

PENATAAN SISTEM SALURAN DRAINASE DI KOMPLEKS PERUMAHAN MINANGA PERMAI KELURAHAN MALALAYANG DUA KECAMATAN MALALAYANG KOTA MANADO

Jeanifer Claudia Lengkong

Jeffrey S. F. Sumarauw, Eveline M. Wuisan

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: jeaniferclengkong@gmail.com

ABSTRAK

Kompleks Perumahan Minanga Permai yang berada di Kelurahan Malalayang Dua Kecamatan Malalayang Kota Manado sering terjadi genangan yang disebabkan oleh air hujan. Genangan terjadi karena saluran yang ada di daerah penelitian tidak mampu menampung debit air yang disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi. Bahkan ada beberapa titik yang tidak mempunyai saluran drainase, mengakibatkan air hujan tergenang di jalan sehingga mengganggu aktivitas masyarakat sekitar dan para pengguna jalan maka perlu dilakukan penataan sistem saluran drainase yang baru agar dimensi saluran dapat menampung debit rencana dengan aman berdasarkan data curah hujan.

Metode analisis yang diterapkan meliputi analisis Hidrologi dengan menggunakan distribusi Log-Pearson III kemudian menghitung debit rencana menggunakan Metode Rasional dan Analisis Hidrolika untuk menghitung kapasitas debit saluran eksisting dan saluran rencana dengan menggunakan rumus Manning. Kedua hasil ini dibandingkan ($Q_{kaps} > Q_{rencana}$) untuk melihat daya tampung dari setiap ruas saluran.

Berdasarkan hasil analisis diperoleh 5 ruas saluran eksisting dari 8 ruas saluran eksisting tidak mampu menampung debit air hujan dengan kala ulang 10 tahun, maka diperlukan perubahan dimensi saluran. Selain itu, perlu penambahan 43 ruas saluran rencana karena sebagian besar belum memiliki saluran drainase.

Kata kunci: Analisis Hidrologi, Debit Rencana, Analisis Hidrolika, Saluran Eksisting, Genangan.

PENDAHULUAN

Latar belakang

Sistem drainase merupakan salah satu komponen penting infrastruktur perkotaan yang menanggulangi masalah banjir dan genangan air, kualitas suatu kota dapat dilihat dari kualitas sistem drainase yang ada.

Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa dapat dikatakan berpengaruh, karena meskipun bukan pusat dari Tondano itu sendiri namun terdapat beberapa sarana publik yang sering dikunjungi seperti Pasar Tondano, Dinas Pendidikan Pemuda dan Olahraga Kabupaten Minahasa, SMAN 1 Tondano dan tempat bersejarah Loji Tondano, Taman Makam Pahlawan Sam Ratulangi juga beberapa sarana publik lainnya yang tidak kalah pentingnya.

Hal ini mendukung Kelurahan Wawalintouan yang terletak di Kecamatan Tondano Barat sebagai salah satu daerah strategis yang berpengaruh terhadap perkembangan Kabupaten Minahasa.

Dari hasil survei dan observasi di lapangan ketika hujan saluran drainase yang berada di Lingkungan Lima Kelurahan Wawalintouan tidak mampu menampung air yang ada sehingga terjadi genangan di sekitar daerah tersebut. Kondisi ini pun berdampak pada terganggunya aktifitas masyarakat juga berpengaruh terhadap lalu lintas di kawasan tersebut.

Untuk mengatasi permasalahan genangan, maka perlu dilakukan kajian guna menganalisis sistem drainase di Lingkungan Lima Kelurahan Wawalintouan Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa sehingga ditemukan solusi yang dapat digunakan untuk menangani masalah genangan di daerah ini.

Rumusan Masalah

Terjadinya genangan di Kompleks Perumahan Minanga Permai Kelurahan Malalayang Dua Kecamatan Malalayang Kota Manado sehingga mengakibatkan terganggunya aktifitas masyarakat sekitar dan merusak konstruksi jalan.

Batasan Masalah

Perencanaan sistem drainase hanya dibatasi sampai dimensi hidrolis drainase akibat curah hujan dan perhitungan konstruksi tidak dibahas. Lokasi perencanaan hanya di sekitar kompleks Perumahan Minanga Permai Kelurahan Malalayang Dua Kecamatan Malalayang Kota Manado.

Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi masalah sistem drainase di kompleks Perumahan Minanga Permai Malalayang II.
2. Membuat perencanaan sistem drainase di kompleks Perumahan Minanga Permai Malalayang II.
3. Mendapatkan dimensi saluran yang sesuai.

Manfaat Penelitian

Secara umum manfaat penelitian adalah untuk memberikan informasi mengenai masalah drainase di kompleks Perumahan Minanga Permai Malalayang II dan solusi permasalahannya.

LANDASAN TEORI

Sistem Drainase

Drainase berasal dari bahasa Inggris *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, menguras, atau membuang air. Drainase juga dapat diartikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.

Data Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang turun pada daerah tertentu dalam waktu tertentu yang dinyatakan dalam satuan mm. Data curah hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi untuk suatu perencanaan drainase perkotaan minimal 10 tahun pengamatan yang diperoleh dari stasiun pencatat curah hujan terdekat di lokasi perencanaan. Apabila data yang ada kurang dari 10 tahun, diupayakan melengkapinya dengan data dari stasiun lainnya yang terdekat.

Hujan yang tercatat di stasiun pencatat hujan adalah hujan titik atau hujan yang terjadi ditempat alat pencatat hujan berada, karena intensitas curah hujan sangat bervariasi terhadap

suatu tempat atau kawasan dibutuhkan nilai rata-rata hujan kawasan dari beberapa stasiun penakar hujan yang ada dalam wilayah tersebut.

Parameter Statistik

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

a. *Mean*

Mean adalah nilai rata-rata dari suatu variabel

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

Keterangan :

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

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

$$\overline{\log x} = \frac{1}{n} = \sum_{i=1}^n \log x_i \tag{2}$$

Keterangan :

- $\overline{\log x}$ = 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.

b. 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 standar deviasi.

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

Keterangan :

- \bar{x} = curah hujan rata-rata (mm),
- x_i = nilai 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:

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

Keterangan :

$\overline{\log x}$ = 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.
 S_{\log} = standar deviasi dalam log

c. Koefisien Variasi (Cv)

Koefisien variasi (*coefficient of variation*) adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Semakin besar nilai variasi berarti datanya kurang merata, semakin kecil berarti data tersebut semakin merata. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus berikut :

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

Keterangan :

\bar{x} = curah hujan rata-rata (mm),
 Cv = jumlah data curah hujan
 S = standar deviasi

d. Koefisien *Skewness* (Cs)

Koefisien *Skewness* adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi. Apabila suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi mempunyai ekor memanjang ke kanan atau ke kiri terhadap titik pusat maksimum maka kurva tersebut tidak akan berbentuk simetris, keadaan ini disebut menceng ke kanan atau ke kiri.

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

Keterangan :

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

Untuk perhitungan dalam nilai log seperti pada analisis data *outlier* maka persamaan

tersebut harus diubah dahulu kedalam bentuk logaritmik, sehingga menjadi:

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

Keterangan :

$\overline{\log x}$ = 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.
 S_{\log} = standar deviasi dalam log
 $C_{s_{\log}}$ = koefisien *skewness*

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

Bila :

$Cs = 0$, maka bentuknya simetris
 $Cs < 0$, maka kurva condong ke kiri
 $Cs > 0$, maka kurva condong ke kanan

e. Pengukuran Kurtosis (Ck)

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

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

Keterangan :

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

Secara teoritis bila nilai :

$Ck = 3$, maka disebut distribusi yang mesokurtis (*mesocurtic*) artinya puncaknya tidak begitu runcing dan tidak begitu datar, serta berbentuk distribusi normal.

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

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

Uji Data Outlier

Data *outlier* adalah data yang secara statistik menyimpang jauh dari kumpulan datanya. Uji data *outlier* gunanya untuk mencari data curah hujan yang ada, apakah ada data yang menyimpang jauh dari kumpulan datanya. Berikut ini adalah syarat untuk pengujian data *outlier* berdasarkan koefisien skewness ($C_{S_{log}}$).

- Jika $C_{S_{log}} > 0,4$, maka : uji data *outlier* tinggi, koreksi data, uji data outlier rendah, koreksi data.
- Jika $C_{S_{log}} < -0,4$, maka : uji data *outlier* rendah, koreksi data, uji data outlier tinggi, koreksi data.
- Jika $-0,4 \leq C_{S_{log}} \leq 0,4$, maka : uji data *outlier* tinggi dan rendah, koreksi data.

