

## PENATAAN SISTEM DRAINASE DI KOMPLEKS PERUMNAS KELURAHAN PANIKI DUA KECAMATAN MAPANGET KOTA MANADO

Vincent Alexander Pattihahuan

Hanny Tangkudung, Eveline M. Wuisan

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: [vincpatt@gmail.com](mailto:vincpatt@gmail.com)

### ABSTRAK

*Kompleks Perumnas Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapangget memiliki permasalahan yang disebabkan oleh kurangnya kemampuan saluran drainase dalam menampung debit air yang ada, saluran yang ada juga tidak menyambung/terputus dengan saluran lainnya, dan di beberapa tempat tidak memiliki saluran drainase yang mengakibatkan terjadinya genangan di beberapa ruas jalan.*

*Dalam penelitian ini analisis yang digunakan meliputi analisis hidrologi dengan menggunakan distribusi Log-Pearson III untuk menentukan besaran variabel hidrologi pada periode ulang tertentu dan perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe. Kemudian menghitung debit rencana dengan menggunakan metode rasional dan analisis hidrolika untuk menghitung kapasitas debit saluran eksisting dan saluran rencana dengan menggunakan rumus Manning. Kedua hasil ini dibandingkan ( $Q_{kaps} > Q_{renc}$ ) untuk melihat daya tampung dari setiap ruas saluran.*

*Berdasarkan hasil analisis diperoleh 1 ruas saluran eksisting dari 20 ruas saluran eksisting yang tidak mampu menampung debit air hujan dengan kala ulang 10 tahun, maka diperlukan perubahan dimensi saluran. Perlu penambahan 17 ruas saluran rencana karena sebagian besar belum memiliki saluran drainase.*

**Kata Kunci :** *Sistem drainase, Analisis Hidrologi, Debit Rencana.*

### PENDAHULUAN

#### Latar belakang

Pada setiap perkotaan dibutuhkan sistem drainase untuk pembuangan massa air secara alami maupun buatan, sehingga air dapat mengalir dengan baik dan tidak menimbulkan masalah banjir ataupun genangan di daerah perkotaan itu sendiri.

Kecamatan Mapangget Kota Manado terdapat beberapa sarana publik yang penting seperti Bandara Internasional Sam Ratulangi, Sekolah Dian Harapan Manado, Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, dan juga beberapa sarana publik yang tidak kalah pentingnya. Hal ini mendukung Kompleks Perumnas Paniki Dua yang terletak di Kecamatan Mapangget sebagai salah satu daerah strategis yang berpengaruh terhadap perkembangan Kota Manado.

Dari hasil survei lapangan ketika hujan sistem drainase di kompleks Perumnas Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapangget memiliki permasalahan dalam menampung debit air yang ada, juga memiliki saluran yang menyambung/terputus dengan saluran lainnya,

dan juga di beberapa tempat tidak memiliki saluran drainase, serta kurang terawat/tidak terpeliharanya saluran-saluran drainase tersebut sehingga menyebabkan terjadinya genangan air di beberapa ruas jalan di Kompleks Perumnas Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapangget.

Oleh karena itu perlu adanya penataan kembali jaringan sistem drainase di kompleks Perumnas Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapangget, agar sistem drainase yang ada dapat berfungsi dengan baik, yang bertujuan untuk mengurangi genangan dan segala akibat lainnya.

#### Rumusan Masalah

Terjadinya genangan di beberapa ruas jalan Kompleks Perumnas Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapangget yang mengganggu aktifitas masyarakat serta merusak konstruksi jalan.

#### Batasan Masalah

- Perencanaan sistem drainase hanya dibatasi sampai dimensi hidrolis.
- Perhitungan konstruksi prasarana tidak dibahas.

- Lokasi perencanaan berada di Blok Rambutan Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapanget dan sekitarnya .

**Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi masalah sistem drainase dan membuat perencanaan sistem drainase di Kompleks Perumnas Blok Rambutan Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapanget.

**Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan data-data tentang masalah drainase di Kompleks Perumnas Blok Rambutan Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapanget dan pemecahan masalah menurut teori hidrologi dan hidrolika saluran 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.

**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

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

Keterangan :

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

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

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

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.

**Simpangan Baku (S)**

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

Persamaan standar deviasi untuk data pengamatan dalam nilai log adalah:

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

dengan :

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

**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 (*heterogen*). Semakin kecil berarti data tersebut semakin merata (*homogen*). 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*

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

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

dengan :

- $\overline{\log x}$  = 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
- $Cs_{log}$  = koefisien *skewness*

Pengukuran kemencengan (*skewness*) 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 ( $Cs_{log}$ ).

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

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

b. Uji data *outlier* rendah

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

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

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

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 (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:

#### Distribusi Normal

Distribusi normal disebut juga dengan distribusi Gauss, dirumuskan:

$$X_T = \bar{x} + K S \quad (13)$$

dengan:

- $X_T$  = 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).

#### Distribusi Log - Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal dengan

merubah variant X menjadi logaritmik  $\log X_{TR}$ . Rumusnya adalah:

$$Y = \bar{Y} + S_{\log} \cdot K_T \quad (14)$$

dengan:

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

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

$S_{\log}$  = standar deviasi dalam log, karakteristik distribusi log normal.

Nilai K dapat diperoleh dari tabel yang merupakan fungsi peluang kumulatif dan periode ulang (nilai variable Gauss).

#### Distribusi Gumbel

Tipe distribusi ini umumnya digunakan untuk analisis data maksimum. Rumusnya:

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

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

#### 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,  $X = \text{Log}$
2. Hitung harga rata-rata ( $\log \bar{x}$ )
3. Hitung koefisien kemencengan ( $C_{S_{\log}}$ )

4. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T.

