

# PENGEMBANGAN SISTEM DRAINASE DI LINGKUNGAN LIMA KELURAHAN WAWALINTOUAN KECAMATAN TONDANO BARAT KABUPATEN MINAHASA

Gisela Ondang

Jeffrey S. F. Sumarauw, Eveline M. Wuisan

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: [lala.ondang@gmail.com](mailto:lala.ondang@gmail.com)

## ABSTRAK

*Lingkungan Lima Kelurahan Wawalintouan Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa adalah daerah yang sering mengalami genangan pada saat musim penghujan. Genangan tersebut mengakibatkan terganggunya aktifitas masyarakat sekitar dan masyarakat pengguna jalan. Hal ini dikarenakan sebagian daerah tersebut belum memiliki saluran dan gorong-gorong. Untuk itu dilakukan pengembangan sistem drainase, yang direncanakan agar memberikan solusi penanganan genangan yang terjadi*

*Analisis hidrologi dilakukan untuk mendapatkan debit rencana ( $Q_{renc}$ ). Perkiraan hujan rencana dilakukan dengan analisa frekuensi terhadap data curah hujan dengan kala ulang 10 tahun menggunakan metode log Pearson III dan perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe. Debit rencana dihitung menggunakan metode rasional. Untuk menghitung debit kapasitas ( $Q_{kaps}$ ) dari saluran dan gorong-gorong, dilakukan analisis hidrolika. Dari perbandingan antara debit rencana dan debit kapasitas ( $Q_{renc} \leq Q_{kaps}$ ), diketahui kemampuan dari setiap saluran dan gorong-gorong dalam menampung debit rencana.*

*Berdasarkan hasil analisis di lokasi tersebut perlu dilakukan perbaikan agar saluran mampu menampung debit yang ada, diantaranya dilakukan perubahan dimensi 6 ruas saluran dari 20 ruas saluran eksisting serta penambahan 16 ruas saluran baru dan 6 gorong-gorong baru.*

**Kata Kunci :** *Genangan, Debit rencana, Debit kapasitas, Sistem drainase*

## PENDAHULUAN

### Latar belakang

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

Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa memiliki beberapa sarana publik yang penting seperti Pasar Tondano, Dinas Pendidikan Pemuda dan Olahraga Kabupaten Minahasa, SMAN 1 Tondano, Loji Tondano, Taman Makam Pahlawan Sam Ratulangi, dan beberapa sarana publik lainnya yang tidak kalah pentingnya. Hal ini mendukung Kelurahan Wawalintouan yang terletak di Kecamatan Tondano Barat menjadi salah satu daerah strategis yang berpengaruh terhadap perkembangan Kabupaten Minahasa.

Hasil survei dan observasi di lapangan menunjukkan bahwa ketika terjadi 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, dan 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 Lingkungan Lima Kelurahan Wawalintouan Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa sehingga mengakibatkan terganggunya aktifitas di sekitar daerah tersebut .

### Batasan Masalah

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

1. Pembahasan dan analisis hanya pada limpasan akibat air hujan.
2. Kekuatan struktural dari saluran drainase tidak direncanakan.

### Tujuan Penelitian

1. Mengevaluasi sistem drainase eksisting di Lingkungan Lima Kelurahan Wawalintouan Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa
2. Mendapatkan sistem drainase yang tepat di Lingkungan Lima Kelurahan Wawalintouan Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa

### Manfaat Penelitian

Secara umum manfaat penelitian adalah untuk memberikan data-data tentang masalah drainase di Lingkungan Lima Kelurahan Wawalintouan Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa dan pemecahan masalah menurut teori hidrologi dan hidrolika aliran terbuka.

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

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 :

#### Mean

Mean adalah nilai rata-rata dari suatu variabel

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

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

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

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.

#### 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.

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

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

**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

**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.

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

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

**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.

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

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

$$\text{Log } X_h = \overline{\text{log } x} + K_n S_{log} \quad (9)$$

b. Uji data *outlier* rendah

$$\text{Log } X_l = \overline{\text{log } x} - K_n S_{log} \quad (10)$$

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

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

dengan :

$\overline{\text{log } x}$  = 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 (dalam log),

$X_l$  = *low outlier / outlier* rendah (dalam 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.

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

dengan :

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

$\bar{x}$  = nilai rata – rata 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  $\text{log } X_{TR}$ .

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

dengan :

$\text{log } X_{TR}$  = nilai logaritma X yang diharapkan terjadi pada peluang atau periode ulang tertentu,

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

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

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,

$$K_{TR} = \frac{[-\ln \{-\ln \frac{T_r-1}{T_r}\}] - Y_n}{S_n} \quad (16)$$

$Y_n$  = *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.

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

dengan :

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

$\overline{\log x}$  = 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	CA	CA	CA
	< 10 Ha	10- 100 Ha	100- 500 Ha	> 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 (TI) dan waktu

pengaliran dalam saluran ( $T_s$ ). Persamaan yang digunakan adalah :

$$T_c = T_l + T_s \quad (19)$$

Dimana :

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

$$T_s = \frac{L_s}{60 \times V} \quad (21)$$

Keterangan :

- $T_c$  = waktu konsentrasi (menit),
- $T_l$  = waktu di lahan (menit),
- $T_s$  = waktu di saluran (menit),
- $L_l$  = panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m),
- $n$  = angka kekasaran Manning,
- $S$  = kemiringan lahan,
- $L_s$  = 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 :

$$Q = 0,00278 C I A \quad (22)$$

dengan :

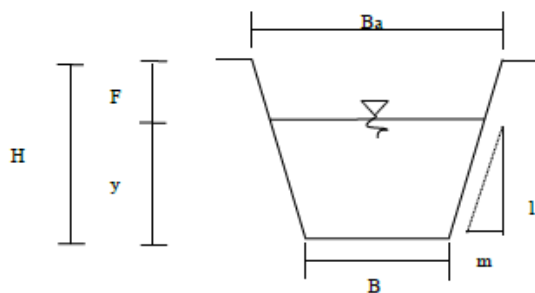
- $Q$  = debit rencana ( $m^3/det$ )
- $C$  = koefisien *run off*
- $I$  = intensitas hujan (mm/jam)
- $A$  = *catchment area* (ha)

