analisa Hidrologi

1. 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 1.

2. Uji Data Outlier

Pengujian data outlier dimulai dengan menghitung nilai-nilai parameter statistik, nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan (coefficient of skewness) dari data yang ada dan data pengamatan diubah dalam nilai log. Pengujian data outlier untuk daerah pengamatan di Kelurahan Maasing, Kecamatan Tuminting, Kota Manado, dapat dilihat pada Tabel 2.

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

• Uji Outlier Tinggi

$$\text{Log } X_h = \text{log } X + K_n \times S_{\log}$$

Karena $n = 11$ maka $K_n = 2,088$ (Diambil dari tabel nilai K_n uji data outlier ‘Soewarno’, 1995)

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

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

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

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

$n = 11$, maka $K_n = 2,088$ (diambil dari tabel nilai K_n uji data outlier ‘Soewarno’, 1995)

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

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

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.

TABEL 1
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 |

TABEL 2
Analisis Data Outlier

| M | xi (mm) | log xi | (log xi - log \bar{x}) | (log xi - log \bar{x}) ² | (log xi - log \bar{x}) ³ |
|-----------|---------|--------|---------------------------|--|--|
| 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 |
| Σ | 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 | 0,223 |

3. 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 3.

4. Analisis Distribusi Peluang

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

1. Distribusi Normal

$$C_s \approx 0; C_k \approx 3$$

2. Distribusi Log-Normal

$$C_s \approx C_v3 + 3 C_v$$

$$C_k \approx C_v8 + 6 C_v6 + 15 C_v4 + 16 C_v2 + 3$$

3. Distribusi Gumbel

$$C_s \approx 1,14; C_k \approx 5,40$$

Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log- Pearson III.

5. 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:

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

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

$$S = \text{Standar deviasi}$$

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;
 $X_{TR} = \bar{x} + S.K$
 $X_{10\text{th}} = (125,773 + (30,469 \times 1,28)) = 164,773 \text{ mm}$

TABEL 3
Nilai-nilai Parameter Statistik

| Tabel Nilai-nilai Parameter Statistik | |
|---------------------------------------|---------|
| Rata-rata (Mean) | 125,773 |
| Standar Deviasi (Simpanan Baku) | 30,469 |
| Koefisien Variasi | 0,242 |
| Koefisien Kemencengan | 0,564 |
| Koefisien Keruncingan | 3,274 |

TABEL 4
Tinjauan Distribusi Berdasarkan Parameter Statistik

| No | Jenis Distribusi | Syarat Parameter Statistik | Hasil Analisis Parameter Statistik Data | Keterangan |
|----|----------------------|--|---|----------------|
| 1 | Normal | $Cs \approx 0$ | 0.564 | Memenuhi |
| | | $Ck \approx 3$ | 3.274 | |
| 2 | Log Normal | $Cs \approx Cv^3 + 3Cv$ | 0.740 | Tidak Memenuhi |
| | | $Ck \approx Cv^8 + Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$ | 3.988 | |
| 3 | Gumbel | $Cs \approx 1.14$ | 0.564 | Tidak Memenuhi |
| | | $Ck \approx 5.4$ | 3.274 | |
| 4 | Log Pearson Tipe III | $Cs \approx$ selain nilai di atas | 0.564 | Tidak Memenuhi |
| | | $Ck \approx$ selain nilai di atas | 3.274 | |

6. Analisis Hidrologi

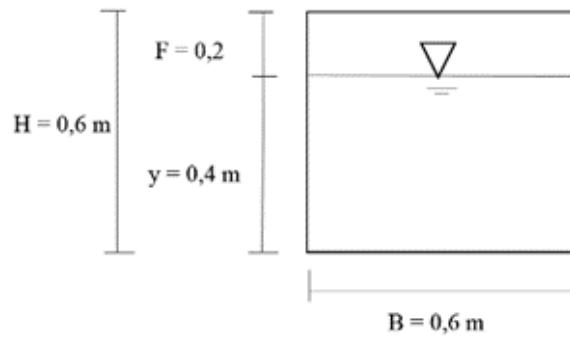
- Analisis Debit Saluran Eksisting
 Perhitungan debit limpasan dilakukan dengan menggunakan persamaan rasional. Contoh perhitungan diambil tinjauan pada saluran S (21-20), dimana:
 - Luas daerah pelayanan saluran (ADPS) = 0,000650 km²
 - Panjang lintasan aliran di lahan (LI) = 54,2 m
 - Panjang lintasan aliran di saluran (Ls) = 40 m
 - Kemiringan saluran (S) = 0,014363 m/m
 - Koefisien pengaliran (C) = 0,4
 - Koefisien kekasaran Manning (n) = 0,013
 - Kecepatan rata-rata (v) = 0,4 m/det
 Diperoleh:
 - Waktu konsentrasi di saluran (Ts) = 1,667 menit
 - Waktu konsentrasi di lahan (Tl) = 12,856 menit
 - Waktu konsentrasi total (Tc) = 14,253 menit = 0,242 jam

- Intensitas curah hujan dengan rumus Mononobe = 147,081 mm/jam
 - Debit limpasan = 0,010626 m³/det
- Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.