**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:

- a) Distribusi Normal  
Cs ≈ 0 ; Ck ≈ 3
- b) Distribusi Log-Normal  
Cs ≈ Cv<sup>3</sup> + 3 CV  
Ck ≈ Cv<sup>8</sup> + 6 Cv<sup>6</sup> + 15 Cv<sup>4</sup> + 16 Cv<sup>2</sup> + 3
- c) Distribusi Gumbel  
Cs ≈ 1,14  
Ck ≈ 5,40

Bila kriteria 3 sebaran diatas tidak memenuhi, maka akan dicoba cara grafis dengan menggunakan sebaran data:

- 1) Tipe distribusi Pearson III.
- 2) Tipe distribusi log Pearson 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:

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24}\right) \left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3} \tag{17}$$

dengan:

- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
- R<sub>24</sub> = curah hujan harian maksimum (dalam 24 jam) (mm)
- t<sub>c</sub> = 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 periode yang ditetapkan. Periode ulang untuk perencanaan drainase kota sudah ditetapkan oleh direktorat PLP Dirjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum yaitu disesuaikan dengan topologi kota.

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:

$$t_c = t_0 + t_d \tag{18}$$

dengan:

$$t_0 = \left[ \frac{2}{3} 3,28 L_1 \frac{n}{\sqrt{s}} \right] \tag{19}$$

$$t_d = \frac{L_s}{60 v} \tag{20}$$

Keterangan:

- t<sub>c</sub> = waktu konsentrasi (menit),
- t<sub>0</sub> = waktu air mengalir di lahan (menit),
- t<sub>d</sub> = waktu air mengalir di saluran (menit),

- $L_1$  = panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m),
- $n$  = angka kekasaran *Manning*,
- $S$  = kemiringan lahan,
- $L_s$  = panjang lintasan aliran di saluran/sungai (m),
- $V$  = kecepatan aliran pada saluran (m/detik).

**Debit Rencana**

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

$$Q = 0,00278 C I A \tag{21}$$

dengan:

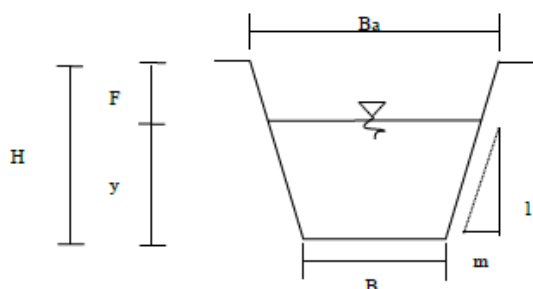
- $Q$  = debit rencana (m<sup>3</sup>/det)
- $C$  = koefisien *run off*
- $I$  = intensitas hujan (mm/jam)
- $A$  = *catchment area* (ha)

**Analisa Hidrolika**

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

**Penampang Hidrolis Saluran**

- Penampang berbentuk trapesium

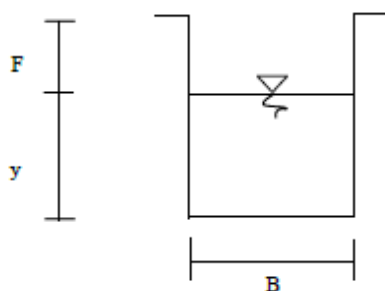


$$A = (B + my)y \tag{22}$$

$$P = B + 2y\sqrt{1 + m^2} \tag{23}$$

$$\text{Tinggi total saluran: } H = y + F \tag{24}$$

- Penampang Persegi



$$A = B y \tag{25}$$

$$P = B + 2y \tag{26}$$

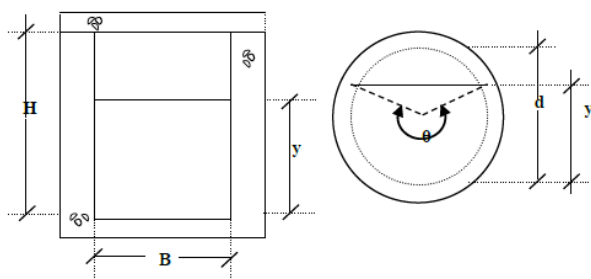
$$R = \frac{B y}{B + 2y} \tag{27}$$

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

$$A = B y \tag{28}$$

$$P = B + 2y \tag{29}$$

- Bentuk lingkaran

$$A = \frac{1}{8} (\theta - \sin\theta)d^2 \tag{30}$$

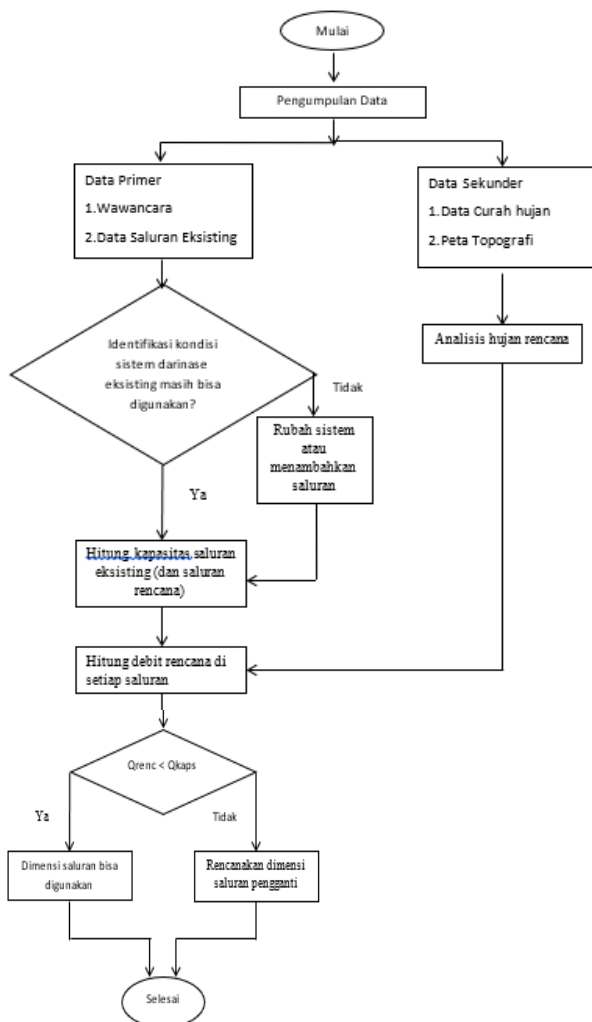
$$P = \frac{1}{2} \theta d \tag{31}$$

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 ditunjukkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1.