### Analisa Hidrolika

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

### Penampang Hidrolis Saluran

- Penampang berbentuk trapesium

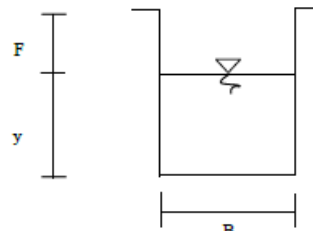


$$A = (B + m y)y \quad (23)$$

$$P = B + 2y\sqrt{1 + m^2} \quad (24)$$

$$\text{Tinggi total saluran : } H = y + F \quad (25)$$

- Penampang Persegi



$$A = B y \quad (26)$$

$$P = B + 2y \quad (27)$$

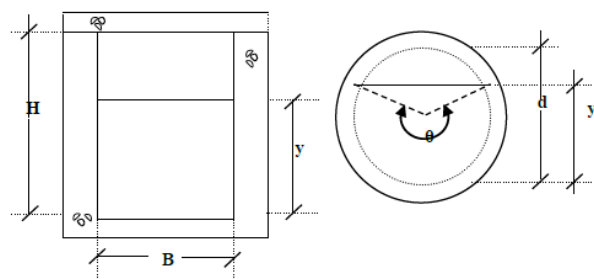
$$R = \frac{B y}{B + 2 y} \quad (28)$$

Keterangan :

- $y$  = kedalaman aliran, yaitu jarak vertikal dari dasar saluran yang terendah sampai permukaan basah,
- $B$  = lebar dasar saluran,
- $B_a$  = 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

$$A = B y \quad (29)$$

$$P = B + 2y \quad (30)$$

- Bentuk lingkaran

$$A = \frac{1}{8} (\theta - \sin\theta) d^2 \quad (31)$$

$$P = \frac{1}{2} \theta d \quad (32)$$

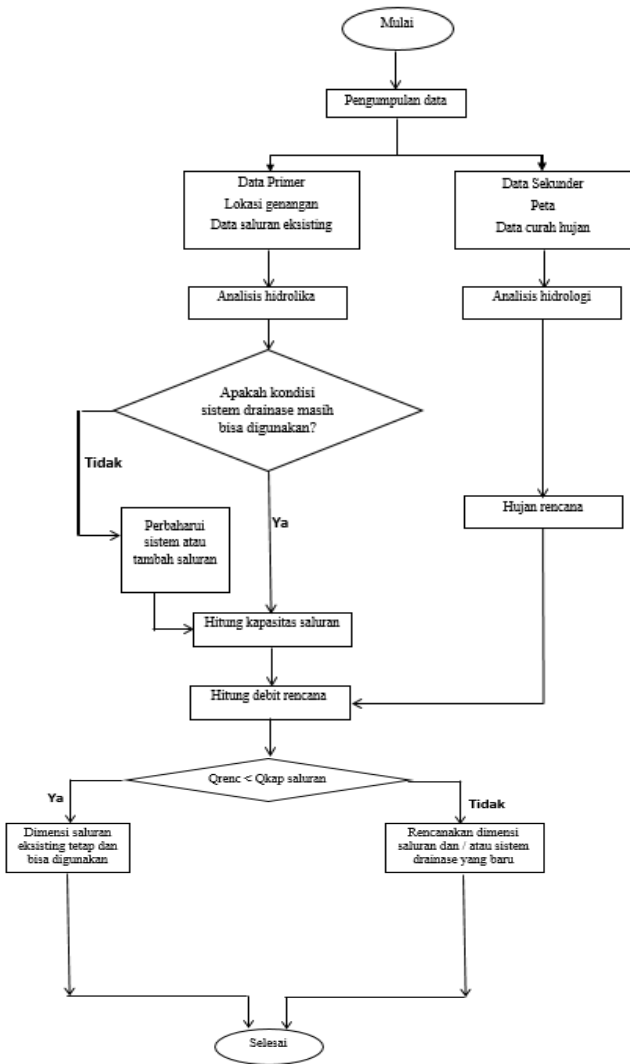
Keterangan :

- $B$  = 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 (m<sup>2</sup>)

**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 telah dilakukan di lokasi penelitian Lingkungan Lima Kelurahan Wawalintouan Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa

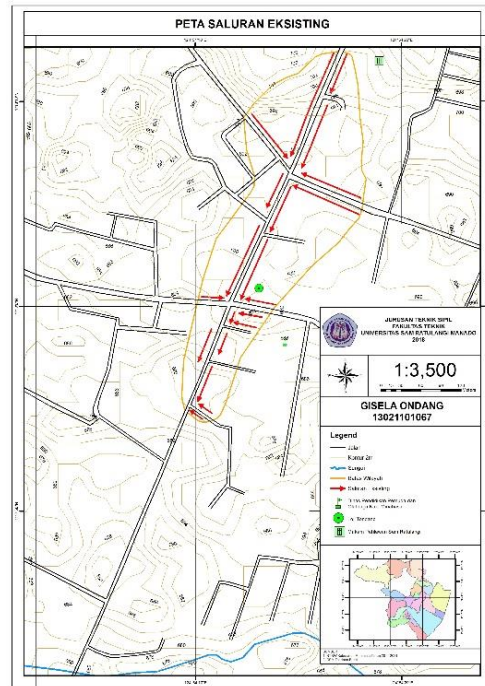
didapati kondisi eksisting drainase yang kurang baik, diantaranya :

