

PENATAAN SISTEM DRAINASE DI JALAN SINGA LAUT MALALAYANG DUA

Janti Rotikan

Jeffrey S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: janti.rotikan@yahoo.co.id

ABSTRAK

Genangan sering terjadi di Jalan Singa Laut kompleks Perumahan Minanga Permai Malalayang Dua yang disebabkan oleh air hujan. Hal tersebut mengakibatkan terganggunya aktivitas masyarakat sekitar dan para pengguna jalan. Untuk itu perlu dilakukan penataan kembali sistem saluran drainase di daerah tersebut.

Survei lapangan dilakukan untuk mengetahui penyebab terjadinya genangan, kemudian dilakukan analisis hidrologi menggunakan distribusi Log-Pearson III dan menghitung debit rencana dengan Metode Rasional, kemudian dilakukan analisis hidraulika 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 penelitian terdapat enam ruas saluran eksisting dari dua puluh dua ruas saluran eksisting tidak mampu menampung debit hujan dengan kala ulang 10 tahun, sehingga perlu dilakukan perubahan dimensi saluran agar saluran yang ada mampu menampung debit yang ada serta penambahan empat belas ruas saluran rencana karena ada beberapa lokasi yang belum memiliki saluran.

Kata kunci : *Genangan, Analisis Hidrologi, Analisis Hidraulika, Debit Rencana, Debit Kapasitas.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Masalah genangan dan banjir dapat mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan yang pada akhirnya mengganggu aktivitas pengguna jalan tersebut dan masyarakat sekitar. Untuk mengatasi masalah ini diperlukan penataan drainase yang tepat.

Penyebab genangan dan banjir pada umumnya karena kondisi sistem drainase yang belum ditata dengan baik. Disamping itu dimensi saluran yang sudah ada mungkin mampu menampung aliran debit air di saluran tersebut, namun oleh karena adanya limbah domestik yang banyak maka kapasitas untuk menampung aliran tersebut berkurang sehingga menyebabkan genangan atau banjir.

Minanga Permai merupakan salah satu daerah yang berada di Kecamatan Malalayang, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara yang sering mengalami genangan pada saat musim hujan khususnya di Jalan Singa Laut. 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

Adanya genangan di Jalan Singa Laut Minanga Permai disaat terjadi hujan yang dapat merusak konstruksi jalan dan mengganggu aktivitas masyarakat sekitar.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis masalah sistem drainase di Jalan Singa Laut, Malalayang Dua yang mengakibatkan genangan.
2. Mendapatkan sistem drainase baru yang dapat mengurangi masalah sebelumnya untuk daerah tersebut.

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat membantu menangani atau mengurangi masalah genangan di Jalan Singa Laut dengan adanya

sistem drainase yang baru sehingga aktivitas para pengguna jalan dan masyarakat sekitar tidak terganggu.

LANDASAN TEORI

Sistem Drainase

Drainase berasal dari bahasa Inggris “*drainage*” yang mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalirkan air. Sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal (Suripin, 2004). Ada beberapa prinsip dasar yang dapat menjadi patokan dalam merencanakan sistem drainase:

1. Memanfaatkan sistem drainase yang ada semaksimal mungkin, baik saluran-saluran ataupun sungai yang ada.
2. Saluran-saluran baru diusahakan mengikuti alur pengeringan alam ataupun tepi jalan, kecuali memang tidak memungkinkan untuk itu.
3. Air akan dialirkan secepatnya ke pembuangan terdekat. Jika diperlukan sistem resapan dapat diterapkan.
4. Menghindari sedapat mungkin pembongkaran saluran/bangunan drainase yang sudah ada (eksisting).
5. Menghindari adanya pembebasan tanah yang berlebihan.
6. Mengusahakan pembangunan seekonomis mungkin (investasi ringan) dengan tetap memperhatikan kualitas.
7. Mudah dalam pelaksanaan pembangunan, pengoperasian dan pemeliharaan.

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan merupakan penyelidikan awal data curah hujan sebelum diolah untuk digunakan pada analisis selanjutnya. Dalam analisis curah hujan diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan.

Parameter Statistik

Untuk menyelidiki susunan data kuantitatif dari sebuah variabel statistik, maka akan sangat membantu apabila kita mendefinisikan ukuran-ukuran numerik yang menjadi ciri data tersebut. Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data. Parameter-

parameter yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

Mean (\bar{x})

Mean adalah harga rata-rata dari suatu variabel. Harga ini hanya dapat digunakan secara menguntungkan bila sampel terdiri dari sejumlah observasi yang tidak terlalu besar.

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

dengan :

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

Persamaan nilai rata-rata untuk data pengamatan dalam nilai log adalah :

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

dengan :

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

Standar Deviasi (S)

Standar deviasi atau simpangan baku adalah suatu nilai pengukuran dispersi terhadap data yang dikumpulkan. Untuk data yang kurang dari 100 digunakan rumus Fisher dan Wicks dalam menghitung standart deviasi.

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

dengan :

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

Persamaan standar deviasi untuk data pengamatan dalam nilai log adalah :

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2} \quad (4)$$

dengan :

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

Koefisien Variasi (Cv)

Koefisien variasi (*Coefficient Of Variation*) adalah nilai dari perbandingan antara deviasi standart dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi.

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

dengan :

- C_V = koefisien variasi,
- S = standar deviasi,
- \bar{x} = curah hujan rata-rata (mm).

Koefisien Skewness (C_S)

Kemencengan (*Skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan (*asymmetry*) dari suatu bentuk distribusi.

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

dengan :

- C_S = koefisien *Skewness*,
- \bar{x} = curah hujan rata-rata (mm),
- x_i = curah hujan pada tahun pengamatan ke-i (mm),
- n = jumlah data,
- S = standar deviasi.