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



Selain kondisi eksisting yang kurang baik tersebut, adapun beberapa titik yang merupakan lokasi genangan yang sering terjadi di kawasan tersebut.



#### Analisis Hidrologi 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

| No | Tahun | Curah Hujan Harian Maks (mm) |
|----|-------|------------------------------|
| 1  | 2002  | 100                          |
| 2  | 2003  | 152                          |
| 3  | 2004  | 81                           |
| 4  | 2005  | 96                           |
| 5  | 2006  | 129                          |
| 6  | 2007  | 118                          |
| 7  | 2008  | 161                          |
| 8  | 2009  | 106                          |
| 9  | 2010  | 110                          |
| 10 | 2011  | 141.5                        |
| 11 | 2012  | 118                          |
| 12 | 2013  | 94                           |
| 13 | 2014  | 94                           |
| 14 | 2015  | 131                          |
| 15 | 2016  | 151                          |



**Uji Data Outlier**

Pengujian data outlier dimulai dengan menghitung nilai-nilai parameter statistik, nilai rata-rata, standard deviasi, dan koefisien kemencengan (*Skewness*) dari data yang ada dan data pengamatan diubah dalam nilai log. Pengujian data outlier untuk daerah pengamatan di Kompleks Perumnas Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapanget Kota Manado 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    | 81       | 1.908485 | -0.157764207      | 0.024889545         | -0.003926679        |
| 2    | 94       | 1.973128 | -0.093121372      | 0.00867159          | -0.00080751         |
| 3    | 94       | 1.973128 | -0.093121372      | 0.00867159          | -0.00080751         |
| 4    | 96       | 1.982271 | -0.083977992      | 0.007052303         | -0.000592238        |
| 5    | 100      | 2        | -0.066249225      | 0.00438896          | -0.000290765        |
| 6    | 106      | 2.025306 | -0.04094336       | 0.001676359         | -6.86358E-05        |
| 7    | 110      | 2.041393 | -0.02485654       | 0.000617848         | -1.53576E-05        |
| 8    | 118      | 2.071882 | 0.005632782       | 3.17282E-05         | 1.78718E-07         |
| 9    | 118      | 2.071882 | 0.005632782       | 3.17282E-05         | 1.78718E-07         |
| 10   | 129      | 2.11059  | 0.044340485       | 0.001966079         | 8.71769E-05         |
| 11   | 131      | 2.117271 | 0.05102207        | 0.002603252         | 0.000132823         |
| 12   | 141.5    | 2.150756 | 0.084507214       | 0.007141469         | 0.000603506         |
| 13   | 151      | 2.178977 | 0.11272722        | 0.012707539         | 0.001432492         |
| 14   | 152      | 2.181844 | 0.115594363       | 0.013362057         | 0.001544578         |
| 15   | 161      | 2.206826 | 0.140576651       | 0.019761795         | 0.002778047         |
| Σ    | 1782.5   | 30.99374 | 0.00000000        | 0.1136              | 0.000070            |
| (x̄) | 118.8333 | 2.066249 |                   |                     |                     |

a. Nilai rata-rata

$$\overline{\log x} = \frac{1}{n} = \sum_{i=1}^n \log x_i = \frac{30,99374}{15} = 2,06625$$

b. Standar deviasi

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

$$= \sqrt{\frac{0,1136}{15-1}} = 0,090069$$

c. Koefisien kemencengan (*Skewness*)

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

$$= \frac{15 \times 0,000070}{14 \times 13 \times (0,090069)^3} = 0,007928$$

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

• Uji outlier tinggi

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

→ n = 15     $K_n = 2,247$  (Soewarno, 1995)

$$\text{Log } X_h = 2,06625 + (2,247 \times 0,090069)$$

$$= 2,25846$$

$$X_h = 181,32446 \text{ mm}$$

Data curah hujan tertinggi yang ada adalah 161 mm sedangkan syarat tertinggi uji outlier tinggi diperoleh 181,32446 mm jadi tidak terdapat data outlier tinggi. Maka masih menggunakan data yang tetap

• Uji outlier rendah

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

→ n = 15     $K_n = 2,247$  (Soewarno, 1995)

$$\text{Log } X_l = 2,06625 - (2,247 \times 0,090069)$$

$$= 1,86386$$

$$X_l = 73,09106 \text{ mm}$$

Data curah hujan terendah yang ada adalah 81 mm sedangkan syarat terendah uji outlier rendah diperoleh 73,09106 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*)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1782,5}{15} = 118,8333 \text{ mm}$$

2. Standar deviasi (Simpangan Baku)

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

$$= \sqrt{\frac{8462,8333}{15-1}} = 24,58634$$

3. Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*)

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{24,58634}{118,83333} = 0,20690$$

4. Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*)