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



Gambar 2 Lokasi penelitian

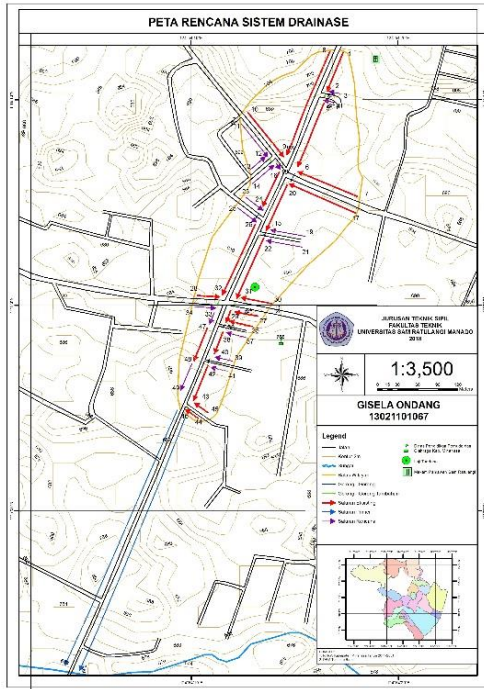
Saluran-saluran eksisting yang ada di lokasi penelitian dapat dilihat di peta saluran eksisting.



**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.



**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.

Tabel 2 Curah hujan harian maksimum di stasiun iklim Tondano-Paleloan

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maks (mm)
1	2004	136.6
2	2005	98.6
3	2006	59.2
4	2007	65.5
5	2008	71.5
6	2009	43
7	2010	67.2
8	2011	90.9
9	2012	69.8
10	2013	66.5
11	2014	110.5
12	2015	64.9
13	2016	115.5

**Uji Data Outlier**

Pengujian data outlier dimulai dengan menghitung nilai-nilai parameter statistik, nilai rata-rata, standart deviasi, dan koefisien 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 3 Analisis data outlier

M	xi (mm)	log xi	(log xi - log x̄)	(log xi - log x̄)²	(log xi - log x̄)³
1	43	1.63346846	-0.25703	0.066063803	-0.0169803
2	59.2	1.77232171	-0.11818	0.01396546	-0.001650376
3	64.9	1.8122447	-0.07825	0.006123463	-0.000479177
4	65.5	1.8162413	-0.07426	0.005513947	-0.000409443
5	66.5	1.82282165	-0.06768	0.004579988	-0.000309953
6	67.2	1.82736927	-0.06313	0.003985142	-0.000251574
7	69.8	1.84385542	-0.04664	0.00217546	-0.000101467
8	71.5	1.85430604	-0.03619	0.001309804	-0.000047403
9	90.9	1.95856388	0.06807	0.004633066	0.000315357
10	98.6	1.99387691	0.10338	0.010687354	0.001104855
11	110.5	2.04336228	0.15287	0.023367716	0.003572106
12	115.5	2.06258198	0.17208	0.029613154	0.005095972
13	136.6	2.1354507	0.24495	0.06000219	0.014697743
Σ	1059.7	24.5764643	0.0000000000000033	0.232020548	0.00455634
x̄	81.515385	1.89049725			

a. Nilai rata-rata

$$\overline{\log x} = \frac{1}{n} = \sum_{i=1}^n \log x_i = \frac{24,5764643}{13} = 1,89050$$

b. Standar deviasi

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^2} = \sqrt{\frac{0,232020548}{13-1}} = 0,139051$$

c. Koefisien kemencengan (*Skewness*)

$$C_{S_{\log}} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)S_{\log}^3} = \frac{13 \times 0,00455634}{12 \times 11 \times (0,139051)^3} = 0,166904$$

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

• Uji outlier tinggi

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

$$n = 13$$

$K_n = 2,134$  (Diambil dari tabel nilai  $K_n$  uji data outlier Soewarno, 1995)

$$\log X_h = 1,89050 + (2,134 \times 0,139051) = 2,18723$$

$$X_h = 153,89732 \text{ mm}$$



Data curah hujan tertinggi yang ada adalah 136.6 mm sedangkan syarat tertinggi uji outlier tinggi diperoleh 153,89732 mm jadi tidak terdapat data outlier tinggi. Maka masih menggunakan data yang tetap

- Uji outlier rendah

$$\text{Log } X_1 = \overline{\log x} - K_n S_{\log}$$

$$n = 13$$

$K_n = 2,134$  (Diambil dari tabel nilai  $K_n$  uji data outlier 'Soewarno'. Hidrologi)

$$\text{Log } X_1 = 1,89050 - (2,134 \times 0,139051) = 1,59376$$

$$X_1 = 39,24311 \text{ mm}$$

Data curah hujan terendah yang ada adalah 43 mm sedangkan syarat terendah uji outlier rendah diperoleh 39,24311 mm jadi tidak terdapat data outlier rendah. Maka masih menggunakan data yang tetap.

### Parameter Statistik

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

1. Rata-rata (*Mean*)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1059,7}{13} = 81,51538$$

2. Standar deviasi ( Simpangan Baku)

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{8519,25692}{13-1}} = 26,75702$$

3. Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*)

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{26,75702}{81,51538} = 0,32825$$

4. Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*)

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

$$Cs = \frac{13 \times 150684,1184}{(13-1)(13-2)26,75702^3} = 0,77468$$

### Analisa Distribusi Peluang

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

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

5. Koefisien Kurtosis (*Kurtosis Coefficient*)

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

$$Ck = \frac{13^2}{(13-1)(13-2)(13-3)26,75702^4} \times 14052011,50077 = 3,50995$$