Uji data *outlier* tinggi dan uji data *outlier* rendah menggunakan persamaan berikut ini:

a. Uji data *outlier* tinggi

$$\text{Log } X_h = \overline{\log x} + K_n S_{log} \tag{9}$$

b. Uji data *outlier* rendah

$$\text{Log } X_l = \overline{\log x} - K_n S_{log} \tag{10}$$

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

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

dengan :

- $\overline{\log x}$ = nilai rata-rata log data pengamatan,
- $C_{S_{log}}$ = koefisien *skewness* (dalam log),
- S_{log} = standar deviasi (dalam log),
- X_h = *high outlier / outlier* tinggi (log),
- X_l = *low outlier / outlier* rendah (log),
- K_n = konstanta uji *outlier*

Jika terdapat data *outlier*, maka data tersebut sebaiknya disesuaikan, dengan mengambil batas atas atau batas bawah sebagai acuan. Data yang telah disesuaikan siap untuk digunakan.

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.

$$X_{TR} = \bar{x} + K S \tag{13}$$

dengan :

- X_{TR} = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T – tahunan,
- \bar{x} = nilai rata – rata variant,
- S = standart 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 $\log X_{TR}$.

$$\log X_{TR} = \overline{\log x} + K S_{log} \tag{14}$$

dengan :

- $\log X_{TR}$ = nilai logaritma X yang diharapkan terjadi pada peluang atau periode ulang tertentu,
- $\overline{\log x}$ = rata – rata nilai variant dalam log,
- S_{log} = standart deviasi dalam log,
- K = 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.

$$X_{TR} = \bar{x} + K_{TR} S \tag{15}$$

dengan :

- X_{TR} = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T – tahunan,
 - \bar{x} = harga rata – rata sampel,
 - S = standart deviasi,
 - K_{TR} = *Reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut,
- $$K_{TR} = \frac{[-\ln \{-\ln \frac{T_r-1}{T_r}\}] - Y_n}{S_n} \tag{16}$$
- Y_n = *Reduced mean*, yang tergantung jumlah sampel/data n ,
 - S_n = *Reduced standart deviation*, yang juga tergantung pada jumlah sampel/data

4. Distribusi Log Pearson III

Person telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tidak seperti konsep melatarbelakangi pemakaian distribusi Log Normal untuk banjir puncak, maka distribusi probabilitas ini hampir tidak berbasis teori. Distribusi ini masih tetap

dipakai karena fleksibilitasnya. (Suripin, 2004)
Tiga parameter penting dalam Log-Person III

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

Langkah-langkah penggunaan distribusi Log-Person III

1. Ubah data kedalam bentuk logaritmis, $x = \overline{\log x}$
2. Hitung harga rata – rata (\bar{x})
3. Hitung simpangan baku (S_{log})
4. Hitung koefisien kemencengan ($C_{S_{log}}$)
5. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang TR.

$$\log X_{TR} = \overline{\log \bar{x}} + K S_{log} \quad (17)$$

dengan :

$\log X_{TR}$ = curah hujan tergantung pada Tr dalam log

$\overline{\log \bar{x}}$ = rata – rata nilai variant dalam log

S_{log} = standart deviasi dalam log

K = faktor frekuensi Pearson yang dapat dilihat dari tabel Pearson dengan memperhitungkan nilai Cs

Pemilihan Tipe Distribusi

Setiap tipe distribusi memiliki sifat yang khas sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat masing-masing tipe distribusi tersebut. 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. Kriteria pemilihan awal kesesuaian tipe distribusi berdasarkan parameter statistik.

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

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

4. Bila Kriteria 3 (tiga) sebaran diatas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log-Person III.

Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung makin tinggi dan makin besar periode ulang makin tinggi pula intensitasnya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisa data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Untuk data hujan jangka pendek dapat digunakan rumus Tallbot, Sherman, Ishiguro. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia dapat dihitung dengan rumus Mononobe (Suripin,2004).

Rumus Mononobe:

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24}\right) \left(\frac{24}{T_c}\right)^{2/3} \quad (18)$$

dimana:

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = curah hujan harian maksimum (dalam 24 jam) (mm)

T_c = waktu konsentrasi (jam)

Periode Ulang

Periode Ulang adalah hujan dengan jangka waktu tertentu dan intensitas tertentu dianggap bisa terjadi atau kemungkinan terjadinya satu kali dalam batas period yang ditetapkan. Standar periode ulang berdasarkan tipologi kota yang ditetapkan oleh Direktorat PLP Departemen PU, ataupun standar perencanaan drainase yang diberlakukan di propinsi Sulawesi Utara melalui Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu (P3KT).

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

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

Sumber : Direktorat PLP Dept PU,2012

Waktu Konsentrasi

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

$$T_c = T_l + T_s \tag{19}$$

dimana :

$$T_l = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_l \times \frac{n}{\sqrt{s}} \right] \tag{20}$$

$$T_s = \frac{L_s}{60 \times V} \tag{21}$$

Keterangan :

- Tc = waktu konsentrasi (menit),
- Tl = waktu di lahan (menit),
- Ts = waktu di saluran (menit),
- Ll = panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m),
- n = angka kekasaran Manning,
- S = kemiringan lahan,
- Ls = panjang lintasan aliran di dalam saluran / sungai (m),
- V = kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik).

Debit Rencana

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

$$Q = 0,278 C I A \tag{22}$$

dengan :

- Q = debit rencana (m³/det)
- C = koefisien *run off*
- I = intensitas hujan (mm/jam)
- A = *catchment area* (ha)

Analisa Hidrolika

Analisis hidrolika dimaksudkan untuk mencari dimensi hidrolis dari saluran drainase dan bangunan-bangunan pelengkapya. Dalam menentukan besaran dimensi saluran drainase, perlu diperhitungkan kriteria-kriteria perencanaan berdasarkan kaidah-kaidah hidrolika.

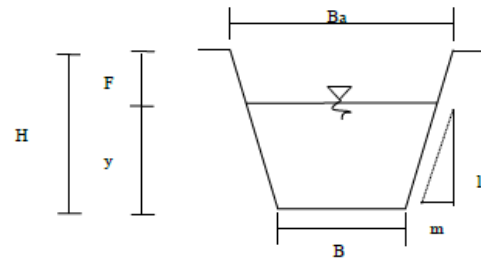
Penampang Hidrolis Saluran

- Penampang berbentuk trapezium

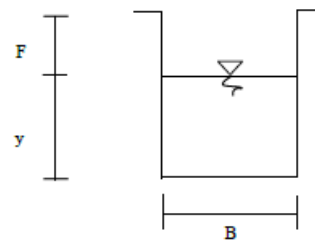
$$A = (B + m y)y \tag{23}$$

$$P = B + 2y\sqrt{1 + m^2} \tag{24}$$

$$\text{Tinggi total saluran : } H = y + F \tag{25}$$



- Penampang Persegi



$$A = B y \tag{26}$$

$$P = B + 2y \tag{27}$$

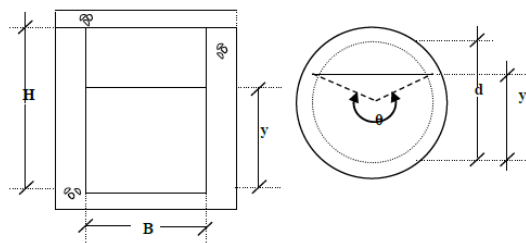
$$R = \frac{B y}{B + 2 y} \tag{28}$$

Keterangan :

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

Perencanaan Gorong-gorong

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



Bentuk Segi Empat

Bentuk Lingkaran

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

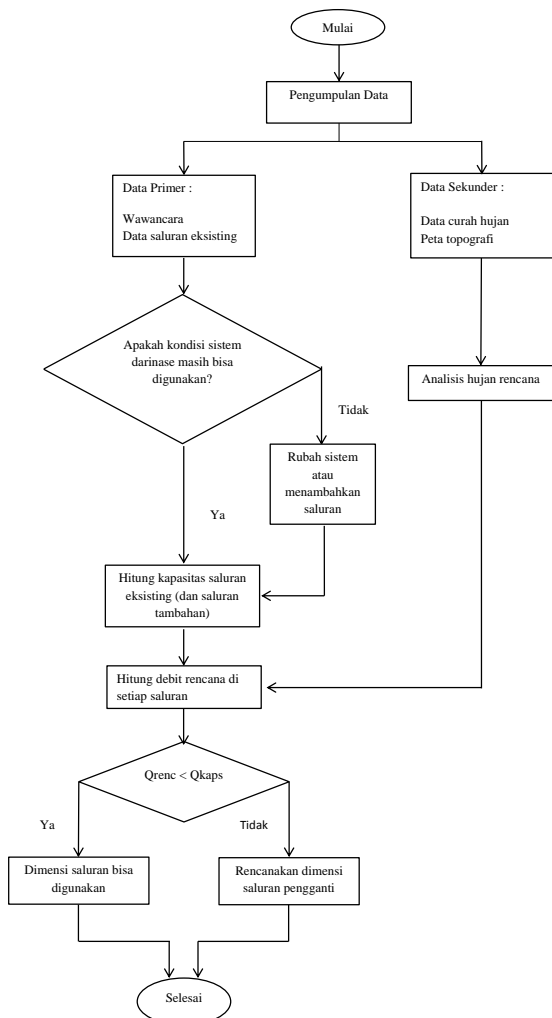
- Bentuk segi empat
 - $A = By$ (29)
 - $P = B + 2y$ (30)
- Bentuk lingkaran
 - $A = \frac{1}{8} (\theta - \sin\theta)d^2$ (31)
 - $P = \frac{1}{2} \theta d$ (32)