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

$$Cs = \frac{15(53067,1111)}{(15-1)(15-2)24,58634^3} = 0,29428$$



Tabel 4 Perhitungan parameter statistik data

| M    | xi (mm)  | log xi   | (log xi - log x̄) | (log xi - log x̄) <sup>2</sup> | (log xi - log x̄) <sup>3</sup> | (log xi - log x̄) <sup>4</sup> | (xi - x̄)   | (xi - x̄) <sup>2</sup> | (xi - x̄) <sup>3</sup> | (xi - x̄) <sup>4</sup> |
|------|----------|----------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1    | 81       | 1.908485 | -0.157764207      | 0.024889545                    | -0.003926679                   | 0.000619489                    | -37.8333333 | 1431.361111            | -54153.16204           | 2048794.63             |
| 2    | 94       | 1.973128 | -0.093121372      | 0.00867159                     | -0.00080751                    | 7.51965E-05                    | -24.8333333 | 616.6944444            | -15314.5787            | 380312.0378            |
| 3    | 94       | 1.973128 | -0.093121372      | 0.00867159                     | -0.00080751                    | 7.51965E-05                    | -24.8333333 | 616.6944444            | -15314.5787            | 380312.0378            |
| 4    | 96       | 1.982271 | -0.083977992      | 0.007052303                    | -0.000592238                   | 4.9735E-05                     | -22.8333333 | 521.3611111            | -11904.41204           | 271817.4082            |
| 5    | 100      | 2        | -0.066249225      | 0.00438896                     | -0.000290765                   | 1.9263E-05                     | -18.8333333 | 354.6944444            | -6680.078704           | 125808.1489            |
| 6    | 106      | 2.025306 | -0.04094336       | 0.001676359                    | -6.86358E-05                   | 2.81018E-06                    | -12.8333333 | 164.6944444            | -2113.578704           | 27124.26003            |
| 7    | 110      | 2.041393 | -0.02485654       | 0.000617848                    | -1.53576E-05                   | 3.81736E-07                    | -8.8333333  | 78.0277778             | -689.2453704           | 6088.334105            |
| 8    | 118      | 2.071882 | 0.005632782       | 3.17282E-05                    | 1.78718E-07                    | 1.00668E-09                    | -0.8333333  | 0.694444444            | -0.578703704           | 0.482253086            |
| 9    | 118      | 2.071882 | 0.005632782       | 3.17282E-05                    | 1.78718E-07                    | 1.00668E-09                    | -0.8333333  | 0.694444444            | -0.578703704           | 0.482253086            |
| 10   | 129      | 2.11059  | 0.044340485       | 0.001966079                    | 8.71769E-05                    | 3.86547E-06                    | 10.1666667  | 103.3611111            | 1050.837963            | 10683.51929            |
| 11   | 131      | 2.117271 | 0.05102207        | 0.002603252                    | 0.000132823                    | 6.77692E-06                    | 12.1666667  | 148.0277778            | 1801.00463             | 21912.22299            |
| 12   | 141.5    | 2.150756 | 0.084507214       | 0.007141469                    | 0.000603506                    | 5.10006E-05                    | 22.6666667  | 513.7777778            | 11645.62963            | 263967.6049            |
| 13   | 151      | 2.178977 | 0.11272722        | 0.012707539                    | 0.001432492                    | 0.000161482                    | 32.1666667  | 1034.694444            | 33282.6713             | 1070592.593            |
| 14   | 152      | 2.181844 | 0.115594363       | 0.013362057                    | 0.001544578                    | 0.000178545                    | 33.1666667  | 1100.027778            | 36484.25463            | 1210061.112            |
| 15   | 161      | 2.206826 | 0.140576651       | 0.019761795                    | 0.002778047                    | 0.000390529                    | 42.1666667  | 1778.027778            | 74973.50463            | 3161382.779            |
| Σ    | 1782.5   | 30.99374 | 0.0000000         | 0.1136                         | 0.000070                       | 0.00163                        | 0.00000     | 8462.83333             | 53067.11111            | 8978857.65278          |
| (x̄) | 118.8333 | 2.066249 |                   |                                |                                |                                |             |                        |                        |                        |

Tabel 5. Tinjauan distribusi berdasarkan parameter statistic

| No | Type distribusi           | Syarat parameter statistic  | Hasil syarat parameter        | Parameter hasil analisis     | Keterangan     |
|----|---------------------------|---|-------------------------------|------------------------------|----------------|
| 1  | Distribusi Normal         | Cs ≈ 0<br>Ck ≈ 3  | Cs ≈ 0<br>Ck ≈ 3              | Cs = 0.29428<br>Ck = 2,43149 | Tidak Memenuhi |
| 2  | Distribusi Log-Normal     | Cs ≈ Cv <sup>3</sup> + 3 CV<br>Ck ≈ Cv <sup>8</sup> + 6 Cv <sup>6</sup> + 15 Cv <sup>4</sup> + 16 Cv <sup>2</sup> + 3   | Cs = 4,56038<br>Ck = 55,10923 |                              | Tidak Memenuhi |
| 3  | Distribusi Gumbell        | Cs ≈ 1,14<br>Ck ≈ 5,40  | Cs ≈ 1,14<br>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. |                               |                              |                |

5. Koefisien Kurtosis (*Kurtosis Coefficient*)

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

$$Ck = \frac{15^2}{(15-1)(15-2)(15-3)24,58634^4} \times 8978857,65278 = 2,43149$$

1. Distribusi Normal  
Cs ≈ 0 ; Ck ≈ 3
2. Distribusi Log-Normal  
Cs ≈ Cv<sup>3</sup> + 3 CV  
Ck ≈ Cv<sup>8</sup> + 6 Cv<sup>6</sup> + 15 Cv<sup>4</sup> + 16 Cv<sup>2</sup> + 3
3. Distribusi Gumbel  
Cs ≈ 1,14  
Ck ≈ 5,40