Tabel 4 Perhitungan parameter statistik data

M	xi (mm)	log xi	(xi - x̄)	(xi - x̄)²	(xi - x̄)³	(xi - x̄)⁴	(log xi - log x̄)	(log xi - log x̄)²	(log xi - log x̄)³
1	43	1.6334685	-38.5	1483.43	-57135.06	2200578.96	-0.257028798	0.066063803	-0.0169803
2	59.2	1.7723217	-22.31538462	497.9763905	-11112.53	247980.4855	-0.118175547	0.01396546	-0.001650376
3	64.9	1.8122447	-16.61538462	276.0710059	-4587.03	76215.20031	-0.078252557	0.006123463	-0.000479177
4	65.5	1.8162413	-16.01538462	256.4925444	-4107.83	65788.42532	-0.074255954	0.005513947	-0.000409443
5	66.5	1.8228216	-15.01538462	225.4617751	-3385.40	50833.01205	-0.067675609	0.004579988	-0.000309953
6	67.2	1.8273693	-14.31538462	204.9302367	-2933.66	41996.40191	-0.063127981	0.003985142	-0.000251574
7	69.8	1.8438554	-11.71538462	137.2502367	-1607.94	18837.62747	-0.046641831	0.00217546	-0.000101467
8	71.5	1.854306	-10.01538462	100.307929	-1004.62	10061.68062	-0.036191212	0.001309804	-0.000047403
9	90.9	1.9585639	9.384615385	88.07100592	826.51	7756.502083	0.068066629	0.004633066	0.000315357
10	98.6	1.9938769	17.08461538	291.8840828	4986.73	85196.31782	0.103379661	0.010687354	0.001104855
11	110.5	2.0433623	28.98461538	840.107929	24350.21	705781.33	0.152865024	0.023367716	0.003572106
12	115.5	2.062582	33.98461538	1154.954083	39250.67	1333918.93	0.17208473	0.029613154	0.005095972
13	136.6	2.1354507	55.08461538	3034.314852	167144.07	9207066.62	0.244953445	0.06000219	0.014697743
Σ	1059.7	24.576464	0	8591.256923	150684.1184	14052011.50	0.0000000000000033	0.232020548	0.00455634
x̄	81.51538	1.8904973							



Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi dengan rumus Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{118,473}{24} \left( \frac{24}{0,5082} \right)^{\frac{2}{3}} = 64,4921 \text{ mm/jam}$$

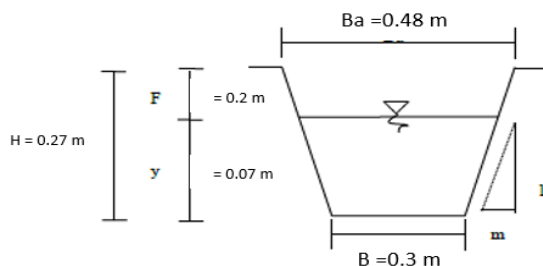
Debit limpasan

$$Q = 0,278 C I A_{dps} \\ = 0,278 \times 0,3 \times 64,4921 \times 0,007101 \\ = 0,038194 \text{ m}^3/\text{det}$$

### 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 22-31). Diketahui dimensi saluran seperti gambar di bawah ini :



- $y = H - F = 0,27 - 0,2 = 0,07 \text{ m}$

- $m = \frac{Ba - B}{2H} = \frac{0,48 - 0,3}{2 \times 0,27} = 0,3333$

- Luas penampang basah

$$A = (B + my)y \\ = (0,3 + 0,3333 \times 0,07)0,07 \\ = 0,022633 \text{ m}^2$$

- Keliling basah

$$P = B + 2y \sqrt{1 + m^2} \\ = 0,3 + 2 \times 0,07 \sqrt{1 + 0,3333^2} \\ = 0,447573 \text{ m}$$

- Jari-jari hidrolis

$$R = A/P = 0,022633 / 0,447573 \\ = 0,050569 \text{ m}$$

- Kecepatan aliran

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

$$= \frac{1}{0,013} \times 0,050569^{\frac{2}{3}} \times 0,000519^{\frac{1}{2}} \\ = 0,2396419 \text{ m/det}$$

- Debit kapasitas

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \\ = \frac{1}{0,013} \times 0,022633 \times 0,050569^{\frac{2}{3}} \times 0,000519^{\frac{1}{2}} \\ = 0,005423895 \text{ m}^3/\text{det}$$

- Debit rencana

$$Q = 0,278 C I A_{dps} \\ = 0,202612053 \text{ m}^3/\text{det}$$

#### 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 25-26).

Dari hasil perhitungan debit (Q) yang masuk pada (saluran 25-26) di dapat  $Q = 0,011841806 \text{ m}^3/\text{det}$ , maka dengan debit yang ada dilakukan penyesuaian dimensi agar dapat menampung debit yang ada. Pada saluran (saluran 25-26) digunakan dimensi saluran seperti berikut :

$$Ba = 0,35 \text{ m} ; B = 0,25 \text{ m} ; H = 0,4 \text{ m}$$

Maka,

- $y = H - F = 0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ m}$

- $m = \frac{Ba - B}{2H} = \frac{0,35 - 0,25}{2 \times 0,4} = 0,125$

- Luas penampang basah

$$A = (B + my)y \\ = (0,25 + 0,125 \times 0,2)0,2 \\ = 0,055 \text{ m}^2$$

- Keliling basah

$$P = B + 2y \sqrt{1 + m^2} \\ = 0,25 + 2 \times 0,2 \sqrt{1 + 0,125^2} \\ = 0,653 \text{ m}$$

- Jari-jari hidrolis  $R = A/P = 0,055 / 0,653 = 0,084 \text{ m}$
- Kecepatan aliran  $V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,013} \times 0,084^{\frac{2}{3}} \times 0,012401^{\frac{1}{2}} = 0,09051595 \text{ m}^3/\text{det}$
- Debit rencana  $Q = 0,278 C I A_{dps} = 0,278 \times 0,4 \times 186,17319 \times 0,000572 = 0,0118418 \text{ m}^3/\text{det}$
- Debit kapasitas  $Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$