Keterangan :

- B = lebar gorong-gorong (m)
- y = tinggi air di gorong –gorong (m)
- d = diameter gorong-gorong bentuk lingkaran (m)
- P = keliling basah (m)
- A = luas penampang gorong-gorong (m²)

METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL ANALISIS DATA

Permasalahan Genangan dan Sistem Drainase

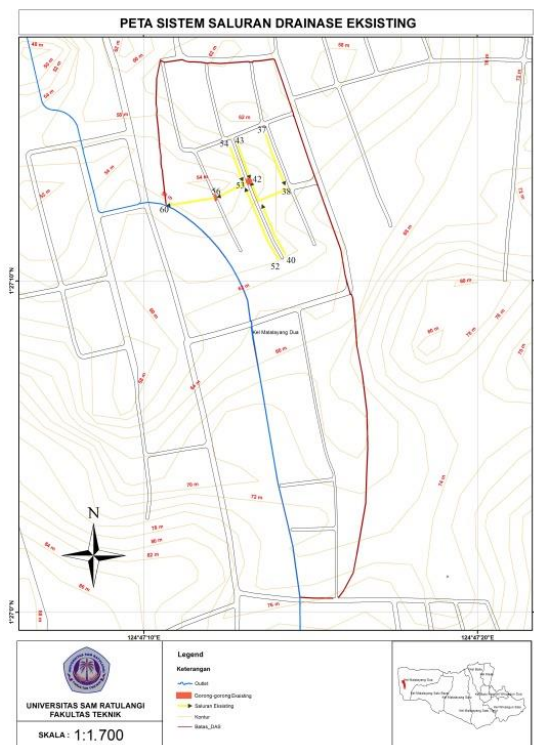
Berdasarkan hasil survei dan wawancara yang dilakukan di lokasi penelitian Kompleks Perumahan Minanga Permai Kelurahan Malalayang Dua Kecamatan Malalayang Kota Manado, didapati kondisi eksisting drainase yang kurang baik, diantaranya:

- Terjadinya pendangkalan saluran
- Tidak adanya saluran drainase dan gorong-gorong di beberapa titik



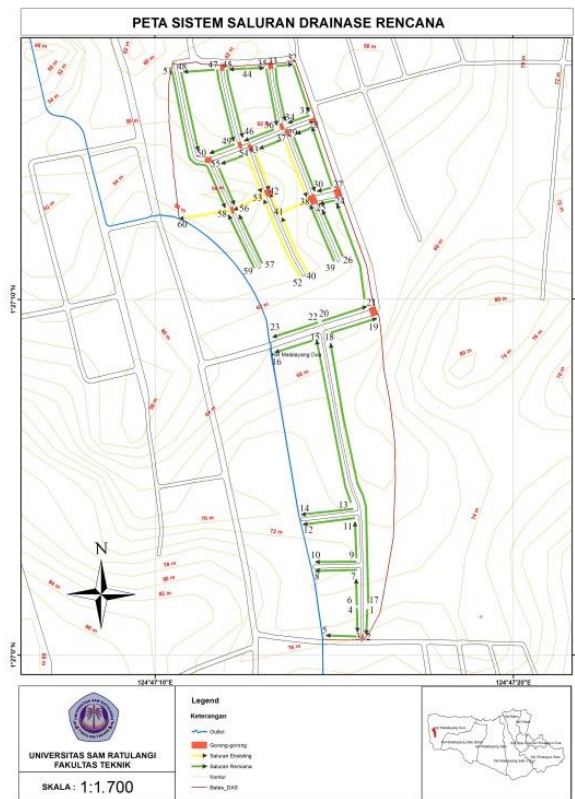
Gambar 2. Lokasi penelitian

Saluran-saluran eksisting yang ada di lokasi penelitian dapat dilihat di peta saluran eksisting.



Pengembangan Rencana Sistem Drainase

Berdasarkan permasalahan genangan dan sistem drainase yang ada maka dilakukan analisis terhadap drainase yang ada di Lingkungan Lima Kelurahan Wawalintouan Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa. 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 sungai terdekat.



kemencengan (*Skewness*) dari data yang ada dan data pengamatan diubah dalam nilai log. Pengujian data *outlier* untuk daerah pengamatan di Lingkungan Lima Kelurahan Wawalintouan Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa sebagai berikut :

Tabel 2. Curah hujan harian maksimum di stasiun Winangun

| Tahun | Hujan Harian Max (mm) |
|-------|-----------------------|
| 1993 | 59 |
| 1994 | 60 |
| 1995 | 83 |
| 1996 | 88 |
| 1997 | 93.6 |
| 1998 | 98 |
| 1999 | 105 |
| 2000 | 111 |
| 2001 | 119 |
| 2002 | 124 |
| 2003 | 124.8 |
| 2004 | 135.5 |
| 2005 | 137.3 |
| 2006 | 139 |
| 2007 | 140 |
| 2008 | 140 |
| 2009 | 143 |
| 2010 | 155.9 |
| 2011 | 162.3 |
| 2012 | 163 |
| 2013 | 171 |
| 2014 | 176.6 |
| 2015 | 186.6 |
| 2016 | 215.9 |

Tabel 3 Analisis data outlier

| No | Rmaks | log X_i | $(\log X_i - \log \bar{X})$ | $(\log X_i - \log \bar{X})^2$ | $(\log X_i - \log \bar{X})^3$ |
|-------------|----------|-----------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 59 | 1.77085 | -0.32363 | 0.10473 | -0.03389 |
| 2 | 60 | 1.77815 | -0.31633 | 0.10006 | -0.03165 |
| 3 | 83 | 1.91908 | -0.17540 | 0.03077 | -0.00540 |
| 4 | 88 | 1.94448 | -0.15000 | 0.02250 | -0.00337 |
| 5 | 93.6 | 1.97128 | -0.12320 | 0.01518 | -0.00187 |
| 6 | 98 | 1.99123 | -0.10325 | 0.01066 | -0.00110 |
| 7 | 105 | 2.02119 | -0.07329 | 0.00537 | -0.00039 |
| 8 | 111 | 2.04532 | -0.04916 | 0.00242 | -0.00012 |
| 9 | 119 | 2.07555 | -0.01893 | 0.00036 | -0.00001 |
| 10 | 124 | 2.09342 | -0.00106 | 0.00000 | 0.00000 |
| 11 | 124.8 | 2.09621 | 0.00174 | 0.00000 | 0.00000 |
| 12 | 135.5 | 2.13194 | 0.03746 | 0.00140 | 0.00005 |
| 13 | 137.3 | 2.13767 | 0.04319 | 0.00187 | 0.00008 |
| 14 | 139 | 2.14301 | 0.04854 | 0.00236 | 0.00011 |
| 15 | 140 | 2.14613 | 0.05165 | 0.00267 | 0.00014 |
| 16 | 140 | 2.14613 | 0.05165 | 0.00267 | 0.00014 |
| 17 | 143 | 2.15534 | 0.06086 | 0.00370 | 0.00023 |
| 18 | 155.9 | 2.19285 | 0.09837 | 0.00968 | 0.00095 |
| 19 | 162.3 | 2.21032 | 0.11584 | 0.01342 | 0.00155 |
| 20 | 163 | 2.21219 | 0.11771 | 0.01386 | 0.00163 |
| 21 | 171 | 2.23300 | 0.13852 | 0.01919 | 0.00266 |
| 22 | 176.6 | 2.24699 | 0.15251 | 0.02326 | 0.00355 |
| 23 | 186.6 | 2.27091 | 0.17643 | 0.03113 | 0.00549 |
| 24 | 215.9 | 2.33425 | 0.23977 | 0.05749 | 0.01379 |
| Σ | 3131.5 | 50.26748 | 0.00000 | 0.47473 | -0.04744 |
| (\bar{x}) | 130.4792 | 2.094478 | | | |

Analisis Hidrologi

Analisis Data Curah Hujan

Data Curah Hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahunan yang diambil dari Stasiun Iklim Tondano-Paleloan, Kementerian PU Satker Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Jumlah data yang dipakai dalam menganalisis hidrologi ini berjumlah 13 data, selama 13 tahun pengamatan yaitu dari tahun 2004 sampai dengan 2016.