Persamaan koefisien *Skewness* untuk data pengamatan dalam nilai log adalah :

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

dengan :

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

Pengukuran kemencengan (*skewness*) digunakan untuk mengetahui seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri (menceng) yang dinyatakan dengan besarnya koefisien *Skewness*.

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

Pengukuran Kurtosis (C_K)

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

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

dengan :

- C_K = hujan rata-rata (mm),

- x_i = nilai curah hujan pada tahun pengamatan ke-i (mm).
- 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

Sebelum data pengamatan digunakan, harus dilakukan perhitungan uji data *outlier* untuk melihat apakah ada data yang terlampau besar atau kecil dengan menentukan batas teratas (X_H) dan batas terbawah (X_L). Data *outlier* dapat diketahui dengan melihat nilai koefisien *Skewness* (C_S). Syarat-syarat untuk pengujian data *outlier* berdasarkan koefisien *Skewness* ($C_{S_{log}}$) adalah sebagai berikut :

- $C_{S_{log}} > 0,4$; 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 :

$$\log X_H = \log \bar{x} + K_n \times S_{log} \quad (9)$$

b) Uji *outlier* rendah dengan :

$$\log X_L = \log \bar{x} - K_n \times S_{log} \quad (10)$$

$$S_{log} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2} \quad (11)$$

$$C_{S_{log}} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (12)$$

dengan :

- $C_{S_{log}}$ = koefisien *Skewness* dalam log,
- S_{log} = standar deviasi dalam log,
- $\log \bar{x}$ = nilai rata-rata log data pengamatan,
- X_H = *high outlier / outlier* tinggi (dalam log),
- X_L = *low outlier / outlier* rendah (dalam log),
- K_n = konstanta uji *outlier* (diambil dari tabel *K value test*) yang tergantung dari jumlah data yang dianalisis.

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 :

1. Distribusi Normal

Distribusi normal disebut juga dengan distribusi Gauss.

$$\text{Rumus : } X_T = \bar{x} + K_T \times S \quad (13)$$

dengan :

X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan,

\bar{x} = nilai rata-rata variant,

S = standar deviasi,

K_T = faktor frekuensi, 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 Y.

$$\text{Rumus : } Y = \bar{Y} + K_T \times S_{\log} \quad (14)$$

dengan :

Y = nilai logaritma X yang diharapkan terjadi pada peluang atau periode ulang tertentu,

\bar{Y} = rata-rata nilai variant dalam log,

S_{\log} = standar deviasi dalam log,

K_T = karakteristik distribusi log normal. Nilai K dapat diperoleh dari tabel yang merupakan fungsi peluang kumulatif dan periode ulang (nilai variabel Gauss).

3. Distribusi Gumbel

Tipe distribusi ini umumnya digunakan untuk analisis data maksimum.

$$\text{Rumus : } X = \bar{x} + S \times K \quad (15)$$

dengan :

\bar{x} = harga rata-rata sampel,

S = standar deviasi,

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (16)$$

Y_n = *Reduced mean*, yang tergantung jumlah sampel atau data n,

Y_{Tr} = *Reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{Tr-1}{Tr} \right\} \quad (17)$$

S_n = *Reduced standart deviation*, yang juga tergantung pada jumlah sampel/data.

4. Distribusi Log Pearson III

Pearson telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tidak seperti konsep melatar belakangi pemakaian distribusi Log Normal untuk banjir puncak, maka distribusi probabilitas ini hampir tidak berbasis teori. Distribusi ini masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya. (Suripin, 2014) Tiga parameter penting dalam Log Pearson III:

1. Harga rata-rata ($\log \bar{x}$)

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, $X = \log X$

2. Hitung harga rata-rata ($\log \bar{x}$)

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.

$$\text{Rumus : } \log X_T = \log \bar{x} + K \times S_{\log} \quad (18)$$

Pemilihan Tipe Distribusi

Tipe distribusi yang sesuai dapat diketahui berdasarkan parameter-parameter statistik data pengamatan. Hal ini dilakukan dengan melakukan tinjauan terhadap syarat batas parameter statistik tiap distribusi dengan parameter data pengamatan. Secara teoritis, langkah awal penentuan tipe distribusi dapat dilihat dari parameter-parameter statistik data pengamatan lapangan yaitu C_s , C_v , dan C_k . 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 curah hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Intensitas curah hujan diperoleh dengan melakukan analisis data curah hujan, baik secara statistik maupun secara empiris. Analisis intensitas curah hujan diperoleh dari data curah hujan yang pernah terjadi. Untuk data hujan jangka pendek dapat

digunakan rumus Talbot, Sherman, Ishiguro. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data curah hujan harian maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe (Suripin, 2004).

$$\text{Rumus Mononobe : } I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (19)$$

dengan :

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam),

t = lamanya hujan (jam),

R₂₄ = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm).

Periode Ulang

Periode ulang (*Return Period*) adalah periode waktu/tahun dimana suatu hujan dengan jangka waktu tertentu dan intensitas tertentu berpeluang terjadi atau kemungkinan terjadinya satu kali dalam batas periode yang ditetapkan. Dalam perencanaan drainase perkotaan, perlu ditinjau besarnya debit banjir yang dapat terjadi pada periode ulang tertentu. Acuan yang dapat digunakan antara lain 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).

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

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

Sumber : Direktorat PLP Dept PU, 2012.