Tabel 7 Perhitungan kapasitas saluran eksisting

No	Saluran	S (m)	Dimensi			F (m)	y (m)	m (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	n	R (m)	V (m/det)	Qkaps (m <sup>3</sup> /det)	Qrencana (m <sup>3</sup> /det)	Keterangan
			Ba (m)	B (m)	H (m)											
SUB SISTEM 1																
1	S (1-2)	0.03940761	0.6	0.46	0.43	0.2	0.2	0.162791	0.114412	0.926055	0.013	0.123547	3.7879521	0.433383478	0.032440007	OK
2	S (3-2)	0.01281094													0.009657526	
3	G(2-5)															Gorong-gorong
4	S (4-5)	0.01677972													0.01846562	
5	S (5-6)	0.0108182	0.6	0.45	0.59	0.2	0.4	0.127119	0.194835	1.236277	0.013	0.157598	2.3343609	0.454814615	0.098756884	OK
6	S (7-6)	0.00709405	0.77	0.5	0.41	0.2	0.2	0.329268	0.119521	0.942182	0.013	0.126855	1.6357212	0.195502591	0.008703291	OK
7	G(6-20)															Gorong-gorong
8	S (17-20)	0.00920571	0.45	0.3	0.49	0.2	0.3	0.153061	0.099872	0.886755	0.013	0.112627	1.7212615	0.171906602	0.003957153	OK
9	S (20-15)	0.00718064	0.53	0.4	0.66	0.2	0.5	0.098485	0.204839	1.324451	0.013	0.15466	1.8781203	0.384713032	0.14205487	OK
10	S (19-15)	0.01725909													0.02106941	
11	G(15-22)															Gorong-gorong
12	S (21-22)	0.01857604													0.025917726	
13	S (22-31)	0.000519	0.48	0.3	0.27	0.2	0.1	0.333333	0.022633	0.447573	0.013	0.050569	0.2396419	0.005423895	0.202612053	TIDAK OK
14	S (30-31)	0.01663464	0.5	0.45	0.44	0.2	0.2	0.056818	0.111273	0.930774	0.013	0.119549	2.4076479	0.267905546	0.015739713	OK
15	G(31-29)															Gorong-gorong
16	S (27-29)	0.01328112	0.79	0.65	0.71	0.2	0.5	0.098592	0.357144	1.674945	0.013	0.213227	3.1639928	1.1300000	0.012535612	OK
17	S (29-36)	0.01131172	0.78	0.65	0.68	0.2	0.5	0.095588	0.334024	1.614376	0.013	0.206906	2.8619977	0.955974567	0.245696214	OK
18	S (35-36)	0.00416551	-	0.3	0.49	0.2	0.3	1	0.087	0.88	0.013	0.098864	1.0614882	0.092349474	0.008838902	OK
19	G(36-38)															Gorong-gorong
20	S (37-38)	0.00693298													0.006256525	
21	S (38-40)	0.00134137	0.8	0.72	0.58	0.2	0.4	0.068966	0.283559	1.481805	0.013	0.19136	0.9355479	0.26528268	0.273814496	TIDAK OK
22	S (39-40)	0.00250808													0.004718437	
23	G(40-42)															Gorong-gorong
24	S (41-42)	0.0177948													0.007333969	
25	S (42-43)	0.00085902	0.63	0.58	0.75	0.2	0.6	0.033333	0.329083	1.680611	0.013	0.195812	0.7602397	0.250182211	0.300497837	TIDAK OK
26	S (45-43)	0.00475673	0.65	0.6	0.4	0.2	0.2	0.0625	0.1225	1.00078	0.013	0.122404	1.3079031	0.160218132	0.009006237	OK
27	G(43-46)															Gorong-gorong
28	S (44-46)	0.000098	0.34	0.3	0.22	0.2	0	0.090909	0.006036	0.340165	0.013	0.017745	0.0518076	0.00031273	0.001697702	TIDAK OK
SUB SISTEM 2																
29	S (8-9)	0.0163423	0.57	0.43	0.61	0.2	0.4	0.114754	0.19559	1.255381	0.013	0.155801	2.8472619	0.556896412	0.045773602	OK
30	S (10-9)	0.00224447	0.56	0.45	0.57	0.2	0.4	0.096491	0.17971	1.193437	0.013	0.150582	1.0314808	0.18536705	0.018205124	OK
31	S (11-12)	0.00159941													0.009552533	
32	S (13-12)	0.01255522													0.009323313	
33	G(12-16)															Gorong-gorong
34	S (14-16)	0.01329433													0.005740158	
35	G(9-18)															Gorong-gorong
36	S (16-18)	0.0154804													0.026849663	
37	S (18-24)	0.00912167	0.58	0.4	0.56	0.2	0.4	0.160714	0.164829	1.129239	0.013	0.145964	2.0366899	0.335704685	0.113036367	OK
38	S (23-24)	0.00606641													0.009430941	
39	G(24-26)															Gorong-gorong
40	S (25-26)	0.01240068													0.011841806	
41	S (26-32)	0.0006216	0.45	0.35	0.54	0.2	0.3	0.092593	0.129704	1.032909	0.013	0.125571	0.4809204	0.062377157	0.143440158	TIDAK OK
42	S (28-32)	0.00014059	0.55	0.5	0.32	0.2	0.1	0.078125	0.061125	0.740731	0.013	0.08252	0.1728786	0.010567204	0.005259655	OK
43	G(32-33)															Gorong-gorong
44	S (34-33)	0.00945012													0.007909178	
45	S (33-47)	0.02282831													0.173020517	
46	S (47-48)	0.00156197	0.5	0.42	0.26	0.2	0.1	0.153846	0.025754	0.541412	0.013	0.047568	0.3991189	0.010278846	0.189571476	TIDAK OK
47	S (48-49)	0.00106984													0.199415936	