**Pemilihan Distribusi Peluang**

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

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

**Pemilihan Distribusi Peluang**

**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 9-8).

- o Luas daerah pelayanan saluran (DPS) = 0,0029593 km<sup>2</sup>
- o Panjang lintasan aliran di lahan (L1) = 31.5 m
- o Panjang lintasan aliran di saluran (Ls) = 111m
- o Kemiringan lahan = 0,013378378
- o Kecepatan rata-rata di saluran = 0,4 m/det

**Waktu konsentrasi**

- o Waktu konsentrasi di saluran

$$T_s = \frac{L_s}{60 V} = \frac{111}{60 \times 0,4} = 4,625 \text{ menit}$$

- o Waktu konsentrasi di lahan

$$T_l = \left[ \frac{2}{3} \times 3,28 \times l \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right] = \left[ \frac{2}{3} \times 3,28 \times 111 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,013378378}} \right] = 7,741672 \text{ menit}$$

**Waktu konsentrasi total**

$$T_c = T_s + T_l = 4,625 \text{ menit} + 7,741672 \text{ menit} = 12,3667 \text{ menit} = 0,20611 \text{ jam}$$

Tabel 6. Debit rencana

| No                  | Saluran   | Luas DPS (Km2) | Panjang Saluran (m) | Beda Tinggi | Kemiringan Dasar Saluran (S) | Ls    | L1    | n     | Waktu Konsentrasi |          |         |         | C   | I       | Qlimpasan (m3/det) | Qtambahan  | Qtotal      |
|---------------------|-----------|----------------|---------------------|-------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------------------|----------|---------|---------|-----|---------|--------------------|------------|-------------|
|                     |           |                |                     |             |                              |       |       |       | Tl (Mnt)          | Ts (Mnt) | Tc(Mnt) | Tc(Jam) |     |         |                    |            |             |
| <b>SUB SISTEM 1</b> |           |                |                     |             |                              |       |       |       |                   |          |         |         |     |         |                    |            |             |
| 1                   | S (1-2)   | 0.000657       | 22.5                | 0.737       | 0.032755556                  | 22.5  | 24    | 0.013 | 3.769595          | 0.9375   | 4.7071  | 0.07845 | 0.4 | 288.11  | 0.021049784        |            | 0.021049784 |
| 2                   | S (3-2)   | 0.0002948      | 22.5                | 0.7075      | 0.031444444                  | 22.5  | 12    | 0.013 | 1.923691          | 0.9375   | 2.86119 | 0.04769 | 0.4 | 401.509 | 0.013159935        |            | 0.013159935 |
| 3                   | S (4-5)   | 0.0010847      | 55.5                | 0.876       | 0.015783784                  | 55.5  | 27    | 0.013 | 6.109197          | 2.3125   | 8.4217  | 0.14036 | 0.4 | 195.491 | 0.02357898         | 0.03420972 | 0.057788698 |
| <b>SUB SISTEM 2</b> |           |                |                     |             |                              |       |       |       |                   |          |         |         |     |         |                    |            |             |
| 4                   | S (6-7)   | 0.0025681      | 88.5                | 1.175       | 0.013276836                  | 88.5  | 42    | 0.013 | 10.36163          | 3.6875   | 14.0491 | 0.23415 | 0.4 | 138.982 | 0.03968961         |            | 0.03968961  |
| 5                   | S (7-8)   | 0.0003081      | 22.5                | 0.05        | 0.002222222                  | 22.5  | 14.25 | 0.013 | 8.593044          | 0.9375   | 9.53054 | 0.15884 | 0.4 | 180.017 | 0.00616753         | 0.03968961 | 0.045587137 |
| <b>SUB SISTEM 3</b> |           |                |                     |             |                              |       |       |       |                   |          |         |         |     |         |                    |            |             |
| 6                   | S (9-8)   | 0.0029593      | 111                 | 1.485       | 0.013378378                  | 111   | 31.5  | 0.013 | 7.741672          | 4.625    | 12.3667 | 0.20611 | 0.4 | 151.318 | 0.04979507         |            | 0.04979507  |
| <b>SUB SISTEM 4</b> |           |                |                     |             |                              |       |       |       |                   |          |         |         |     |         |                    |            |             |
| 7                   | S (11-10) | 0.0028041      | 111                 | 1.238       | 0.011153153                  | 111   | 34.5  | 0.013 | 9.286375          | 4.625    | 13.9114 | 0.23186 | 0.4 | 139.898 | 0.04362288         |            | 0.04362288  |