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol) (Suripin, 2004). Untuk saluran air hujan perkotaan, waktu konsentrasi terdiri dari waktu yang diperlukan limpasan permukaan untuk mencapai saluran terdekat (T_L) dan waktu pengaliran dalam saluran (T_S). Rumus yang digunakan adalah rumus yang

dikembangkan oleh Kirpich (1940) yaitu sebagai berikut :

$$T_C = T_L + T_S \quad (20)$$

dengan :

$$T_L = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right] \quad (21)$$

$$T_S = \frac{L_S}{60 \times V} \quad (22)$$

dengan :

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 lahan,

L_S = panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (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 :

$$Q_{rencana} = 0,278 \times C \times I \times A_{dps} \quad (23)$$

dengan :

Q_{rencana} = debit rencana (m³/det),

C = koefisien pengaliran,

I = intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam),

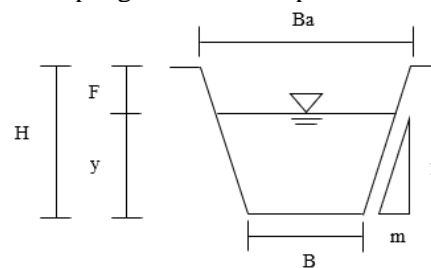
A_{dps} = luas daerah pelayanan saluran (*catchment area*) (km²).

Analisis Hidraulika

Analisis hidraulika dimaksudkan untuk mendapatkan dimensi hidrolis dari saluran drainase dan bangunan-bangunan pelengkapannya. Dalam menentukan besarnya dimensi saluran drainase, perlu diperhitungkan kriteria-kriteria perencanaan berdasarkan kaidah-kaidah hidraulika.

Penampang Hidrolis Saluran

- Penampang berbentuk trapesium



Rumus :

$$A = (B + my)y \quad (24)$$

$$P = B + 2y \sqrt{1 + m^2} \quad (25)$$

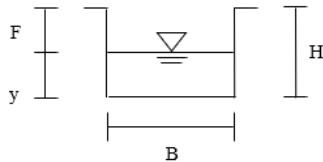
$$H = y + F \quad (26)$$

$$R = A/P \quad (27)$$

dengan :

- Ba = lebar atas saluran,
- H = tinggi total saluran,
- F = tinggi jagaan,
- y = kedalaman aliran, yaitu jarak vertikal dari dasar saluran yang terendah sampai permukaan basah,
- B = lebar dasar saluran,
- m = faktor kemiringan tebing saluran,
- P = keliling basah,
- R = jari-jari hidrolis,
- A = luas penampang basah.

- Penampang Persegi



Rumus :

$$A = B \times y \quad (28)$$

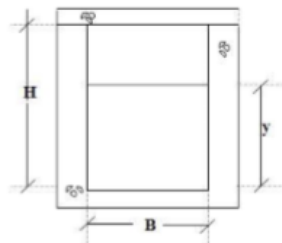
$$P = B + 2y \quad (29)$$

$$R = \frac{B \times y}{B + 2y} \quad (30)$$

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



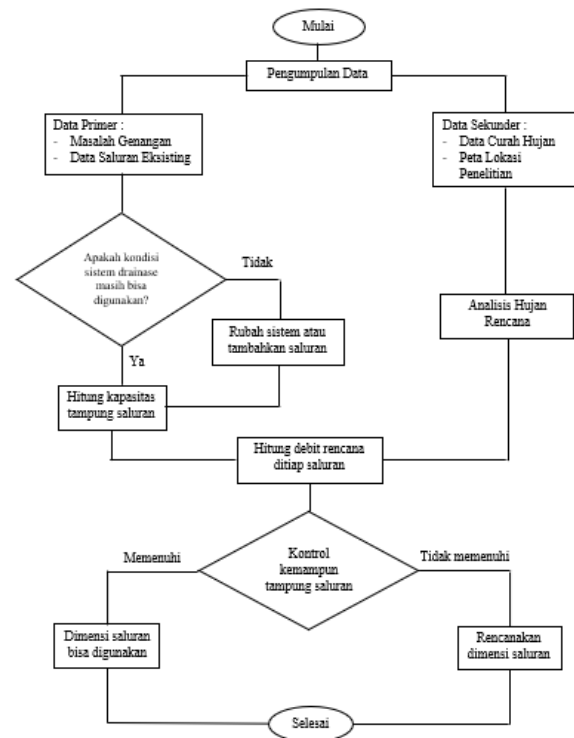
$$Q = \mu \times A \times V \quad (31)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (32)$$

$$P = B + 2y \quad (33)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian:



ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Eksisting Saluran Drainase

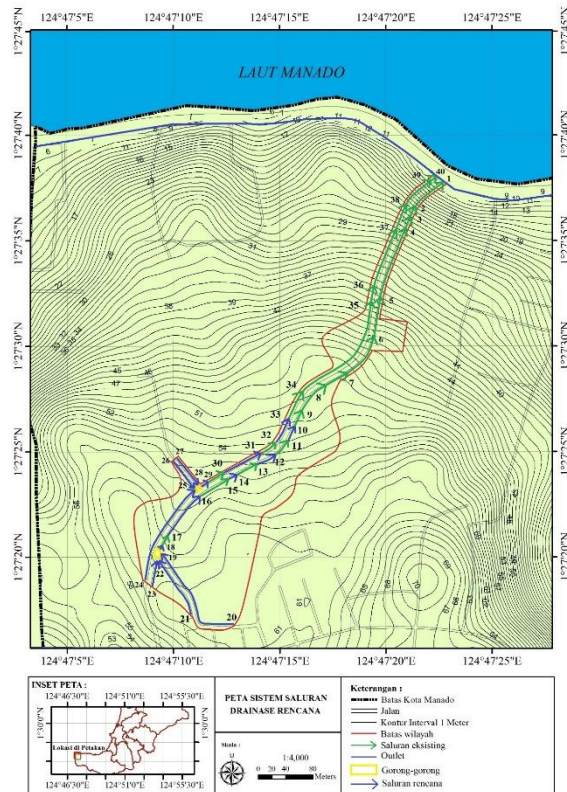
Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan di tempat penelitian, kondisi saluran eksisting yang ada kurang baik sehingga perlu penataan kembali saluran-saluran yang bermasalah dan perlu penambahan saluran drainase demi kelancaran sistem drainase yang ada. Gambar di bawah ini merupakan beberapa keadaan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