Tabel 8 Perhitungan kapasitas sistem saluran

No	Saluran	S (m)	Dimensi			F (m)	y (m)	m (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	n	R (m)	V (m <sup>3</sup> /det)	Qkaps (m <sup>3</sup> /det)	Qrencana (m <sup>3</sup> /det)	Keterangan
			Ba (m)	B (m)	H (m)											
SUB SISTEM 1																
1	S (1-2)	0.039407611	0.4	0.3	0.43	0.2	0.23	0.11628	0.07515	0.7631	0.013	0.09848	3.25649024	0.244729029	0.032440007	OK
2	S (3-2)	0.012810943	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	1.67274661	0.092001064	0.009657526	OK
3	G(2-5)															Gorong-gorong
4	S (4-5)	0.016779721	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	1.91439683	0.105291826	0.01846562	OK
5	S (5-6)	0.010818203	0.6	0.45	0.59	0.2	0.39	0.12712	0.19483	1.23628	0.013	0.1576	2.33436091	0.454814615	0.098756884	OK
6	S (7-6)	0.007094045	0.77	0.5	0.41	0.2	0.21	0.32927	0.11952	0.94218	0.013	0.12686	1.63572117	0.195502591	0.008703291	OK
7	G(6-20)															Gorong-gorong
8	S (17-20)	0.009205714	0.45	0.3	0.49	0.2	0.29	0.15306	0.09987	0.88675	0.013	0.11263	1.7212615	0.171906602	0.003957153	OK
9	S (20-15)	0.007180644	0.53	0.4	0.66	0.2	0.46	0.09848	0.20484	1.32445	0.013	0.15466	1.87812034	0.384713032	0.14205487	OK
10	S (19-15)	0.017259085	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	1.94154962	0.106785229	0.02106941	OK
11	G(15-22)															Gorong-gorong
12	S (21-22)	0.018576042	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	2.01426311	0.110784471	0.025917726	OK
13	S (22-31)	0.000518998	0.6	0.45	1	0.2	0.8	0.075	0.408	2.05449	0.013	0.19859	0.59649917	0.243371663	0.202612053	OK
14	S (30-31)	0.016634641	0.5	0.45	0.44	0.2	0.24	0.05682	0.11127	0.93077	0.013	0.11955	2.40764788	0.267905546	0.015739713	OK
15	G(31-29)															Gorong-gorong
16	S (27-29)	0.013281117	0.79	0.65	0.71	0.2	0.51	0.09859	0.35714	1.67495	0.013	0.21323	3.16399284	1.129999991	0.012535612	OK
17	S (29-36)	0.011311722	0.78	0.65	0.68	0.2	0.48	0.09559	0.33402	1.61438	0.013	0.20691	2.86199768	0.955974567	0.245696214	OK
18	S (35-36)	0.004165511	-	0.3	0.49	0.2	0.29	1	0.087	0.88	0.013	0.09886	1.0614882	0.092349474	0.008838902	OK
19	G(36-38)															Gorong-gorong
20	S (37-38)	0.006932979	-	0.3	0.5	0.2	0.3	1	0.09	0.9	0.013	0.1	1.37990736	0.124191663	0.006256525	OK
21	S (38-40)	0.001341374	0.6	0.45	1	0.2	0.8	0.075	0.408	2.05449	0.013	0.19859	0.95896286	0.391256847	0.273814496	OK
22	S (39-40)	0.002508079	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	0.7401337	0.040707354	0.004718437	OK
23	G(40-42)															Gorong-gorong
24	S (41-42)	0.017794803	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	1.97145193	0.108429856	0.007333969	OK
25	S (42-43)	0.000859019	0.6	0.45	1	0.2	0.8	0.075	0.408	2.05449	0.013	0.19859	0.7674115	0.313103893	0.300497837	OK
26	S (45-43)	0.004756726	0.65	0.6	0.4	0.2	0.2	0.0625	0.1225	1.00078	0.013	0.1224	1.30790312	0.160218132	0.009006237	OK
27	G(43-46)															Gorong-gorong
28	S (44-46)	0.000098	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	0.1463028	0.008046654	0.001697702	OK
SUB SISTEM 2																
29	S (8-9)	0.016342297	0.57	0.43	0.61	0.2	0.41	0.11475	0.19559	1.25538	0.013	0.1558	2.84726185	0.556896412	0.045773602	OK
30	S (10-9)	0.002244466	0.56	0.45	0.57	0.2	0.37	0.09649	0.17971	1.19344	0.013	0.15058	1.03148079	0.18536705	0.185205124	OK
31	S (11-12)	0.001599412	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	0.59104404	0.032507422	0.009552533	OK
32	S (13-12)	0.012555223	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	1.65596756	0.091078216	0.009323313	OK
33	G(12-16)															Gorong-gorong
34	S (14-16)	0.013294332	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	1.70401283	0.093720706	0.005740158	OK
35	G(9-18)															Gorong-gorong
36	S (16-18)	0.015480403	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	1.83878411	0.101133126	0.026849663	OK
37	S (18-24)	0.009121672	0.58	0.4	0.56	0.2	0.36	0.16071	0.16483	1.12924	0.013	0.14596	2.03668989	0.335704685	0.113036367	OK
38	S (23-24)	0.006066414	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	1.1510803	0.063309416	0.009430941	OK
39	G(24-26)															Gorong-gorong
40	S (25-26)	0.012400685	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	1.64574461	0.090515954	0.011841806	OK
41	S (26-32)	0.000621602	0.6	0.45	1	0.2	0.8	0.075	0.408	2.05449	0.013	0.19859	0.65280451	0.26634424	0.143440158	OK
42	S (28-32)	0.000140591	0.55	0.5	0.32	0.2	0.12	0.07813	0.06113	0.74073	0.013	0.08252	0.17287859	0.010567204	0.005259655	OK
43	G(32-33)															Gorong-gorong
44	S (34-33)	0.009450117	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	1.43667387	0.079017063	0.007909178	OK
45	S (33-47)	0.022828312	0.55	0.45	0.65	0.2	0.45	0.07692	0.21808	1.35266	0.013	0.16122	3.44276875	0.750788416	0.173020517	OK
46	S (47-48)	0.001561968	0.6	0.45	1	0.2	0.8	0.075	0.408	2.05449	0.013	0.19859	1.03481544	0.4222047	0.189571476	OK
47	S (48-49)	0.001069841	0.55	0.45	0.65	0.2	0.45	0.07692	0.21808	1.35266	0.013	0.16122	0.745299	0.162532513	0.199415936	TIDAK OK