| 8                   | S (10-12) | 0.0006934      | 10.5                | 0.045       | 0.004285714                  | 10.5  | 9     | 0.013 | 3.908021          | 0.4375   | 4.34552 | 0.07243 | 0.4 | 303.877 | 0.02343181         | 0.04362288 | 0.067054693 |
| <b>SUB SISTEM 5</b> |           |                |                     |             |                              |       |       |       |                   |          |         |         |     |         |                    |            |             |
| 9                   | S (13-27) | 0.0026445      | 114                 | 2.304       | 0.020442105                  | 114   | 24    | 0.013 | 4.771714          | 4.75     | 9.52171 | 0.1587  | 0.4 | 180.129 | 0.05297016         |            | 0.05297016  |
| 10                  | S (14-15) | 0.0006934      | 12                  | 0.1455      | 0.012125                     | 12    | 34.5  | 0.013 | 8.90644           | 0.5      | 9.40644 | 0.15677 | 0.4 | 181.597 | 0.01400286         |            | 0.01400286  |
| 11                  | S (15-28) | 0.0007401      | 22.5                | 0.1255      | 0.005577778                  | 22.5  | 33    | 0.013 | 12.56057          | 0.9375   | 13.4981 | 0.22497 | 0.4 | 142.74  | 0.01174673         |            | 0.01174673  |
| 12                  | S (16-17) | 0.0012809      | 67.5                | 1.688       | 0.025007407                  | 67.5  | 11.25 | 0.013 | 2.022293          | 2.8125   | 4.83479 | 0.08058 | 0.4 | 283.014 | 0.04031233         | 0.01400286 | 0.054315195 |
| 13                  | S (31-32) | 0.0011751      | 67.5                | 1.159       | 0.01717037                   | 67.5  | 11.25 | 0.013 | 2.440555          | 2.8125   | 5.25306 | 0.08755 | 0.4 | 267.784 | 0.03499197         | 0.00802771 | 0.043019676 |
| 14                  | S (32-17) | 0.0002703      | 19.5                | 0.313       | 0.016051282                  | 19.5  | 12.75 | 0.013 | 2.860759          | 0.8125   | 3.67326 | 0.06122 | 0.4 | 339.906 | 0.01021743         | 0.04301968 | 0.053237105 |
| 15                  | S (16-31) | 0.0002738      | 19.5                | 0.123       | 0.006307692                  | 19.5  | 12.75 | 0.013 | 4.56353           | 0.8125   | 5.37603 | 0.0896  | 0.4 | 263.685 | 0.00802771         |            | 0.00802771  |
| 16                  | S (28-29) | 0.0033905      | 72                  | 1.122       | 0.015833333                  | 72    | 52.5  | 0.013 | 11.95515          | 3        | 14.9552 | 0.24925 | 0.4 | 133.311 | 0.05026076         | 0.01174673 | 0.062007487 |
| 17                  | S (33-29) | 0.001493       | 69                  | 0.579       | 0.008391304                  | 69    | 16.5  | 0.013 | 5.120297          | 2.875    | 7.9953  | 0.13325 | 0.4 | 202.381 | 0.0335992          |            | 0.033599203 |
| 18                  | S (30-18) | 0.0002067      | 19.5                | 0.313       | 0.016051282                  | 19.5  | 10.5  | 0.013 | 2.355919          | 0.8125   | 3.16842 | 0.05281 | 0.4 | 375.115 | 0.00862287         | 0.11756138 | 0.126184254 |
| 19                  | S (34-30) | 0.0008805      | 55.5                | 0.275       | 0.004954955                  | 55.5  | 11.25 | 0.013 | 4.543166          | 2.3125   | 6.85567 | 0.11426 | 0.4 | 224.23  | 0.02195469         |            | 0.021954693 |
| 20                  | S (34-19) | 0.0003127      | 22.5                | 0.216       | 0.0096                       | 22.5  | 15.75 | 0.013 | 4.569523          | 0.9375   | 5.50702 | 0.09178 | 0.4 | 259.487 | 0.00902351         |            | 0.00902351  |
| 21                  | S (18-19) | 0.0007337      | 43.5                | 0.225       | 0.005172414                  | 43.5  | 8.25  | 0.013 | 3.260868          | 1.8125   | 5.07337 | 0.08456 | 0.4 | 274.07  | 0.02235948         | 0.18049945 | 0.20285839  |
| 22                  | S (24-25) | 0.0002312      | 24                  | 0.1693      | 0.007054167                  | 24    | 9     | 0.013 | 3.04611           | 1        | 4.04611 | 0.06744 | 0.4 | 318.69  | 0.00819475         |            | 0.008194748 |
| 23                  | S (25-26) | 0.0006667      | 45                  | 0.316       | 0.007022222                  | 45    | 10.5  | 0.013 | 3.561869          | 1.875    | 5.43687 | 0.09061 | 0.3 | 261.714 | 0.01455138         | 0.21105368 | 0.225605054 |
| 24                  | S (20-21) | 0.0004587      | 45                  | 0.197       | 0.004377778                  | 45    | 9.75  | 0.013 | 4.188936          | 1.875    | 6.06394 | 0.10107 | 0.4 | 243.345 | 0.0124127          |            | 0.0124127   |
| 25                  | S (20-22) | 0.0003496      | 37.5                | 0.203       | 0.005413333                  | 37.5  | 9     | 0.013 | 3.477251          | 1.5625   | 5.03975 | 0.084   | 0.4 | 275.288 | 0.01070318         |            | 0.01070318  |