Gambar 1. Kondisi eksisting drainase

Penentuan Rencana Sistem Drainase

Setelah dilakukan survei ditemukan bahwa di beberapa lokasi penelitian tidak mempunyai saluran dan terdapat beberapa saluran yang dangkal sehingga menyebabkan daerah tersebut mengalami genangan pada saat hujan turun. Hal ini merupakan dasar untuk melakukan analisis terhadap saluran drainase yang ada di Jalan Singa Laut kompleks Perumahan Minanga Permai.



Gambar 2. Rencana sistem drainase

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 Tinoor.

Tabel 2. Curah hujan harian maksimum di Pos Stasiun Tinoor

Tahun	Hujan Harian Max (mm)
2008	74,1
2009	65,4
2010	101,7
2011	102,4
2012	96,8
2013	110,5
2014	184
2015	108,2
2016	90,3
2017	156

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	x_i (mm)	$\log x_i$	$(\log x_i - \log \bar{x})$	$(\log x_i - \log \bar{x})^2$	$(\log x_i - \log \bar{x})^3$
1	65,4	1,81557	-0,20243	0,04098	-0,00829
2	74,1	1,86981	-0,14819	0,02196	-0,00325
3	90,3	1,95568	-0,06232	0,00388	-0,00024
4	96,8	1,98587	-0,03214	0,001033	-0,00003
5	101,7	2,00732	-0,01069	0,00011	0,00000
6	102,4	2,01029	-0,00771	0,00006	0,00000
7	108,2	2,03423	0,01622	0,00026	0,00000
8	110,5	2,04336	0,02535	0,00064	0,00002
9	156	2,19312	0,17511	0,03066	0,00537
10	184	2,26481	0,24681	0,06091	0,01503
Σ	1089,4	20,18011	0,00000	0,16051	0,00860
\bar{x}	108,94	2,01801			

a. Nilai Rata-Rata

$$\log \bar{x} = \frac{\Sigma \log x_i}{n} = \frac{20,18011}{10} = 2,018011$$

b. Standar Deviasi

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{\Sigma (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,16051}{10-1}} = 0,133548$$

c. Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

$$C_{S_{\log}} = \frac{n \Sigma (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(S_{\log})^3} = \frac{10 \times 0,00860}{9 \times 8 \times (0,133548)^3} = 0,50132$$

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

• Uji outlier tinggi

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

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

$$\log X_H = 2,018011 + (2,036 \times 0,133548) = 2,29011$$

$$X_H = 195,03 \text{ mm}$$

Tidak terdapat data outlier tinggi karena syarat tertinggi uji outlier tinggi diperoleh 195,03 mm sedangkan data curah hujan tertinggi yang ada adalah 184 mm. Jadi masih menggunakan data yang tetap.

• Uji outlier rendah

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

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

$$\log X_L = 2,018011 - (2,036 \times 0,133548) = 1,74591$$

$$X_L = 55,71 \text{ mm}$$

Tidak terdapat data *outlier* rendah karena syarat terendah uji *outlier* rendah diperoleh 55,71 mm sedangkan data curah hujan terendah yang ada adalah 65,4 mm. Jadi 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*)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1089,4}{10} = 108,94$$

2. Standar Deviasi (Simpangan Baku)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{11551,204}{9}} = 35,82551$$

3. Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*)

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{35,82551}{108,94} = 0,32885$$

4. Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*)

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

$$C_s = \frac{10}{9 \times 8 \times 7 \times 35,82551^3} 393358,11288$$

$$C_s = 1,18817$$

5. Koefisien Kurtosis (*Kurtosis Coefficient*)

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

$$C_k = \frac{10}{9 \times 8 \times 7 \times 35,82551^4} 41860838,93416$$

$$C_k = 0,50421$$

Analisis Distribusi Peluang

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

1. Distribusi Normal

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

2. Distribusi Log-Normal

$$C_s \approx C_v^3 + 3 C_v$$

$$C_k \approx C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3$$

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- Pearson III.

Tabel 4. Perhitungan parameter statistik pengamatan

M	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 - log \bar{X})	(log X _i - log \bar{X}) ²	(log X _i - log \bar{X}) ³
1	65,4	1,81557	-43,54	1895,7316	-82540,15386	3593798,29924	-0,20243	0,04098	-0,00829
2	74,1	1,86981	-34,84	1213,8256	-42289,68390	1473372,58722	-0,14819	0,02196	-0,00325
3	90,3	1,95568	-18,64	347,4496	-6476,46054	120721,22454	-0,06232	0,00388	-0,00024
4	96,8	1,98587	-12,14	147,3796	-1789,18834	21720,74649	-0,03214	0,00103	-0,00003
5	101,7	2,00732	-7,24	52,4176	-379,50342	2747,60479	-0,01069	0,00011	0,00000
6	102,4	2,01029	-6,54	42,7716	-279,72626	1829,40977	-0,00771	0,00006	0,00000
7	108,2	2,03422	-0,74	0,5476	-0,40522	0,29987	0,01622	0,00026	0,00000
8	110,5	2,04336	1,56	2,4336	3,79642	5,92241	0,02535	0,00064	0,00002
9	156	2,19312	47,06	2214,6436	104221,12782	4904646,27502	0,17511	0,03066	0,00537
10	184	2,26481	75,06	5634,0036	422888,31022	31741996,56481	0,24681	0,06091	0,01503
Σ	1089,4	20,18011	0,00	11551,204	393358,11288	41860838,93416	0,00000	0,16051	0,00860
\bar{X}	108,94	2,01801							