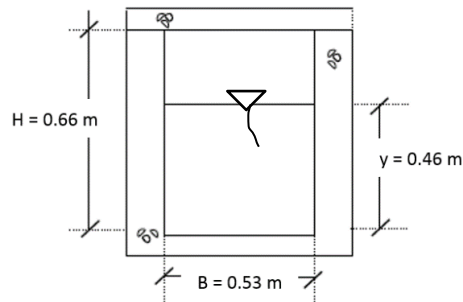
Analisis kapasitas gorong-gorong eksisting

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

Untuk menghitung dimensi dan debit kapasitas ditinjau (gorong-gorong 15-22). Dimensi saluran seperti gambar disamping ini :

$y = H-F = 0,66 - 0,2 = 0,46\text{ m}$   
 $A = By = 0,53 \times 0,46 = 0,2438\text{ m}$   
 $P = B + 2y = 0,53 + 2 \times 0,46 = 1,45\text{ m}$   
 $R = A/P = 0,2438 / 1,45 = 0,16814$

$$\begin{aligned}
 Q_{kaps} &= \mu \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \\
 &= 0,8 \times \frac{1}{0,013} \times 0,2438 \times \\
 &\quad 0,16814^{\frac{2}{3}} \times 0,017845^{\frac{1}{2}} \\
 &= 0,61054252\text{ m}^3/\text{det} \\
 Q_{renc} &= 0,278\text{ C I } A_{dps} \\
 &= 0,142055\text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$



Tabel 9 Perhitungan dimensi gorong-gorong eksisting

No	Gorong-gorong	Dimensi			F (m)	y (m)	S (m)	n	μ	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	Qkapasitas (m <sup>3</sup> /det)	Qrencana (m <sup>3</sup> /det)	Keterangan
		d (m)	B (m)	H (m)											
7	G(6-20)	0.57	-	-	0.43	0.094506	0.013	0.9	0.2550465	1.7898	0.1425	1.48089823	0.083145	OK	
11	G(15-22)		0.53	0.66	0.2	0.46	0.017845	0.013	0.8	0.2438	1.45	0.16814	0.61054252	0.121939	OK
19	G(36-38)		0.78	0.68	0.2	0.48	0.090198	0.013	0.8	0.3744	1.74	0.21517	2.4846941	0.186381	OK
23	G(40-42)		0.8	0.58	0.2	0.38	0.087289	0.013	0.8	0.304	1.56	0.19487	1.85779896	0.206147	OK
27	G(43-46)		0.63	0.75	0.2	0.55	0.013163	0.013	0.8	0.3465	1.73	0.20029	0.83745039	0.23022	OK
39	G(24-26)		0.58	0.56	0.2	0.36	0.029164	0.013	0.8	0.2088	1.3	0.16062	0.64837803	0.084243	OK

Tabel 10 Perhitungan dimensi gorong-gorong rencana

No	Gorong-gorong	Dimensi			F (m)	y (m)	S (m)	n	μ	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	Qkapasitas (m <sup>3</sup> /det)	Qrencana (m <sup>3</sup> /det)	Keterangan
		d (m)	B (m)	H (m)											
1	G(2-5)		0.6	0.8	0.2	0.6	0.082	0.013	0.9	0.36	1.8	0.2	2.4407579	0.0324754	OK
2	G(6-20)	0.57				0.43	0.09451	0.013	0.8	0.25505	1.7898	0.1425	1.316354	0.0831451	OK
3	G(15-22)		0.53	0.66	0.2	0.46	0.01785	0.013	0.8	0.2438	1.45	0.16814	0.6105425	0.1219386	OK
4	G(31-29)		0.6	0.8	0.2	0.6	0.04936	0.013	0.8	0.36	1.8	0.2	1.6833478	0.1704792	OK
5	G(36-38)		0.78	0.68	0.2	0.48	0.0902	0.013	0.8	0.3744	1.74	0.21517	2.4846941	0.1863813	OK
6	G(40-42)		0.8	0.58	0.2	0.38	0.08729	0.013	0.8	0.304	1.56	0.19487	1.857799	0.2061469	OK
7	G(43-46)		0.6	0.8	0.2	0.6	0.01316	0.013	0.8	0.36	1.8	0.2	0.8692411	0.2302202	OK
8	G(12-16)		0.6	0.8	0.2	0.6	0.04897	0.013	0.8	0.36	1.8	0.2	1.6765702	0.0151644	OK
9	G(9-18)		0.6	0.8	0.2	0.6	0.099	0.013	0.8	0.36	1.8	0.2	2.3839	0.0421995	OK
10	G(24-26)		0.58	0.56	0.2	0.36	0.02916	0.013	0.8	0.2088	1.3	0.16062	0.648378	0.084243	OK
11	G(32-33)		0.6	0.8	0.2	0.6	0.09908	0.013	0.8	0.36	1.8	0.2	2.3848696	0.0998594	OK