Uji Data Outlier

Pengujian data *outlier* dimulai dengan menghitung nilai-nilai parameter statistik, nilai rata-rata, standart deviasi, dan koefisien

a. Nilai rata-rata

$$\log \bar{x} = \frac{1}{n} = \sum_{i=1}^n \log x_i = \frac{50,26748}{24} = 2,09448$$

b. Standar deviasi

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^2} = \sqrt{\frac{0,47473}{24-1}} = 0,143668$$

c. Koefisien kemencengan (*Skewness*)

$$C_{S_{\log}} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)S_{\log}^3} = \frac{24(0,04744)}{23 \times 22 \times (0,143668)^3} = -0,7588$$

Dari hasil perhitungan, diperoleh $C_{S_{\log}} < -0,4$. Maka, uji *outlier* rendah kemudian koreksi data lalu uji *outlier* tinggi.

Uji outlier rendah

$$\log X_l = \log x - K_n S_{\log}$$

$$n = 24$$

$K_n = 2,467$ (Diambil dari tabel hubungan antara nilai K_n untuk uji data *outlier*)

$$\log X_l = 2,09448 - (2,467 \times 0,143668) = 1,7400$$

$$X_l = 54,96028 \text{ mm}$$

Data curah hujan terendah yang ada adalah 59 mm sedangkan syarat terendah uji *outlier* rendah diperoleh 54,96028 mm jadi tidak terdapat data *outlier* rendah. Maka masih menggunakan data yang tetap

Uji outlier tinggi

$$\log X_h = \log x + K_n S_{\log}$$

$$n = 24$$

$K_n = 2,467$ (Diambil dari tabel hubungan antara nilai K_n untuk uji data *outlier*)

$$\log X_h = 2,09448 + (2,467 \times 0,143668) = 2,44891$$

$$X_h = 281,13042 \text{ mm}$$

Data curah hujan tertinggi yang ada adalah 215,9 mm sedangkan syarat tertinggi uji *outlier* tinggi diperoleh 281,13042 mm jadi tidak terdapat data *outlier* tinggi. Maka masih menggunakan data yang tetap.

Parameter Statistik

Dari data pengamatan dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai-nilai parameter statistik untuk mengetahui tipe distribusi yang akan digunakan nantinya. Nilai-nilai parameter statistik seperti berikut :

1. Rata-rata (*Mean*)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{3131,5}{24} = 130,47917$$

2. Standar deviasi (Simpangan Baku)

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{35199,05958}{24-1}} = 13,12025$$

3. Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*)

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{13,12025}{130,47917} = 0,2998$$

4. Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*)

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

$$C_s = \frac{24}{23 \times 22 \times 39,12025^3} (43176,16844) = 0,03421$$

Tabel 4 Perhitungan parameter statistik data pengamatan

| No | Rmaks | 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 | 59 | 1.77085 | -71.47917 | 5109.27127 | -365206.45246 | 26104652.88348 | -0.32363 | 0.10473 | -0.03389 |
| 2 | 60 | 1.77815 | -70.47917 | 4967.31293 | -350092.07616 | 24674197.78456 | -0.31633 | 0.10006 | -0.03165 |
| 3 | 83 | 1.91908 | -47.47917 | 2254.27127 | -107030.92121 | 5081738.94685 | -0.17540 | 0.03077 | -0.00540 |
| 4 | 88 | 1.94448 | -42.47917 | 1804.47960 | -76652.78970 | 3256146.62932 | -0.15000 | 0.02250 | -0.00337 |
| 5 | 93.6 | 1.97128 | -36.87917 | 1360.07293 | -50158.35641 | 1849798.38587 | -0.12320 | 0.01518 | -0.00187 |
| 6 | 98 | 1.99123 | -32.47917 | 1054.89627 | -34262.15168 | 1112806.13489 | -0.10325 | 0.01066 | -0.00110 |
| 7 | 105 | 2.02119 | -25.47917 | 649.18793 | -16540.76757 | 421444.97369 | -0.07329 | 0.00537 | -0.00039 |
| 8 | 111 | 2.04532 | -19.47917 | 379.43793 | -7391.13476 | 143973.14578 | -0.04916 | 0.00242 | -0.00012 |
| 9 | 119 | 2.07555 | -11.47917 | 131.77127 | -1512.62434 | 17363.66690 | -0.01893 | 0.00036 | -0.00001 |
| 10 | 124 | 2.09342 | -6.47917 | 41.97960 | -271.99283 | 1762.28687 | -0.00106 | 0.00000 | 0.00000 |
| 11 | 124.8 | 2.09621 | -5.67917 | 32.25293 | -183.16979 | 1040.25175 | 0.00174 | 0.00000 | 0.00000 |
| 12 | 135.5 | 2.13194 | 5.02083 | 25.20877 | 126.56902 | 635.48195 | 0.03746 | 0.00140 | 0.00005 |
| 13 | 137.3 | 2.13767 | 6.82083 | 46.52377 | 317.33086 | 2164.46093 | 0.04319 | 0.00187 | 0.00008 |
| 14 | 139 | 2.14301 | 8.52083 | 72.60460 | 618.65170 | 5271.42804 | 0.04854 | 0.00236 | 0.00011 |
| 15 | 140 | 2.14613 | 9.52083 | 90.64627 | 863.02800 | 8216.74579 | 0.05165 | 0.00267 | 0.00014 |
| 16 | 140 | 2.14613 | 9.52083 | 90.64627 | 863.02800 | 8216.74579 | 0.05165 | 0.00267 | 0.00014 |
| 17 | 143 | 2.15534 | 12.52083 | 156.77127 | 1962.90691 | 24577.23027 | 0.06086 | 0.00370 | 0.00023 |
| 18 | 155.9 | 2.19285 | 25.42083 | 646.21877 | 16427.41958 | 417598.69529 | 0.09837 | 0.00968 | 0.00095 |
| 19 | 162.3 | 2.21032 | 31.82083 | 1012.56543 | 32220.67592 | 1025288.75819 | 0.11584 | 0.01342 | 0.00155 |
| 20 | 163 | 2.21219 | 32.52083 | 1057.60460 | 34394.18295 | 1118527.49141 | 0.11771 | 0.01386 | 0.00163 |
| 21 | 171 | 2.23300 | 40.52083 | 1641.93793 | 66532.69337 | 2695960.17920 | 0.13852 | 0.01919 | 0.00266 |
| 22 | 176.6 | 2.24699 | 46.12083 | 2127.13127 | 98105.06666 | 4524687.42859 | 0.15251 | 0.02326 | 0.00355 |
| 23 | 186.6 | 2.27091 | 56.12083 | 3149.54793 | 176755.25468 | 9919652.18874 | 0.17643 | 0.03113 | 0.00549 |
| 24 | 215.9 | 2.33425 | 85.42083 | 7296.71877 | 623291.79771 | 53242104.76996 | 0.23977 | 0.05749 | 0.01379 |
| Σ | | 3131.5 | 50.26748 | 0.00000 | 35199.05958 | 43176.16844 | 0.00000 | 0.47473 | -0.04744 |
| (\bar{x}) | | 130.4792 | 2.094478 | | | | | | |

Analisa Distribusi Peluang

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

1. Distribusi Normal
Cs ≈ 0 ; Ck ≈ 3
2. Distribusi Log-Normal
Cs ≈ Cv³ + 3 CV
Ck ≈ Cv⁸ + 6 Cv⁶ + 15 Cv⁴ + 16 Cv² + 3
3. Distribusi Gumbel
Cs ≈ 1,14
Ck ≈ 5,40
4. Bila Kriteria 3 (tiga) sebaran diatas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log-Person III.
5. Koefisien Kurtosis (*Kurtosis Coefficient*)

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

$$C_k = \frac{24^2}{23 \times 22 \times 21 \times 39,12025} (135657826,69) = 3,13972$$