Tabel 5. Tinjauan distribusi berdasarkan parameter statistik

No	Tipe Distribusi	Syarat Parameter Statistik	Hasil Syarat Parameter	Parameter Hasil Analisis	Keterangan
1.	Distribusi Normal	C _s ≈ 0 C _k ≈ 3	C _s ≈ 0 C _k ≈ 3		Tidak Memenuhi
2.	Distribusi Log-Normal	C _s ≈ C _v ³ + 3C _v C _k ≈ C _v ⁸ + 6C _v ⁶ + 15C _v ⁴ + 16C _v ² + 3	C _s = 1,02213 C _k = 4,91349	C _s = 1,188 C _k = 0,50421	Tidak Memenuhi
3.	Distribusi Gumbel	C _s ≈ 1,14 C _k ≈ 5,40	C _s ≈ 1,14 C _k ≈ 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 ber-

pengaruh terhadap suatu saluran. Daerah limpasan ditentukan berdasarkan kemiringan lahan yang bermuara pada saluran tertentu.

• 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. Sebagai contoh perhitungan tinjauan diambil pada Saluran (13-14).

- Luas daerah pelayanan saluran (A_{dps}) = 0,005586 km²

- Panjang lintasan aliran di lahan (L_L) = 160 m
- Panjang lintasan aliran di saluran (L_S) = 33 m
- Kemiringan dasar saluran (S) = 0,002382
- Nilai koefisien pengaliran (C) = 0,4
- Nilai V (kecepatan) untuk perhitungan T_s = 0,4 m/det
- Koefisien kekasaran Manning (n) = 0,013

- Waktu Konsentrasi

- Waktu konsentrasi di saluran

$$T_s = \frac{L_s}{60 \times V} = \frac{33}{60 \times 0,4} = 1,4 \text{ menit}$$

- Waktu konsentrasi di lahan

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

$$= \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times 160 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,002382}} \right]$$

$$= 93,2 \text{ menit}$$

- Waktu konsentrasi total

$$T_c = T_s + T_L = 1,4 \text{ menit} + 93,2 \text{ menit}$$

$$= 94,6 \text{ menit} = 1,58 \text{ jam}$$

- Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi dengan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{156,57}{24} \left(\frac{24}{1,58} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 40,1 \text{ mm/jam}$$

- Debit Limpasan

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

$$= 0,278 \times 0,4 \times 40,1 \times 0,005586$$

$$= 0,0249 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 6. Perhitungan Debit Rencana