| 26                  | S (21-22) | 0.0002594      | 25.5                | 0.141       | 0.005529412                  | 25.5  | 9     | 0.013 | 3.440559          | 1.0625   | 4.50306 | 0.07505 | 0.4 | 296.748 | 0.00856044         | 0.0124127  | 0.020973142 |
| 27                  | S (24-23) | 0.0005008      | 27                  | 0.153       | 0.005666667                  | 27    | 10.5  | 0.013 | 3.965075          | 1.125    | 5.09007 | 0.08483 | 0.4 | 273.47  | 0.01522941         |            | 0.015229411 |
| 28                  | S (23-26) | 0.0002286      | 21                  | 0.2627      | 0.012509524                  | 21    | 11.25 | 0.013 | 2.859289          | 0.875    | 3.73429 | 0.06224 | 0.4 | 336.192 | 0.00854537         | 0.04690573 | 0.0554511   |
| 29                  | S (27-12) | 0.0005805      | 24                  | 0.1234      | 0.005141667                  | 24    | 13.5  | 0.013 | 5.351897          | 1        | 6.3519  | 0.10586 | 0.4 | 235.934 | 0.01522992         | 0.33402631 | 0.349256236 |
| <b>SUB SISTEM 6</b> |           |                |                     |             |                              |       |       |       |                   |          |         |         |     |         |                    |            |             |
| 30                  | S (35-36) | 0.0023225      | 103.5               | 1.3175      | 0.012729469                  | 103.5 | 9     | 0.013 | 2.267584          | 4.3125   | 6.58008 | 0.10967 | 0.4 | 230.448 | 0.05951546         |            | 0.059515456 |
| <b>SUB SISTEM 7</b> |           |                |                     |             |                              |       |       |       |                   |          |         |         |     |         |                    |            |             |
| 31                  | S (37-36) | 0.0029108      | 106.5               | 1.1652      | 0.010940845                  | 106.5 | 29.25 | 0.013 | 7.949254          | 4.4375   | 12.3868 | 0.20645 | 0.4 | 151.155 | 0.04892605         |            | 0.048926055 |
| <b>SUB SISTEM 8</b> |           |                |                     |             |                              |       |       |       |                   |          |         |         |     |         |                    |            |             |
| 32                  | S (38-39) | 0.0008911      | 51                  | 0.57        | 0.011176471                  | 51    | 27    | 0.013 | 7.260012          | 2.125    | 9.38501 | 0.15642 | 0.4 | 181.874 | 0.01802151         |            | 0.018021513 |
| 33                  | S (40-39) | 0.0005493      | 24                  | 0.185       | 0.007708333                  | 24    | 27.75 | 0.013 | 8.984806          | 1        | 9.98481 | 0.16641 | 0.4 | 174.515 | 0.01065918         |            | 0.010659183 |
| 34                  | S (41-42) | 0.0004789      | 25.5                | 0.176       | 0.006901961                  | 25.5  | 11.25 | 0.013 | 3.849393          | 1.0625   | 4.91189 | 0.08186 | 0.4 | 280.045 | 0.01491247         |            | 0.014912467 |
| 35                  | S (42-43) | 0.000228       | 21                  | 0.203       | 0.009666667                  | 21    | 10.5  | 0.013 | 3.035826          | 0.875    | 3.91083 | 0.06518 | 0.4 | 325.997 | 0.00826376         | 0.04359316 | 0.051856918 |
| 36                  | S (44-43) | 0.0004909      | 28.5                | 0.121       | 0.004245614                  | 28.5  | 11.25 | 0.013 | 4.908041          | 1.1875   | 6.09554 | 0.10159 | 0.4 | 242.504 | 0.01323753         |            | 0.013237535 |
| 37                  | S (45-46) | 0.0006469      | 30                  | 0.103       | 0.003433333                  | 30    | 14.25 | 0.013 | 6.913259          | 1.25     | 8.16326 | 0.13605 | 0.4 | 199.595 | 0.01435729         |            | 0.014357288 |
| 38                  | S (46-47) | 0.0003882      | 25.5                | 0.122       | 0.004784314                  | 25.5  | 15    | 0.013 | 6.164635          | 1.0625   | 7.22714 | 0.12045 | 0.4 | 216.479 | 0.0093442          | 0.02759482 | 0.03639027  |
| <b>SUB SISTEM 9</b> |           |                |                     |             |                              |       |       |       |                   |          |         |         |     |         |                    |            |             |
| 39                  | S (47-48) | 0.0005897      | 28.5                | 0.399       | 0.014                        | 28.5  | 13.5  | 0.013 | 3.243364          | 1.1875   | 4.43086 | 0.07385 | 0.4 | 299.963 | 0.01967062         | 0.03693903 | 0.056609646 |