- Analisis Kapasitas Saluran Eksisting
 Analisis dimensi saluran yang dimaksud yaitu untuk mengetahui kapasitas debit air yang masuk ke dalam saluran. Apabila saluran tidak mampu menampung debit air yang ada, maka perlu dilakukan perencanaan dimensi saluran pengganti sehingga mendapat dimensi saluran yang sesuai yang dapat menampung debit air yang melewati saluran tersebut.

Hasil perhitungan dimensi dan debit kapasitas pada saluran S (31-30) adalah sebagai berikut:

- y = 0,4 m
- A = 0,240 m²
- P = 1,40 m
- R = 0,1714 m
- V = 25,5357 m/det
- Q_{kap} = 6,128568 m³/det
- Q_{ren} = 0,029462 m³/det



Gambar 4. Dimensi Saluran Drainase Eksisting

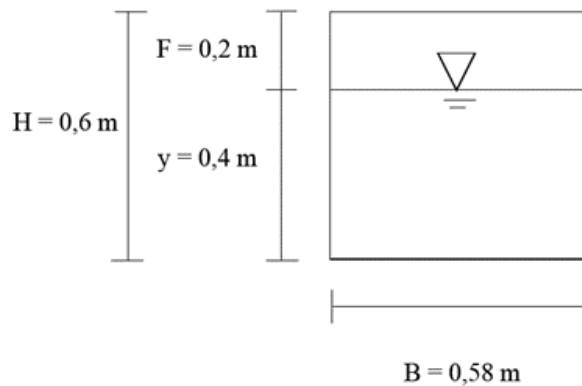
• Analisis Kapasitas Sistem Saluran Rencana

Hasil analisis menunjukkan bahwa beberapa saluran tidak mampu untuk menampung debit rencana. Maka diperlukan untuk membuat sistem saluran rencana baru yang mampu untuk menampung debit rencana.

Saluran yang ditinjau sebagai perhitungan adalah saluran S (45-47). Dari hasil perhitungan pada saluran tersebut, didapat debit rencana ($Q_{rencana}$) sebesar 0,75903 m³/det. Kemudian dilakukan perhitungan debit kapasitas ($Q_{kapasitas}$) dengan hasil 0,470842 m³/det. Terakhir, dilakukan penyesuaian dimensi agar

dapat menampung $Q_{rencana}$ dengan dimensi saluran seperti berikut:

- B = 0,5 m
- H = 0,6 m
- Maka dilakukan perhitungan hidraulis dengan hasil:
- y = 0,4 m
- A = 0,200 m²
- P = 1,30 m
- R = 0,1538 m
- V = 7,9700 m/det
- Q = 1,593996 m³/det
- $Q_{ren} = 0,75903$ m³/det



Gambar 5. Dimensi Gorong-gorong Eksisting

• Analisis Kapasitas Gorong-gorong Eksisting

Analisis dimensi gorong-gorong dilakukan untuk mengetahui kapasitas debit air yang masuk ke dalam gorong-gorong. Jika gorong-gorong tidak mampu menampung debit air yang ada, maka dilakukan perubahan dimensi gorong-gorong sehingga mampu untuk menampung debit air yang melewati gorong-gorong tersebut.

Analisis dimensi dan debit kapasitas, ditinjau gorong-gorong G (3-9). Diketahui dimensi gorong-gorong seperti Gambar 5:

- y = 0,4 m
- A = 0,232 m²
- P = 1,38 m

- R = 0,1681 m
- $Q_{kap} = 1,075220$ m³/det
- Debit rencana:

- Q saluran (2-3) = 0,064587 m³/det
- Q saluran (4-3) = 0,004998 m³/det
- Q gorong-gorong (3-9) = Q saluran (2-3) + Q saluran (4-3)
- = 0,064587 + 0,004998
- = 0,069584 m³/det

• Analisis Kapasitas Gorong-gorong Rencana
Gorong-gorong yang direncanakan berbentuk persegi dan dimensinya disesuaikan sehingga dapat

7. Pembahasan

• Analisis Hidrologi

Dalam analisis hidrologi dilakukan pengujian terhadap kualitas data dengan uji outlier. Uji outlier digunakan untuk mengetahui apakah dalam data tersebut terdapat data yang menyimpang (outlier) terlalu jauh dari kumpulan datanya, baik terlalu tinggi maupun terlalu rendah.

Untuk data curah hujan maksimum dengan pengamatan selama 11 tahun untuk Stasiun Talawaan, berdasarkan perhitungan nilai parameter statistik diperoleh hasil $-0,4 \leq Cs_{log} \leq 0,4$ yaitu $Cs_{log} = 0,223$ 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.

Dari data pengamatan, selanjutnya dilakukan perhitungan parameter statistik untuk mengetahui tipe distribusi yang akan digunakan. Nilai-nilai hasil dari perhitungan parameter statistik pada Tabel 3.