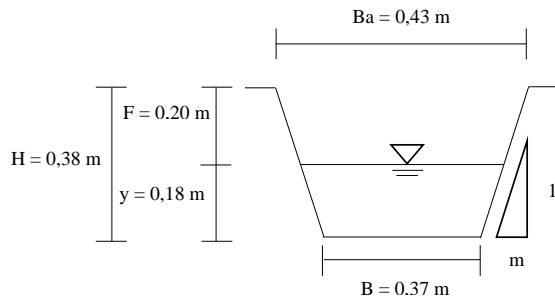
No.	Nama Saluran & Gorong-Gorong	Luas DPS (km ²)	Panjang Saluran (m)	Beda Tinggi (m)	Kemiringan Dasar Saluran (S)	Travel Time di Lahan		Travel Time di Saluran		Tc (jam)	I (mm/jam)	Qlimpasan (m ³ /det)	Qtambahan		Qttotal (m ³ /det)
						Ll (m)	Tl (menit)	Ls (m)	Ts (menit)				Nama Saluran	Jumlah Q (m ³ /det)	
SUBSISTEM 1															
1	S (22-23)	0,000467	35,1	2,823	0,080427	44	4,4	14	0,6	0,08	284,7	0,0148	-	-	0,0148
2	S (22-21)	0,001699	112	2,999	0,026777	20	3,5	50	2,1	0,09	265,1	0,0501	-	-	0,0501
3	G (19-22)												S (22-23); S (22-21)	0,0649	0,0649
4	S (19-20)	0,000370	162,2	7,172	0,044217	14	1,9	120,2	5	0,12	229,5	0,0095	-	-	0,0095
5	S (18-19)	0,000011	3,6	0,458	0,127222	2	0,2	3,6	0,2	0,01	1818,6	0,0022	S (19-20); G (19-22)	0,0743	0,0765
6	S (17-18)	0,000035	11,5	0,264	0,022957	2	0,4	11,5	0,5	0,01	923,9	0,0035	S (18-19)	0,0765	0,0800
7	S (16-17)	0,013666	73,8	2,235	0,030285	172	28,1	22	0,9	0,48	88,1	0,1339	S (17-18)	0,0800	0,2139
8	S (15-16)	0,001268	53,24	0,765	0,014369	60	14,2	42	1,8	0,27	131,1	0,0185	S (16-17)	0,2139	0,2324
9	S (14-15)	0,000548	14,74	0,396	0,026866	64	11,1	14	0,6	0,19	161,6	0,0098	S (15-16)	0,2324	0,2423
10	S (13-14)	0,005586	34	0,081	0,002382	160	93,2	33	1,4	1,58	40,1	0,0249	S (14-15)	0,2423	0,2672
11	S (12-13)	0,001620	24	1,4	0,058333	68	8,0	22	0,9	0,15	193,4	0,0348	S (13-14)	0,2672	0,3020
12	S (11-12)	0,001320	32	5,777	0,180531	64	4,3	31	1,3	0,09	264,6	0,0388	S (12-13)	0,3020	0,3409
13	S (10-11)	0,000507	20	0,167	0,008350	67	20,8	10	0,4	0,35	108,4	0,0061	S (11-12)	0,3409	0,3470
14	S (9-10)	0,001912	30	0,03	0,001000	90	80,9	22,5	0,9	1,36	44,1	0,0094	S (10-11)	0,3470	0,3563
15	S (8-9)	0,003999	43	0,271	0,006302	90	32,2	13,5	0,6	0,55	81,2	0,0361	S (9-10)	0,3563	0,3925
16	S (7-8)	0,000683	34	0,523	0,015382	45	10,3	9	0,4	0,18	171,4	0,0130	S (8-9)	0,3925	0,4055
17	S (6-7)	0,000216	72	8,754	0,121583	27	2,2	5	0,2	0,04	462,9	0,0111	S (7-8)	0,4055	0,4166
18	S (5-6)	0,002734	78	5,562	0,071308	59	6,3	32	1,3	0,13	214,9	0,0653	S (6-7)	0,4166	0,4819
19	S (4-5)	0,000318	106	12,51	0,118019	3	0,2	106	4,4	0,08	298,0	0,0105	S (5-6)	0,4819	0,4925
20	S (3-4)	0,000072	24	3,648	0,152000	3	0,2	24	1	0,02	729,1	0,0058	S (4-5)	0,4925	0,4983
21	S (2-3)	0,000054	18	2,823	0,156833	3	0,2	18	0,8	0,02	851,7	0,0051	S (3-4)	0,4983	0,5034
22	S (1-2)	0,000156	52	9,43	0,181346	3	0,2	52	2,2	0,04	468,4	0,0081	S (2-3)	0,5034	0,5116
SUBSISTEM 2															
23	S (25-24)	0,003490	148,8	6,507	0,043730	74	10,1	24	1	0,18	167,6	0,0650	-	-	0,0650
24	S (25-26)	0,000376	50	0,583	0,011660	1,5	0,4	50	2,1	0,04	454,3	0,0190	-	-	0,0190
25	G (28-25)												S (25-26); S (25-24)	0,0840	0,0840
26	S (28-27)	0,000009	50	0,666	0,013320	1,5	0,4	50	2,1	0,04	457,4	0,0005	-	-	0,0005
27	S (29-28)	0,000018	6	0,4	0,066667	2,5	0,3	6	0,3	0,01	1277,9	0,0026	S (28-27); G (28-25)	0,0845	0,0870
28	S (30-29)	0,000096	32	0,15	0,004688	3	1,2	32	1,3	0,04	442,4	0,0047	S (29-28)	0,0870	0,0918
29	S (31-30)	0,000174	58	1,176	0,020276	3	0,6	58	2,4	0,05	398,6	0,0077	S (30-29)	0,0918	0,0995
30	S (32-31)	0,000056	28	0,43	0,015357	4	0,9	16	0,7	0,03	612,2	0,0038	S (31-30)	0,0995	0,1033
31	S (33-32)	0,000093	31	0,503	0,016226	3	0,7	31	1,3	0,03	531,0	0,0055	S (32-31)	0,1033	0,1088
32	S (34-33)	0,000119	34	0,111	0,003265	3,5	1,7	34	1,4	0,05	386,5	0,0051	S (33-32)	0,1088	0,1139
33	S (35-34)	0,003249	223	15,41	0,069099	63	6,8	40,5	1,7	0,14	199,7	0,0722	S (34-33)	0,1139	0,1861
34	S (36-35)	0,000066	22	0,381	0,017318	3	0,6	22	0,9	0,03	617,2	0,0045	S (35-34)	0,1861	0,1906
35	S (37-36)	0,000252	84	11,61	0,138250	3	0,2	84	3,5	0,06	345,9	0,0097	S (36-35)	0,1906	0,2003
36	S (38-37)	0,000012	40	6,375	0,159375	3	0,2	40	1,7	0,03	546,1	0,0007	S (37-36)	0,2003	0,2010
37	S (39-38)	0,000147	49	9,293	0,189653	3	0,2	49	2,0	0,04	486,3	0,0079	S (38-37)	0,2010	0,2090
38	S (40-39)	0,000015	5	0,989	0,197800	3	0,2	5	0,2	0,01	1532,2	0,0026	S (39-38)	0,2090	0,2115

Sumber: Hasil Penelitian

Analisis Hidraulika

• Analisis Kapasitas Saluran Eksisting

Analisis dimensi saluran yang dimaksudkan yaitu untuk mengetahui kapasitas debit air yang masuk ke dalam saluran. Untuk menghitung dimensi dan debit kapasitas ditinjau Saluran 13-14. Diketahui dimensi saluran seperti gambar di bawah ini:



- Tinggi aliran di saluran
 $y = H - F = 0,38 - 0,20 = 0,18 \text{ m}$
 - Kemiringan dinding saluran
 $m = \frac{1}{H} \left(\frac{Ba - B}{2} \right) = \frac{1}{0,38} \left(\frac{0,43 - 0,37}{2} \right) = 0,079$
 - Luas penampang basah
 $A = (B + my)y = (0,37 + 0,079 \times 0,18) \times 0,18 = 0,069 \text{ m}^2$
 - Keliling Basah
 $P = B + 2y\sqrt{1 + m^2} = 0,37 + 2(0,18)\sqrt{1 + 0,079^2} = 0,731 \text{ m}$
 - Jari-jari hidrolis
 $R = A/P = 0,069/0,731 = 0,095 \text{ m}$
 - Kecepatan aliran
 $V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} = \frac{1}{0,013} \times 0,095^{2/3} \times 0,002382^{1/2} = 0,779 \text{ m/det}$
 - Debit kapasitas
 $Q_{\text{kapasitas}} = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2} = \frac{1}{0,013} \times 0,069 \times 0,095^{2/3} \times 0,002382^{1/2} = 0,0539 \text{ m}^3/\text{det}$
 - Debit rencana
 $Q_{\text{rencana}} = 0,278 \times C \times I \times A_{\text{dps}} = 0,278 \times 0,4 \times 40,1 \times 0,005586 = 0,0249 \text{ m}^3/\text{det}$
- Ditambah dengan debit saluran di atasnya $Q = 0,2672 \text{ m}^3/\text{det}$