**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 (gorong-gorong 31-29). Dan gorong-gorong direncanakan berbentuk persegi dengan bangunan gorong-gorong sama rata dengan saluran. Pada (gorong-gorong 31-29) digunakan dimensi gorong-gorong seperti berikut :

$$B = 0,6 \text{ m}$$

$$H = 0,8 \text{ m}$$

Maka,

$$y = H - F = 0,8 - 0,2 = 0,6 \text{ m}$$

$$A = B \times y = 0,6 \times 0,6 = 0,36 \text{ m}^2$$

$$P = B + 2y = 0,6 + 2 \times 0,6 = 1,8 \text{ m}$$

$$R = A/P = 0,36 / 1,8 = 0,2$$

$$Q_{kaps} = \mu \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,8 \times \frac{1}{0,013} \times 0,36 \times 0,2^{\frac{2}{3}} \times 0,04936^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1,6833478 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_{renc} = Q_{total} S(22-31) + Q_{total} S(30-31)$$

$$= 0,20261205 + 0,01573971$$

$$= 0,2183518 \text{ m}^3/\text{det}$$

**Pembahasan**

**Survei lokasi**

Survei lokasi yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui secara jelas permasalahan yang terjadi di lokasi penelitian termasuk didalamnya

survei genangan yang terjadi di lokasi penelitian dan melihat kondisi saluran eksisting yang ada. Selain itu, dilakukan juga wawancara dengan pemerintah dan masyarakat setempat untuk dapat mengetahui secara pasti bahwa di lokasi penelitian tersebut sering terjadi genangan ketika hujan turun. Lokasi penelitian ini berada di dekat sungai sehingga lokasi pembuangan adalah sungai tersebut, namun dilakukan pembuangan ke saluran primer terlebih dahulu sebelum dialirkan ke sungai tersebut.

**Analisis Hidrologi**

Analisa hidrologi meliputi analisis data curah hujan, data curah hujan yang diambil yaitu curah hujan harian maksimum dengan data pengamatan 13 tahun dari tahun 2004-2016 yang diambil dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1 pada stasiun Tondano-Paleloan, karena stasiun tersebut berada paling dekat dengan lokasi penelitian. Untuk menemukan data statistik yang menyimpang dari kumpulan datanya dilakukan analisis terhadap kualitas data berupa uji outlier. Dan dalam uji outlier tidak terdapat data yang menyimpang. Setelah itu dilakukan analisis frekuensi untuk mengetahui hujan rencana dan tipe distribusi yang digunakan dengan melihat syarat-syarat tipe distribusi. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan data yang telah dikoreksi didapat Standar deviasi (S) = 26,75702 , Koefisien variasi (Cv) = 0,32825 , Koefisien kemencengan (Cs) = 0,77468 , dan Koefisien kurtosis (Ck) = 3,50995 dengan melihat syarat-syarat distribusi maka digunakan distribusi log-person III, karena data yang ada tidak memenuhi ketiga distribusi

yang ada, yaitu : distribusi normal, distribusi log normal dan distribusi gumbel.

Hujan rencana yang ada didapat dari hasil analisis adalah  $X_{TR} = 118,473$  mm. Untuk mengetahui debit rencana digunakan persamaan rasional untuk mencari debit rencana  $Q$  ( $m^3/det$ ) =  $0,278CIA_{dps}$ , karena dalam perhitungan diperlukan intensitas curah hujan dengan rumus Mononobe berdasarkan waktu konsentrasi, maka diperlukan juga waktu konsentrasi.

### **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
- Pembuatan ruas saluran baru, S(3-2), S(4-5), S(19-15), S(21-22), S(37-38), S(39-40), S(41-42), S(11-12), S(13-12), S(14-16), S(16-18), S(23-24), S(25-26), S(34-33), S(33-47), S(48-49).
- Perubahan dimensi saluran drainase terhadap saluran eksisting yang ada yaitu, S(22-31), S(38-40), S(42-43), S(44-46), S(26-32), S(47-48)

- Pembuatan gorong-gorong baru, G(2-5), G(31-29), G(43-46), G(12-16), G(9-18), G(32-33).

## **PENUTUP**

### **Kesimpulan**

1. Di lokasi penelitian Lingkungan Lima Kelurahan Wawalintouan Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa sudah memiliki sistem drainase namun sistem tersebut tidak mampu menampung debit air yang masuk di saluran, oleh karena itu perlu dilakukan penambahan ruas saluran baru, perubahan dimensi saluran eksisting serta penambahan gorong-gorong baru, agar dapat menampung debit air yang masuk di saluran dengan sistem yang direncanakan.
2. Dari dua puluh ruas saluran eksisting yang ada terdapat enam saluran yang harus dirubah dimensinya, S(22-31), S(38-40), S(42-43), S(44-46), S(26-32), S(47-48)
3. Penambahan enam belas ruas saluran yang baru, S(3-2), S(4-5), S(19-15), S(21-22), S(37-38), S(39-40), S(41-42), S(11-12), S(13-12), S(14-16), S(16-18), S(23-24), S(25-26), S(34-33), S(33-47), S(48-49).
4. Dari enam gorong-gorong eksisting tidak perlu dilakukan perubahan dimensi.
5. Penambahan enam gorong-gorong yang baru, G(2-5), G(31-29), G(43-46), G(12-16), G(9-18), G(32-33).

### **Saran**

Perlu dilakukan pemeliharaan secara berkala terhadap seluruh komponen sistem drainase, termasuk di dalamnya tidak membuang sampah sembarangan khususnya di saluran drainase dan perlu adanya peran dari masyarakat dalam perawatan secara rutin.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Chow, V. T., 1964. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*, Erlangga, Jakarta, hal 144.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Sumber Daya Air Satuan Kerja Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, 2004. Publikasi Hidrologi Propinsi Sulawesi.
- Direktorat Jendral Pengairan Dept PU, 1986. Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Standart Perencanaan Irigasi KP-04, hal 100; 103.

- Direktorat PLP Dept PU, 2012. Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan, hal 24.
- Imam Subarkah, 1980. *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung, hal 44-45; 48; 55-56.
- Peraturan Menteri PU, 2014. Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, hal 40.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Nova, Bandung, hal 89-90;219.
- Subramanya K, 1987. *Flow in Open Channel*, McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, hal 97.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Andi Offset, Yogyakarta, hal 7; 20-21; 27-28; 30-31 41-42; 67-68; 145.
- Triatmodjo, Bambang., 2006. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta, hal 1; 206.