Pemilihan Distribusi Peluang

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 ≈ 3 | Cs ≈ 0 Ck ≈ 3 | Cs = 0,77468 Ck = 3,50995 | Tidak Memenuhi |
| 2 | Distribusi Log-Normal | Cs ≈ Cv ³ + 3 CV Ck ≈ Cv ⁸ + 6 Cv ⁶ + 15 Cv ⁴ + 16 Cv ² + 3 | Cs = 4,56038 Ck = 55,10923 | | Tidak Memenuhi |
| 3 | Distribusi Gumbell | Cs ≈ 1,14 Ck ≈ 5,40 | Cs ≈ 1,14 Ck ≈ 5,40 | | Tidak Memenuhi |
| 4 | Distribusi Log-Person III | Karena ketiga kriteria tidak ada yang memenuhi maka tipe sebaran ini dianggap mengikuti tipe distribusi Log-Person III. | | | |

Analisis Debit Saluran Eksisting

- *Catchment area*
Catchment area (daerah tangkapan) merupakan luas daerah limpasan yang berpengaruh 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. Penetapan kepadatan bangunan pemukiman dilakukan dengan melihat kondisi yang ada secara umum. Penetapan koefisien pengaliran (C)

merupakan nilai rata-rata yang dapat mewakili kondisi penggunaan lahan yang ada pada kawasan perencanaan

- Debit Limpasan
Perhitungan debit limpasan dilakukan dengan menggunakan persamaan rasional. Sebagai contoh perhitungan tinjauan diambil pada (saluran 7-8).
 - Luas daerah pelayanan saluran (DPS) = 0,0012985 km²
 - Panjang lintasan aliran di lahan (Ll) = 24 m
 - Panjang lintasan aliran di saluran (Ls) = 47,4 m
 - Kemiringan lahan = 0,108692
 - Nilai koefisien *run off* = 0,4
- Waktu konsentrasi
 - Waktu konsentrasi di saluran
Ts = $\frac{Ls}{60 V} = \frac{47,4}{60 \times 0,4} = 0,05048$ menit
 - Waktu konsentrasi di lahan
Tl = $\left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times l \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right]$
= $\left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times 22 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,01087}} \right]$
= 2,067 menit
 - Waktu konsentrasi total
Tc = Ts + Tl
= 0,05048menit+ 2,067menit
= 3,432 menit = 0,067 jam
- Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi dengan rumus Mononobe
I = $\frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{191,1468}{24} \left(\frac{24}{0,067} \right)^{\frac{2}{3}} = 400,095$ mm/jam
- Debit limpasan
Q = 0,278 C I A_{dps}
= 0,278 × 0,4 × 400,095 × 0,00129
= 0,05777 m³/det

Analisis Hidrolika

Analisis Kapasitas Saluran Eksisting

Analisis dimensi saluran yang dimaksudkan yaitu untuk mengetahui kapasitas debit air yang masuk ke dalam saluran. Apabila saluran tidak mampu menampung debit air yang ada, maka dilakukan perbaikan dimensi saluran agar mendapat dimensi saluran yang baru. Untuk menghitung dimensi dan debit kapasitas ditinjau (saluran 37-38).

Analisis kapasitas sistem saluran rencana

Dari hasil analisis, ada beberapa saluran yang ada di lokasi penelitian yang tidak mampu menampung debit rencana. Maka perlu untuk dibuat sistem saluran rencana baru yang dapat menampung debit rencana dengan dimensi sebagai berikut. Saluran yang ditinjau sebagai contoh perhitungan (saluran 37-38).

Dari hasil perhitungan debit (Q) yang masuk pada (saluran 37-38) di dapat $Q = 2,723 \text{ m}^3/\text{det}$, maka dengan debit yang ada dilakukan penyesuaian dimensi agar dapat menampung debit yang ada.

Pada saluran (saluran 37-38) digunakan dimensi saluran seperti berikut :

$B = 1 \text{ m} ; H = 0,8 \text{ m}$

Maka,

- $y = H - F = 0,8 - 0,25 = 0,55 \text{ m}$

- Luas penampang basah

$A = By$
 $= 1 \times 0,55 = 0,55 \text{ m}^2$

- Keliling basah

$P = B + 2y$
 $= 1 + (2 \times 0,55) = 2,1 \text{ m}$

- Jari-jari hidrolis

$R = A/P = 0,55 / 2,1 = 0,2619 \text{ m}$

- Kecepatan aliran

$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$
 $= \frac{1}{0,013} \times 0,2619^{\frac{2}{3}} \times 0,02483^{\frac{1}{2}}$
 $= 4,9625 \text{ m/det}$

- Debit kapasitas

$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$
 $= \frac{1}{0,013} \times 0,55 \times 0,2619^{\frac{2}{3}} \times 0,02483^{\frac{1}{2}}$
 $= 2,7294 \text{ m}^3/\text{det}$

- Debit rencana

$Q = 0,278 C I A_{dps}$
 $= 0,278 \times 0,7 \times 394,13 \times 0,02483$
 $= 0,0612 \text{ m}^3/\text{det}$

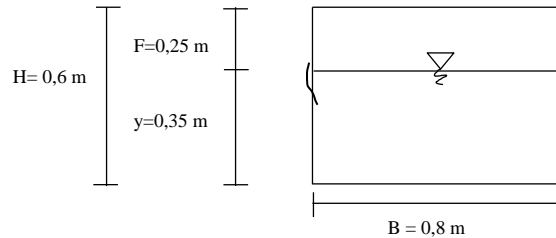
Ditambah dengan debit saluran sebelumnya maka $Q = 2,723 \text{ m}^3/\text{det}$.

Analisis kapasitas gorong-gorong eksisting

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

menampung air yang masuk ke dalam gorong-gorong tersebut. Berikut merupakan contoh perhitungan :

Untuk menghitung dimensi dan debit kapasitas ditinjau (G 42-53). Dimensi saluran seperti gambar dibawah ini:



$y = H - F = 0,6 - 0,25 = 0,35 \text{ m}$

$A = By = 0,8 \times 0,35 = 0,28 \text{ m}^2$

$P = B + 2y = 0,8 + 2 \times 0,35 = 1,5 \text{ m}$

$R = A/P = 0,28 / 1,5 = 0,1866 \text{ m}$

$Q_{kaps} = \mu \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$
 $= 0,8 \times \frac{1}{0,013} \times 0,28 \times 0,1866^{\frac{2}{3}} \times 0,0381^{\frac{1}{2}}$
 $= 1,0996 \text{ m}^3/\text{det}$

$Q_{renc} = 0,278 C I A_{dps} = 0,0747 \text{ m}^3/\text{det}$

Ditambah dengan debit saluran sebelumnya maka $Q = 4,7657 \text{ m}^3/\text{det}$.

Analisis kapasitas gorong-gorong rencana

Gorong-gorong yang direncanakan berbentuk persegi, namun dimensinya disesuaikan sehingga dapat menampung debit air yang akan melewati gorong-gorong. Gorong-gorong yang ditinjau sebagai contoh adalah (G 42-53). Dan gorong-gorong direncanakan berbentuk persegi dengan bangunan gorong-gorong sama rata dengan saluran. Pada (G 42-53) digunakan dimensi gorong-gorong seperti berikut:

$B = 1,3 \text{ m}$

$H = 0,9 \text{ m}$

Maka,

$y = H - F = 0,9 - 0,25 = 0,75 \text{ m}$

$A = By = 1,3 \times 0,75 = 0,845 \text{ m}^2$

$P = B + 2y = 1,3 + 2 \times 0,75 = 2,6 \text{ m}$

$R = A/P = 0,845 / 2,6 = 0,325 \text{ m}$

$Q_{kaps} = \mu \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$
 $= 0,8 \times \frac{1}{0,013} \times 0,845 \times 0,325^{\frac{2}{3}} \times 0,0381^{\frac{1}{2}}$
 $= 4,8026 \text{ m}^3/\text{det}$

$Q_{renc} = 0,278 C I A_{dps}$
 $= 0,0747 \text{ m}^3/\text{det}$

Ditambah dengan debit saluran sebelumnya maka $Q = 4,7657 \text{ m}^3/\text{det}$.