• Analisis Kapasitas Sistem Saluran Rencana

Dari hasil analisis didapatkan ada beberapa saluran yang tidak mampu menampung debit rencana. Maka perlu dibuat sistem saluran rencana baru yang mampu menampung debit rencana dengan dimensi saluran sebagai berikut. Saluran yang ditinjau sebagai contoh perhitungan Saluran 13-14.

Dari hasil perhitungan debit (Q) yang masuk pada Saluran 13-14 didapat $Q = 0,267 \text{ m}^3/\text{det}$, maka dengan debit yang ada dilakukan penyesuaian dimensi agar dapat menampung debit yang ada. Pada Saluran 13-14 digunakan dimensi saluran seperti berikut:

- $Ba = 0,50 \text{ m}$
- $B = 0,45 \text{ m}$
- $H = 0,75 \text{ m}$

Maka,

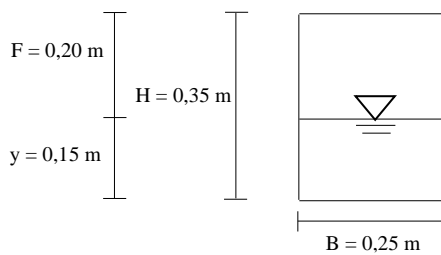
- Tinggi aliran di saluran
 $y = H - F = 0,75 - 0,20 = 0,55 \text{ m}$
 - Kemiringan dinding saluran
 $m = \frac{1}{H} \left(\frac{Ba - B}{2} \right) = \frac{1}{0,75} \left(\frac{0,5 - 0,45}{2} \right) = 0,033$
 - Luas penampang basah
 $A = (B + my)y = (0,45 + 0,033 \times 0,55) \times 0,55 = 0,258 \text{ m}^2$
 - Keliling Basah
 $P = B + 2 \times y\sqrt{1 + m^2} = 0,45 + 2 \times 0,55\sqrt{1 + 0,033^2} = 1,551 \text{ m}$
 - Jari-jari hidrolis
 $R = A/P = 0,258/1,551 = 0,166 \text{ m}$
 - Kecepatan aliran
 $V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} = \frac{1}{0,013} \times 0,166^{2/3} \times 0,002382^{1/2} = 1,135 \text{ m/det}$
 - Debit kapasitas
 $Q_{\text{kapasitas}} = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2} = \frac{1}{0,013} \times 0,258 \times 0,166^{2/3} \times 0,002382^{1/2} = 0,292 \text{ m}^3/\text{det}$
 - Debit rencana
 $Q_{\text{rencana}} = 0,278 \times C \times I \times A_{\text{dps}} = 0,278 \times 0,4 \times 40,1 \times 0,005586 = 0,0249 \text{ m}^3/\text{det}$
- Ditambah dengan debit saluran di atasnya $Q = 0,2672 \text{ m}^3/\text{det}$.

SUB SISTEM 2																
23	S (25-24)	0,043730	0,30	0,20	0,35	0,2	0,15	0,143	0,0332	0,5030	0,013	0,066	2,628	0,0873	0,0650	OK
24	S (25-26)	0,011660	0,30	0,20	0,30	0,2	0,10	0,167	0,0217	0,4028	0,013	0,054	1,184	0,0256	0,0190	OK
25	G (28-25)															
26	S (28-27)	0,013320	0,30	0,20	0,30	0,2	0,10	0,167	0,0217	0,4028	0,013	0,054	1,265	0,0274	0,0005	OK
27	S (29-28)	0,066667	0,35	0,30	0,40	0,2	0,20	0,063	0,0625	0,7008	0,013	0,089	3,965	0,2478	0,0870	OK
28	S (30-29)	0,004688	0,52	0,30	0,52	0,2	0,32	0,212	0,1177	0,9542	0,013	0,123	1,305	0,1535	0,0918	OK
29	S (31-30)	0,020276	0,50	0,40	0,40	0,2	0,20	0,125	0,085	0,8031	0,013	0,106	2,451	0,2083	0,0995	OK
30	S (32-31)	0,015357	0,50	0,40	0,40	0,2	0,20	0,125	0,085	0,8031	0,013	0,106	2,133	0,1813	0,1033	OK
31	S (33-32)	0,016226	0,50	0,40	0,40	0,2	0,20	0,125	0,085	0,8031	0,013	0,106	2,192	0,1864	0,1088	OK
32	S (34-33)	0,003265	0,53	0,40	0,53	0,2	0,33	0,123	0,1454	1,0649	0,013	0,136	1,165	0,1694	0,1139	OK
33	S (35-34)	0,069099	0,52	0,31	0,53	0,2	0,33	0,198	0,1239	0,9828	0,013	0,126	5,083	0,6297	0,1861	OK
34	S (36-35)	0,017318	0,43	0,43	0,43	0,2	0,23	0	0,0989	0,8900	0,013	0,111	2,340	0,2314	0,1906	OK
35	S (37-36)	0,138250	0,52	0,37	0,46	0,2	0,26	0,163	0,1072	0,8969	0,013	0,120	6,941	0,7442	0,2003	OK
36	S (38-37)	0,159375	0,50	0,36	0,37	0,2	0,17	0,189	0,0667	0,7060	0,013	0,094	6,368	0,4245	0,2010	OK
37	S (39-38)	0,189653	0,56	0,40	0,43	0,2	0,23	0,186	0,1018	0,8679	0,013	0,117	8,029	0,8177	0,2090	OK
38	S (40-39)	0,197800	0,62	0,37	0,62	0,2	0,42	0,202	0,191	1,2269	0,013	0,156	9,899	1,8904	0,2115	OK