Berdasarkan perhitungan parameter statistik, 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.

Dari hasil analisis hujan rencana dengan kala ulang 11 tahun berdasarkan tipe distribusi normal, didapat hujan rencana $XTR = 164,773$ mm.

Hujan rencana kemudian dihitung intensitasnya selama waktu konsentrasi. Intensitas hujan (I) adalah tinggi kedalaman air hujan per satuan waktu. Analisis ini dihitung menggunakan rumus Mononobe dan diperoleh hasil sebesar 147,081 mm/jam.

Terakhir, dilakukan perhitungan debit rencana dengan menggunakan persamaan rasional.

• Analisis Hidraulika

Dalam analisis hidraulika debit kapasitas di analisis dengan menggunakan rumus Manning. Kemudian debit kapasitas akan dibandingkan dengan persyaratan $Q_{kapasitas} \geq Q_{rencana}$. 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.

Pada penelitian ini, berdasarkan hasil analisis ditemukan beberapa saluran eksisting dan gorong-gorong yang tidak mampu mengalirkan debit air yang masuk ke saluran seutuhnya karena adanya pendangkalan oleh sedimen. 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.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisis maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Di lokasi penelitian Kelurahan Maasing, 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. Juga adanya penambahan saluran baru di beberapa titik guna menunjang kinerja dari sistem drainase yang ada.
2. Dari enam puluh delapan ruas saluran eksisting yang ada terdapat delapan ruas saluran yang dimensinya harus diperbaiki diantaranya; S (41-43), S (45-47), S (73-74), S (69-70), S (82-83), S (84-85), S (86-87), S (88-89).
3. Penambahan dua belas ruas saluran baru diantaranya; S (1-2), S (4-3), S (5-6), S (25-24), S (23-24), S (60-62), S (62-63), S (75-77), S (76-78), S (90-91), S (93-94), S (94-95).
4. Dari dua puluh gorong-gorong eksisting, terdapat empat yang harus dilakukan perbaikan dimensi diantaranya; G (43-45), G (47-49), G (51-53), G (55-57).

B. Saran

Perlu adanya kesadaran dari masyarakat sekitar untuk menjaga kebersihan lingkungan serta merawat saluran drainase secara berkala. Juga perlunya diadakan kerja bakti secara berkala khususnya melakukan pengerukan sedimen pada beberapa saluran yang rentan terjadi pendangkalan.

KUTIPAN

Buku

- [1] V. T. Chow, *Hidraulika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*, terjemahan oleh E. V. Nensi Rosalia. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1964.
- [2] B. Hingray, C. Picouet, Andre Musy, *Hydrology: A Science for Engineers*. Florida: CRC Press, 2014.
- [3] H. M. Raghunath, *Hydrology: Principles, Analysis, Design*. New Delhi: New Age International, 2006.
- [4] K. Subramanya, *Flow in Open Channel*. New Delhi: McGraw-Hill Publishing Company Limited, 1987.
- [5] C. D. Soemarto, *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional, 1987.
- [6] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset, 2004.

- [7] I. Subarkah, *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma, 1980.
- [8] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset, 2006.
- Skripsi**
- [9] Liany A. Hendratta, “*Optimalisasi Sistem Jaringan Drainase Jalan Raya Sebagai Alternatif Penanganan Masalah Genangan Air*,” dalam *Tekno*, Vol. 12, No. 61, 2014.
- [10] R. A. E. Langi, Jeffry S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma, “*Penataan Drainase Di Jalan Welong Abadi Kelurahan Malendeng Kota Manado*,” dalam *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 7, No. 8, 2019. ISSN 2337-6372.
- [11] Gisela Ondang, Jeffry S. F. Sumarauw, Eveline M. Wuisan, “*Pengembangan Sistem Drainase Di Lingkungan Lima Kelurahan Wawalintouan Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa*,” dalam *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 6, No. 2, 2018. ISSN 2337-6372.
- [12] Heri Giovan Pania, Hanny Tangkudung, Lingkan Kawet, Eeline M. Wuisan, “*Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Kampus Universitas Sam Ratulangi*,” dalam *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 1, No. 3, (164-170), Februari, 2018. ISSN 2337-6372.
- [13] A. M. Porajouw, Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung, “*Analisis Sistem Drainase Di Kelurahan Tikala Kumaraka Kota Manado*,” dalam *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 7, No. 12, 2019. ISSN 2337-6732.
- [14] R. A. Parera, Cindy J. Supit, Tommy Jansen, “*Kajian Penanggulangan Limpasan Permukaan Dengan Menggunakan Sumur Resapan Di Daerah Perumahan Wale Pineleng I Timur Kabupaten Minahasa*,” dalam *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 7, No. 10, 2019. ISSN 2337-6732.
- [15] S. Sihombing, Jeffry S. F. Sumarauw, Lambertus Tanudjaja, “*Penataan Sistem Drainase Desa Tambala Kecamatan Tombariri Kabupaten Minahasa*,” dalam *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 3, No. 2, 2015. ISSN 2337-6732.