Tabel 7. Perhitungan kapasitas saluran eksisting

| No | Saluran | S | Dimensi | | F | y | A | P | n | R | V (m/det) | Qkaps (m3/det) | Debit Rencana | Keterangan | |
|----|--------------|------------|---------|------|------|-----|-------|------|-------|----------|-----------|----------------|---------------|---------------|--|
| | | | B | H | | | | | | | | | | | |
| | SUB SISTEM 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | S (1-2) | 0.03965035 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.011115283 | | |
| 2 | G (2-3) | | | | | | | | | | | | | Gorong-gorong | |
| 3 | S (4-3) | 0.03883562 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.019342752 | | |
| 4 | S (3-5) | 0.13885986 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.082866679 | | |
| | SUB SISTEM 2 | | | | 0.2 | | | | | | | | | | |
| 5 | S (6-7) | 0.11112132 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.024385097 | | |
| 6 | S (7-8) | 0.10869198 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.082157925 | | |
| | SUB SISTEM 3 | | | | 0.2 | | | | | | | | | | |
| 7 | S (9-10) | 0.1155157 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.045398243 | | |
| | SUB SISTEM 4 | | | | 0.2 | | | | | | | | | | |
| 8 | S (9-11) | 0.10979814 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.023510584 | | |
| 9 | S (11-12) | 0.37293019 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.092608248 | | |
| | SUB SISTEM 5 | | | | 0.2 | | | | | | | | | | |
| 10 | S (13-14) | 0.19386076 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.074996651 | | |
| | SUB SISTEM 6 | | | | 0.2 | | | | | | | | | | |
| 11 | S (13-15) | 0.02682554 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.068260424 | | |
| 12 | S (15-16) | 0.15865285 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.13824284 | | |
| | SUB SISTEM 7 | | | | 0.2 | | | | | | | | | | |
| 13 | S (22-23) | 0.16917127 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.059808248 | | |
| | SUB SISTEM 8 | | | | 0.2 | | | | | | | | | | |
| 14 | S (17-18) | 0.05483333 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.288620903 | | |
| 15 | S (18-19) | 0.06933649 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.356287322 | | |
| 16 | G (19-20) | | | | | | | | | | | | | Gorong-gorong | |
| 17 | S (21-20) | 0.07994536 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.121073589 | | |
| 18 | S (20-24) | 0.07204301 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.826938804 | | |
| 19 | G (24-27) | | | | | | | | | | | | | Gorong-gorong | |
| 20 | S (24-25) | 0.12882979 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.826938804 | | |
| 21 | S (26-25) | 0.19362559 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.846802515 | | |
| 22 | S (27-28) | 0.01348889 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.052548003 | | |
| 23 | G (28-31) | | | | | | | | | | | | | Gorong-gorong | |
| 24 | S (28-29) | 0.00886364 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.879987826 | | |
| 25 | G (29-37) | | | | | | | | | | | | | Gorong-gorong | |
| 26 | S (29-30) | 0.03681818 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.879987826 | | |
| 27 | G (25-30) | | | | | | | | | | | | | Gorong-gorong | |
| 28 | S (27-30) | 0.1287766 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.851014564 | | |
| 29 | S (37-38) | 0.02483721 | 0.4 | 0.7 | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 1.4 | 0.013 | 0.142857 | 3.3129078 | 0.662581565 | 2.723031753 | TIDAK OK | |
| 30 | S (39-38) | 0.18512195 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.074219308 | | |
| 31 | S (37-43) | 0.01724265 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.898962485 | | |
| 32 | G (43-54) | | | | | | | | | | | | | Gorong-gorong | |
| 33 | S (43-42) | 0.06346667 | 0.4 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.16 | 1.2 | 0.013 | 0.133333 | 5.0577262 | 0.809236195 | 0.958333482 | TIDAK OK | |
| 34 | S (38-41) | 0.03146226 | 0.45 | 0.7 | 0.2 | 0.5 | 0.225 | 1.45 | 0.013 | 0.155172 | 3.9399857 | 0.886496781 | 3.732692287 | TIDAK OK | |
| 35 | S (40-42) | 0.07656364 | 0.4 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.16 | 1.2 | 0.013 | 0.133333 | 5.5551239 | 0.88881982 | 3.807396941 | TIDAK OK | |
| 36 | G (42-53) | | | | | | | | | | | | | Gorong-gorong | |
| 37 | S (52-53) | 0.11683824 | 0.5 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.3 | 1.7 | 0.013 | 0.176471 | 8.2723842 | 2.481715267 | 0.088553927 | OK | |
| 38 | S (54-53) | 0.07606061 | 0.5 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.3 | 1.7 | 0.013 | 0.176471 | 6.6744901 | 2.002347034 | 0.954010063 | OK | |
| 39 | S (54-55) | 0.08025 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.927806469 | | |
| 40 | S (55-56) | 0.01690909 | | | 0.2 | | | | | | | | 1.746973384 | | |
| 41 | S (53-56) | 0.01153571 | 0.6 | 0.85 | 0.25 | 0.6 | 0.36 | 1.8 | 0.013 | 0.2 | 2.8255233 | 1.017188382 | 5.837636046 | TIDAK OK | |
| 42 | S (57-56) | 0.31519231 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.092453272 | | |
| 43 | G (56-58) | | | | | | | | | | | | | Gorong-gorong | |
| 44 | S (44-35) | 0.36898437 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.028487862 | | |
| 45 | G (35-33) | | | | | | | | | | | | | Gorong-gorong | |
| 46 | S (35-36) | 0.00473301 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.073851746 | | |
| 47 | S (33-34) | 0.0835 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.081558914 | | |
| 48 | S (33-32) | 0.2532 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.049537298 | | |
| 49 | S (32-31) | 0.02085561 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.093877175 | | |
| 50 | S (31-34) | 0.00870536 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.189393044 | | |
| 51 | G (34-36) | | | | | | | | | | | | | Gorong-gorong | |
| 52 | S (36-46) | 0.01595238 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.370922075 | | |
| 53 | G (46-49) | | | | | | | | | | | | | Gorong-gorong | |
| 54 | S (44-45) | 0.09483333 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.027364752 | | |
| 55 | S (45-46) | 0.05376984 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.09537394 | | |
| 56 | G (45-47) | | | | | | | | | | | | | Gorong-gorong | |
| 57 | S (47-49) | 0.08980189 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.115959586 | | |
| 58 | S (47-48) | 0.10591071 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.066918501 | | |
| 59 | S (49-50) | 0.05636179 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.621906528 | | |
| 60 | S (48-50) | 0.06619217 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.154799372 | | |
| 61 | G (50-55) | | | | | | | | | | | | | Gorong-gorong | |
| 62 | S (51-58) | 0.04074286 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.109543694 | | |
| 63 | S (59-58) | 0.24911692 | | | 0.2 | | | | | | | | 0.053940855 | | |
| 64 | S (58-60) | 0.10123438 | 0.6 | 0.75 | 0.25 | 0.5 | 0.3 | 1.6 | 0.013 | 0.1875 | 8.0177929 | 2.405337858 | 7.945966997 | TIDAK OK | |