Tabel 9. Perhitungan Dimensi Gorong-Gorong Rencana

No.	Nama Gorong - Gorong	Dimensi		F (m)	y (m)	S	L (m)	n	μ	A (m²)	P (m)	R (m)	Qkapasitas (m³/det)	Qrencana (m³/det)	Keterangan
		B (m)	H (m)												
1	G (19-22)	0,25	0,35	0,20	0,15	0,050819	6,71	0,013	0,8	0,038	0,55	0,068	0,0868	0,0649	OK
2	G (28-25)	0,30	0,40	0,20	0,20	0,020333	3,00	0,013	0,8	0,060	0,70	0,086	0,1024	0,0840	OK

- Analisis Kapasitas Gorong-Gorong Rencana
Gorong-gorong yang direncanakan berbentuk persegi, dimensinya disesuaikan sehingga dapat menampung debit air yang melewati gorong-gorong. Contohnya pada gorong-gorong 19-22 direncanakan gorong-gorong dengan tinggi = 0,35 m dan lebar = 0,25 m dengan koefisien debit (μ) = 0,8 untuk gorong-gorong berbentuk persegi dengan bangunan gorong-gorong tidak berada diatas saluran, maka didapat:



- $y = H - F$
 $= 0,35 - 0,20 = 0,15 \text{ m}$
- $A = B \times y$
 $= 0,25 \times 0,15 = 0,038 \text{ m}^2$
- $P = B + 2y$
 $= 0,25 + 2 \times 0,15 = 0,55 \text{ m}$
- $R = A/P = 0,038/0,55 = 0,068 \text{ m}$
- $Q\text{kapasitas} = \mu \times \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
 $= 0,8 \times \frac{1}{0,013} \times 0,038 \times 0,068^{\frac{2}{3}} \times 0,050819^{\frac{1}{2}}$
 $= 0,0868 \text{ m}^3/\text{det.}$

- Debit rencana untuk gorong-gorong 19-22 = 0,0649 m³/det.

Pembahasan

• **Survei Lokasi**

Survei lokasi yaitu melakukan survei genangan yang terjadi pada lokasi penelitian dan melihat kondisi saluran eksisting yang ada. Serta melakukan wawancara dengan masyarakat setempat untuk mengetahui secara pasti bahwa lokasi penelitian di Jalan Singa Laut kompleks Perumahan Minanga Permai Malalayang Dua sering terjadi genangan setiap kali hujan turun.

• **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 Tinoor. 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) = 35,826, Koefisien kemencengan (Skewness Coefficient) (C_S) = 1,188, Koefisien kurtosis (Kurtosis Coefficient) (C_K) = 0,504206 dan Koefisien variasi (Variation Coefficient) (C_V) = 0,328855 dengan melihat syarat-syarat distribusi maka digunakan distribusi Log-Pearson

III. Hujan rencana yang ada didapat dari hasil analisis hidrologi adalah $X_{TR} = 156,57$ mm.

• **Analisis Hidraulika**

Analisis hidraulika dilakukan untuk mengetahui kondisi kapasitas saluran eksisting yang ada di lokasi penelitian 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(10-11) , S(12-13), S(14-15), S(16-17), S(18-19), S(19-20), S(22-21), S(22-23), S(25-24), S(25-26), S(28-27), S(29-28), S(31-30), S(33-32).
- Perubahan dimensi saluran eksisting, yaitu : S(2-3), S(8-9), S(9-10), S(13-14), S(15-16), S(17-18), S(34-33).
- Pembuatan gorong-gorong yang baru yaitu: G(19-22) dan G(28-25).

PENUTUP

Kesimpulan

1. Di Jalan Singa Laut, Minanga Permai, Malalayang Dua 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. Adatujuh dari dua puluh dua ruas saluran eksisting yang harus diubah dimensi salurannya, yaitu : S(2-3), S(8-9), S(9-10), S(13-14), S(15-16), S(17-18), S(34-33).
3. Penambahan empat belas ruas saluran yang baru, yaitu : S(10-11) , S(12-13), S(14-15), S(16-17), S(18-19), S(19-20), S(22-21), S(22-23), S(25-24), S(25-26), S(28-27), S(29-28), S(31-30), S(33-32).
4. Penambahan dua gorong-gorong yang baru, yaitu : G(19-22) dan G(28-25).

Saran

Perlu adanya perawatan saluran secara rutin oleh masyarakat setempat seperti kerja bakti membersihkan saluran.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahini, 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka*, CV. Citra Media, Surabaya.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, 2018. *Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Tinoor*.
- Direktorat Jendral Pengairan Dept PU, 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04*.
- Direktorat PLP Dept PU, 2012. *Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan*.
- La'la Monica, Tanudjaja, L., Sumarauw, J.S.F., 2017. *Penataan Drainase di Kawasan Kantor Badan Pusat Statistik Kelurahan Bumi Nyiur Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik Volume 5 Nomor 3. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Lengkong Jeanifer, Sumarauw, J.S.F., Wuisan, E.M., 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.
- Peraturan Menteri PU RI, 2014. *Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta.
- Richard, H. French, 1986. *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Seyhan, E., 1977. *Dasar-Dasar Hidrologi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Nova, Bandung.

Subarkah, Imam, 1980. *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung.

Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, ANDI OFFSET, Yogyakarta.