Tabel 8. Perhitungan kapasitas sistem saluran rencana

| No | Saluran | S | B | | F | y | A | P | n | R | V (m/det) | Qkaps (m ³ /det) | Debit Rencana | Keterangan |
|----|--------------|----------|-----|-----|------|------|-------|-----|-------|---------|-------------|-----------------------------|---------------|------------|
| | | | B | H | | | | | | | | | | |
| | SUB SISTEM 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | S (1-2) | 0.03965 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.7 | 0.013 | 0.08571 | 2.977709309 | 0.178662559 | 0.011115283 | OK |
| | G (2-3) | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | S (4-3) | 0.038836 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.7 | 0.013 | 0.08571 | 2.946957614 | 0.176817457 | 0.019342752 | OK |
| 4 | S (3-5) | 0.13886 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.7 | 0.013 | 0.08571 | 5.572462384 | 0.334347743 | 0.082866679 | OK |
| | SUB SISTEM 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | S (6-7) | 0.111121 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.7 | 0.013 | 0.08571 | 4.984911939 | 0.299094716 | 0.024385097 | OK |
| 6 | S (7-8) | 0.108692 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.7 | 0.013 | 0.08571 | 4.930120614 | 0.295807237 | 0.082157925 | OK |
| | SUB SISTEM 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | S (9-10) | 0.115516 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.7 | 0.013 | 0.08571 | 5.082522217 | 0.304951333 | 0.045398243 | OK |
| | SUB SISTEM 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | S (9-11) | 0.109798 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.7 | 0.013 | 0.08571 | 4.95514392 | 0.297308635 | 0.023510584 | OK |
| 9 | S (11-12) | 0.37293 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.7 | 0.013 | 0.08571 | 9.132140024 | 0.547928401 | 0.092608248 | OK |
| | SUB SISTEM 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | S (13-14) | 0.193861 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.7 | 0.013 | 0.08571 | 6.584211044 | 0.395052663 | 0.074996651 | OK |
| | SUB SISTEM 6 | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | S (13-15) | 0.026826 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.7 | 0.013 | 0.08571 | 2.44924946 | 0.146954968 | 0.068260424 | OK |
| 12 | S (15-16) | 0.158653 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.7 | 0.013 | 0.08571 | 5.956384525 | 0.357383071 | 0.13824284 | OK |
| | SUB SISTEM 7 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | S (22-23) | 0.169171 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.7 | 0.013 | 0.08571 | 6.150665285 | 0.369039917 | 0.059808248 | OK |
| | SUB SISTEM 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | S (17-18) | 0.054833 | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.24 | 1.6 | 0.013 | 0.15 | 5.085181724 | 1.220443614 | 0.288620903 | OK |
| 15 | S (18-19) | 0.069336 | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.24 | 1.6 | 0.013 | 0.15 | 5.718275682 | 1.372386164 | 0.356287322 | OK |
| | G (19-20) | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | S (21-20) | 0.079945 | 0.4 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.16 | 1.2 | 0.013 | 0.13333 | 5.676479716 | 0.908236755 | 0.121073589 | OK |
| 18 | S (20-24) | 0.072043 | 0.4 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.16 | 1.2 | 0.013 | 0.13333 | 5.388630429 | 0.862180869 | 0.826938804 | OK |
| | G (24-27) | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | S (24-25) | 0.12883 | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.24 | 1.6 | 0.013 | 0.15 | 7.794572457 | 1.87069739 | 0.826938804 | OK |
| 21 | S (26-25) | 0.193626 | 0.4 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.16 | 1.2 | 0.013 | 0.13333 | 8.834131342 | 1.413461015 | 0.846802515 | OK |
| 22 | S (27-28) | 0.013489 | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.24 | 1.6 | 0.013 | 0.15 | 2.522157727 | 0.605317855 | 0.052548003 | OK |
| | G (28-31) | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | S (28-29) | 0.008864 | 0.7 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.42 | 1.9 | 0.013 | 0.22105 | 2.647644911 | 1.112010863 | 0.879987826 | OK |
| | G (29-37) | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | S (29-30) | 0.036818 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5 | 0.35 | 1.7 | 0.013 | 0.20588 | 5.14636477 | 1.801227669 | 0.879987826 | OK |
| | G (25-30) | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | S (27-30) | 0.128777 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5 | 0.35 | 1.7 | 0.013 | 0.20588 | 9.624714736 | 3.368650157 | 0.851014564 | OK |
| 29 | S (37-38) | 0.024837 | 1 | 0.8 | 0.25 | 0.55 | 0.55 | 2.1 | 0.013 | 0.2619 | 4.962535685 | 2.729394627 | 2.723031753 | OK |
| 30 | S (39-38) | 0.185122 | 0.4 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.16 | 1.2 | 0.013 | 0.13333 | 8.637964835 | 1.382074374 | 0.074219308 | OK |
| 31 | S (37-43) | 0.017243 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5 | 0.35 | 1.7 | 0.013 | 0.20588 | 3.521854142 | 1.23264895 | 0.898962485 | OK |
| | G (43-54) | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | S (43-42) | 0.063467 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5 | 0.35 | 1.7 | 0.013 | 0.20588 | 6.756818311 | 2.364886409 | 0.958333482 | OK |
| 34 | S (38-41) | 0.031462 | 1 | 0.9 | 0.25 | 0.65 | 0.65 | 2.3 | 0.013 | 0.28261 | 5.875912428 | 3.819343078 | 3.732692287 | OK |
| 35 | S (40-42) | 0.076564 | 0.8 | 0.9 | 0.25 | 0.65 | 0.52 | 2.1 | 0.013 | 0.24762 | 8.393130123 | 4.364427664 | 3.807396941 | OK |
| | G (42-53) | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | S (52-53) | 0.116838 | 0.5 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.3 | 1.7 | 0.013 | 0.17647 | 8.272384223 | 2.481715267 | 0.088553927 | OK |
| 38 | S (54-53) | 0.076061 | 0.5 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.3 | 1.7 | 0.013 | 0.17647 | 6.674490113 | 2.002347034 | 0.954010063 | OK |
| 39 | S (54-55) | 0.08025 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5 | 0.35 | 1.7 | 0.013 | 0.20588 | 7.597871022 | 2.659254858 | 0.927806469 | OK |
| 40 | S (55-56) | 0.016909 | 0.7 | 1.5 | 0.25 | 1.25 | 0.875 | 3.2 | 0.013 | 0.27344 | 4.213944652 | 3.68720157 | 1.746973384 | OK |
| 41 | S (53-56) | 0.011536 | 1.1 | 1.5 | 0.25 | 1.25 | 1.375 | 3.6 | 0.013 | 0.38194 | 4.349229831 | 5.980191017 | 5.837636046 | OK |
| 42 | S (57-56) | 0.315192 | 0.4 | 1.5 | 0.2 | 1.3 | 0.52 | 3 | 0.013 | 0.17333 | 13.42556316 | 6.981292842 | 0.092453272 | OK |
| | G (56-58) | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | S (44-35) | 0.368984 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.08 | 0.8 | 0.013 | 0.1 | 10.06685861 | 0.805348689 | 0.028487862 | OK |
| | G (35-33) | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | S (35-36) | 0.004733 | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.24 | 1.6 | 0.013 | 0.15 | 1.494007754 | 0.358561861 | 0.073851746 | OK |
| 47 | S (33-34) | 0.0835 | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.24 | 1.6 | 0.013 | 0.15 | 6.275197392 | 1.506047374 | 0.081558914 | OK |
| 48 | S (33-32) | 0.2532 | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.24 | 1.6 | 0.013 | 0.15 | 10.92737895 | 2.622570949 | 0.049537298 | OK |
| 49 | S (32-31) | 0.020856 | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.24 | 1.6 | 0.013 | 0.15 | 3.136141533 | 0.752673968 | 0.093877175 | OK |
| 50 | S (31-34) | 0.008705 | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.24 | 1.6 | 0.013 | 0.15 | 2.026177322 | 0.486282557 | 0.189393044 | OK |
| | G (34-36) | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | S (36-46) | 0.015952 | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.15 | 1.1 | 0.013 | 0.13636 | 2.573959958 | 0.386093994 | 0.370922075 | OK |
| | G (46-49) | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | S (44-45) | 0.094833 | 0.4 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.12 | 1 | 0.013 | 0.12 | 5.763124297 | 0.691574916 | 0.027364752 | OK |
| 55 | S (45-46) | 0.05377 | 0.4 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.12 | 1 | 0.013 | 0.12 | 4.339571573 | 0.520748589 | 0.09537394 | OK |
| | G (45-47) | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | S (47-49) | 0.089802 | 0.4 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.12 | 1 | 0.013 | 0.12 | 5.608157594 | 0.672978911 | 0.115959586 | OK |
| 58 | S (47-48) | 0.105911 | 0.4 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.12 | 1 | 0.013 | 0.12 | 6.09042258 | 0.73085071 | 0.066918501 | OK |
| 59 | S (49-50) | 0.056362 | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.15 | 1.1 | 0.013 | 0.13636 | 4.838173225 | 0.725725984 | 0.621906528 | OK |
| 60 | S (48-50) | 0.066192 | 0.4 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.12 | 1 | 0.013 | 0.12 | 4.814828145 | 0.577779377 | 0.154799372 | OK |
| | G (50-55) | | | | | | | | | | | | | |
| 62 | S (51-58) | 0.040743 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.7 | 0.013 | 0.08571 | 3.018453769 | 0.181107226 | 0.109543694 | OK |
| 63 | S (59-58) | 0.249117 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.7 | 0.013 | 0.08571 | 7.463806931 | 0.447828416 | 0.053940855 | OK |
| 64 | S (58-60) | 0.101234 | 0.7 | 1.5 | 0.25 | 1.25 | 0.875 | 3.2 | 0.013 | 0.27344 | 10.31080802 | 9.021957013 | 7.945966997 | OK |

Tabel 9. Perhitungan dimensi gorong-gorong eksisting

| No | Gorong-gorong | B | | F | y | L | S | n | μ | A | P | R | Qkapasitas | Qrencana | Keterangan |
|----|---------------|-----|-----|------|------|---|----------|-------|-----|-------|-----|---------|------------|-----------|------------|
| | | B | H | | | | | | | | | | | | |
| 1 | G (42-53) | 0.8 | 0.6 | 0.25 | 0.35 | 4 | 0.038175 | 0.013 | 0.8 | 0.28 | 1.5 | 0.18667 | 1.09961006 | 5.8082944 | TIDAK OK |
| 2 | G (56-58) | 1.3 | 0.8 | 0.25 | 0.55 | 4 | 0.096125 | 0.013 | 0.8 | 0.715 | 2.4 | 0.29792 | 6.08509533 | 7.8405473 | TIDAK OK |

Tabel 10. Perhitungan dimensi gorong-gorong rencana dimensi

| No | Gorong-gorong | | | F | y | S | L | n | μ | A | P | R | Qkapasitas | Qrencana | Keterangan |
|----|---------------|-----|-----|------|------|---------|---|-------|-----|-------|------|---------|------------|-----------|------------|
| | | B | H | | | | | | | | | | | | |
| 1 | G (2-3) | 0.8 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.00306 | 4 | 0.013 | 0.8 | 0.48 | 2 | 0.24 | 0.6312965 | 0.030458 | OK |
| 2 | G (19-20) | 1 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.00256 | 4 | 0.013 | 0.8 | 0.6 | 2.2 | 0.27273 | 0.7860476 | 0.7659818 | OK |
| 3 | G (24-27) | 0.8 | 0.8 | 0.2 | 0.43 | 0.01551 | 4 | 0.013 | 0.8 | 0.344 | 1.66 | 0.20723 | 0.9231584 | 0.8269388 | OK |
| 4 | G (28-31) | 0.8 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.00804 | 4 | 0.013 | 0.8 | 0.48 | 2 | 0.24 | 1.0228769 | 0.9598429 | OK |
| 5 | G (29-37) | 1.3 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.002 | 4 | 0.013 | 0.8 | 0.78 | 2.5 | 0.312 | 0.9867338 | 0.8799878 | OK |
| 6 | G (25-30) | 1.3 | 0.8 | 0.25 | 0.55 | 0.01915 | 4 | 0.013 | 0.8 | 0.715 | 2.4 | 0.29792 | 2.716024 | 2.6811405 | OK |
| 7 | G (43-54) | 0.8 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.00666 | 4 | 0.013 | 0.8 | 0.48 | 2 | 0.24 | 0.9311378 | 0.8989625 | OK |
| 8 | G (42-53) | 1.3 | 0.9 | 0.25 | 0.65 | 0.03817 | 4 | 0.013 | 0.8 | 0.845 | 2.6 | 0.325 | 4.8026592 | 4.7657304 | OK |
| 9 | G (56-58) | 0.8 | 1.5 | 0.25 | 1.25 | 0.09613 | 4 | 0.013 | 0.8 | 1 | 3.3 | 0.30303 | 8.6077343 | 7.6770627 | OK |
| 10 | G (35-33) | 0.8 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.02108 | 4 | 0.013 | 0.8 | 0.48 | 2 | 0.24 | 1.6563664 | 0.0284879 | OK |
| 11 | G (34-36) | 0.8 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.00529 | 4 | 0.013 | 0.8 | 0.48 | 2 | 0.24 | 0.8299001 | 0.4526378 | OK |
| 12 | G (46-49) | 0.8 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.00333 | 4 | 0.013 | 0.8 | 0.48 | 2 | 0.24 | 0.6577959 | 0.5822556 | OK |
| 13 | G (45-47) | 0.8 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.00205 | 4 | 0.013 | 0.8 | 0.48 | 2 | 0.24 | 0.5160928 | 0.0273648 | OK |
| 14 | G (50-55) | 1.3 | 1 | 0.2 | 0.8 | 0.00288 | 4 | 0.013 | 0.8 | 1.04 | 2.9 | 0.35862 | 1.7331432 | 1.7045124 | OK |

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 Kompleks Perumahan Minanga Permai Kelurahan Malalayang Dua Kecamatan Malalayang sering terjadi genangan setiap kali hujan turun dengan Lokasi pembuangan (*outlet*) adalah sungai kecil yang melewati kompleks perumahan yang berujung di pantai Malalayang.

• **Analisis Hidrologi**

Dalam analisis hidrologi 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 dengan menggunakan data yang telah dikoreksi didapat Standar deviasi (S) = 39,12025, Koefisien variasi (Cv) = 0,29982, Koefisien kemencengan (Cs) = 0,03421, dan Koefisien kurtosis (Ck) = 3,13972 dengan melihat syarat-syarat distribusi maka digunakan distribusi log-person III.

Hujan rencana yang ada didapat dari hasil analisis adalah $X_{TR} = 191,9468$ mm.

• **Analisis Hidrolika**

Analisis hidrolika dilakukan untuk mengetahui kondisi saluran eksisting yang ada di lokasi penelitian apakah mampu menampung

debit air yang masuk di saluran tersebut dengan berdasarkan pada syarat $Q_{kapasitas} > Q_{rencana}$. Dari analisis yang dilakukan terhadap drainase yang sudah ada, terdapat beberapa saluran yang tidak mampu menampung debit air di saluran tersebut, hal ini diakibatkan karena terjadinya pendangkalan saluran dan beberapa tidak mempunyai saluran. Maka perlu dilakukan perbaikan-perbaikan serta penambahan saluran drainase baru dan penambahan pembuatan gorong-gorong di lokasi penelitian, karena banyak dari saluran yang fungsinya tidak berjalan dengan baik, maka dari itu dengan melihat permasalahan yang ada dilakukan analisis hidrolika. Hal yang dilakukan berdasarkan hasil analisis adalah sebagai berikut :

- Membuat sistem drainase yang baru
- Membuat ruas saluran yang baru, yaitu: S(1-2), S(4-3), S(3-5), S(6-7), S(7-8), S(9-10), S(9-11), S(11-12), S(13-14), S(13-15), S(15-16), S(22-23), S(17-18), S(18-19), S(21-20), S(20-24), S(24-25), S(26-25), S(27-28), S(28-29), S(29-30), S(27-30), S(37-38), S(39-38), S(37-43), S(54-53), S(54-55), S(57-56), S(59-58), S(44-35), S(35-36), S(33-34), S(33-32), S(32-31), S(31-34), S(36-46), S(44-45), S(45-46), S(47-49), S(47-48), S(49-50), S(48-50), S(51-58), S(59-58).
- Perubahan dimensi saluran eksisting, yaitu : S(37-38), S(38-41), S(40-42), S(43-42), S(53-56), S(58-60).
- Pembuatan gorong-gorong yang baru, yaitu : G(2-3), G(19-20), G(24-27), G(28-31), G(29-37), G(25-30), G(43-54), G(35-33), G(34-36), G(46-49), G(45-47), G(50-55).
- Perubahan dimensi gorong-gorong eksisting, yaitu: G(42-53), G(56-58).

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis, maka dapat disimpulkan:

1. Ada delapan ruas saluran eksisting yang telah tersedia namun ada enam diantaranya yang harus dirubah dimensi salurannya, yaitu: S(37-38), S(38-41), S(40-42), S(43-42), S(53-56), S(58-60).
2. Penambahan empat puluh tiga ruas saluran yang baru, yaitu : S(1-2), S(4-3), S(3-5), S(6-7), S(7-8), S(9-10), S(9-11), S(11-12), S(13-14), S(13-15), S(15-16), S(22-23), S(17-18), S(18-19), S(21-20), S(20-24), S(24-25), S(26-25), S(27-28), S(28-29), S(29-30), S(27-30), S(37-38), S(39-38), S(37-43), S(54-53), S(54-55), S(57-56), S(59-58), S(44-35), S(35-36), S(33-34), S(33-32), S(32-31), S(31-34), S(36-46), S(44-45), S(45-46), S(47-49), S(47-48), S(49-50), S(48-50), S(51-58), S(59-58).
3. Perubahan dimensi gorong-gorong eksisting, yaitu : G(42-53), G(56-58).
4. Penambahan dua belas gorong-gorong yang baru, yaitu : G(2-3), G(19-20), G(24-27), G(28-31), G(29-37), G(25-30), G(43-54), G(35-33), G(34-36), G(46-49), G(45-47), G(50-55).

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), 2017. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Winangun, Manado.
- Suripin, 2004. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan, Andi Offset, Yogyakarta , hal 7; 20-21; 27-28; 30-31; 41-42; 67-68; 145.
- Soemarto, 1986. Hidrologi Teknik, Usaha Nasional, Surabaya, hal 15.
- Chow, V. T., 1964. Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics), Erlangga, Jakarta, hal 144.
- Soewarno, 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data, Nova, Bandung, hal 37; 89-90; 219.
- Imam Subarkah, 1980. Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air, Idea Dharma, Bandung, hal 44; 48; 55-56, 199.
- Kodoatie, R.J., 2005. Pengantar Manajemen Infrastruktur, Andi Offset, Yogyakarta, hal 8.
- Direktorat PLP Dept PU, 2012. Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan, hal 24; 83.
- Direktorat Jendral Pengairan Dept PU, 1986. Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Standart Perencanaan Irigasi KP-04, hal 100; 103.
- Peraturan Menteri PU, 2014. Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, hal 40.