**Intensitas curah hujan**

Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi dengan rumus Mononobe

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

$$= \frac{152,2986}{24} \left(\frac{24}{T_c}\right)^{\frac{2}{3}} = 151,318 \text{ mm/jam}$$

**Debit limpasan**

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

$$= 0,278 \times 0,3 \times 151,318 \times 0,0029593$$

$$= 0.04979507 \text{ m}^3/\text{det}$$

**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 yang mampu menampung air yang masuk ke dalam saluran tersebut.

Untuk menghitung dimensi dan debit kapasitas ditinjau (saluran 9 – 8).

- $y = H - F = 0,5 - 0,2 = 0,3 \text{ m}$

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)      | 0.0327556 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.021049784   |               |
| 2  | S (3-2)      | 0.0314444 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.013159935   |               |
| 3  | G (2-4)      |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               | Gorong-gorong |
| 4  | S (4-5)      | 0.0010847 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 0.616345587 | 0.07396147     | 0.057788698   | OK            |
|    | SUB SISTEM 2 |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               |               |
| 5  | S (6-7)      | 0.0132768 | 0.4     | 0.55 | 0.2 | 0.35 | 0.14   | 1.1  | 0.013 | 0.12727 | 2.24264662  | 0.313970527    | 0.03968961    | OK            |
| 6  | S (7-8)      | 0.0022222 | 0.95    | 0.95 | 0.2 | 0.75 | 0.7125 | 2.45 | 0.013 | 0.29082 | 1.591706221 | 1.134090682    | 0.045857137   | OK            |
|    | SUB SISTEM 3 |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               |               |
| 7  | S (9-8)      | 0.0133784 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 2.164607784 | 0.259752934    | 0.049795071   | OK            |
|    | SUB SISTEM 4 |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               |               |
| 8  | S (11-10)    | 0.0111532 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.976406672 | 0.237168801    | 0.043622881   | OK            |
| 9  | S (10-12)    | 0.0042857 | 1.05    | 0.95 | 0.2 | 0.75 | 0.7875 | 2.55 | 0.013 | 0.30882 | 2.300780439 | 1.811864596    | 0.067054693   | OK            |
|    | SUB SISTEM 5 |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               |               |
| 10 | S (13-27)    | 0.0204421 | 0.5     | 0.6  | 0.2 | 0.4  | 0.2    | 1.3  | 0.013 | 0.15385 | 3.157746192 | 0.631549238    | 0.052970159   | OK            |
| 11 | S (14-15)    | 0.012125  |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.014002864   |               |
| 12 | G (15-16)    |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               | Gorong-gorong |
| 13 | S (15-28)    | 0.0055778 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.01174673    |               |
| 14 | S (16-17)    | 0.0250074 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.054315195   |               |
| 15 | S (31-32)    | 0.0171704 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.043019676   |               |
| 16 | S (32-17)    | 0.0160513 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.053237105   |               |
| 17 | G (17-18)    |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               | Gorong-gorong |
| 18 | S (16-31)    | 0.0063077 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.008027711   |               |
| 19 | S (28-29)    | 0.0155833 | 0.6     | 0.6  | 0.2 | 0.4  | 0.24   | 1.4  | 0.013 | 0.17143 | 2.963300075 | 0.711192018    | 0.062007487   | OK            |
| 20 | S (33-29)    | 0.0083913 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.033599203   |               |
| 21 | G (29-30)    |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               | Gorong-gorong |
| 22 | S (30-18)    | 0.0160513 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.126184254   |               |
| 23 | S (34-30)    | 0.004955  |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.021954693   |               |
| 24 | S (34-19)    | 0.0096    | 0.6     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.18   | 1.2  | 0.013 | 0.15    | 2.127745939 | 0.382994269    | 0.00902351    | OK            |
| 25 | S (18-19)    | 0.0051724 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.20285893    |               |
| 26 | G (19-25)    |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               | Gorong-gorong |
| 27 | S (24-25)    | 0.0070542 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.008194748   |               |
| 28 | S (25-26)    | 0.0070222 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.225605054   |               |
| 29 | S (20-21)    | 0.0043778 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.0124127     |               |
| 30 | S (20-22)    | 0.0054133 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.01070318    |               |
| 31 | G (22-23)    |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               | Gorong-gorong |
| 32 | S (21-22)    | 0.0055294 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.020973142   |               |
| 33 | S (24-23)    | 0.0056667 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.015229411   |               |
| 34 | S (23-26)    | 0.0125095 |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                | 0.0554511     |               |
| 35 | G (26-27)    |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               | Gorong-gorong |
| 36 | S (27-12)    | 0.0051417 | 0.55    | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.165  | 1.15 | 0.013 | 0.14348 | 1.511701379 | 0.249430728    | 0.349256236   | TIDAK OK      |
|    | SUB SISTEM 6 |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               |               |
| 37 | S (35-36)    | 0.0127295 | 0.55    | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.165  | 1.15 | 0.013 | 0.14348 | 2.378587802 | 0.392466987    | 0.059515456   | OK            |
|    | SUB SISTEM 7 |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               |               |
| 38 | S (37-36)    | 0.0109408 | 0.55    | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.165  | 1.15 | 0.013 | 0.14348 | 2.205156843 | 0.363850879    | 0.048926055   | OK            |
|    | SUB SISTEM 8 |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               |               |
| 39 | S (38-39)    | 0.0111765 | 0.45    | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.135  | 1.05 | 0.013 | 0.12857 | 2.071597129 | 0.279665612    | 0.018021513   | OK            |
| 40 | S (40-39)    | 0.0077083 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.643076264 | 0.197169152    | 0.010659183   | OK            |
| 41 | G (39-42)    |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               | Gorong-gorong |
| 42 | S (41-42)    | 0.006902  | 0.4     | 0.45 | 0.2 | 0.25 | 0.1    | 0.9  | 0.013 | 0.11111 | 1.477002459 | 0.147700246    | 0.014912467   | OK            |
| 43 | S (42-43)    | 0.0096667 | 0.5     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.15   | 1.1  | 0.013 | 0.13636 | 2.003675565 | 0.300551335    | 0.051856918   | OK            |
| 44 | S (44-43)    | 0.0042456 | 0.5     | 0.45 | 0.2 | 0.25 | 0.125  | 1    | 0.013 | 0.125   | 1.253045703 | 0.156630713    | 0.013237535   | OK            |
| 45 | S (45-46)    | 0.0034333 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.096567735 | 0.131588128    | 0.014357288   | OK            |
| 46 | G (43-46)    |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               | Gorong-gorong |
| 47 | S (46-47)    | 0.0047843 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.294456032 | 0.155334724    | 0.036939027   | OK            |
|    | SUB SISTEM 9 |           |         |      |     |      |        |      |       |         |             |                |               |               |
| 48 | S (47-48)    | 0.014     | 0.7     | 0.6  | 0.2 | 0.4  | 0.28   | 1.5  | 0.013 | 0.18667 | 2.972796496 | 0.832383019    | 0.056609646   | OK            |

- Luas penampang basah  
 $A = By = 0,4 \times 0,3 = 0,12 \text{ m}$
- Keliling basah  
 $P = B + (2y) = 0,4 + (2 \times 0,3) = 1$
- Jari – jari hidrolis  
 $R = \frac{A}{P} = \frac{0,12}{1} = 0,12$   
 $= 2,164607784 \text{ m/detik}$
- Kecepatan aliran  
 $V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$   
 $= \frac{1}{0,013} 0,12^{\frac{2}{3}} 0,013378^{\frac{1}{2}}$
- Debit kapasitas  
 $Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$   
 $= \frac{1}{0,013} 0,12 \cdot 0,12^{\frac{2}{3}} \cdot 0,013378^{\frac{1}{2}}$   
 $= 0,259752934 \text{ m}^3/\text{det}$
- Debit rencana  
 $Q = 0,278CIA$   
 $= 0,278 \times 0,4 \times 151.318 \times 0,0029593$   
 $= 0.04979507 \text{ m}^3/\text{det}$

**Analisis kapasitas sistem saluran rencana**

Dari hasil analisis didapati ada beberapa saluran yang ada tidak mampu menampung debit rencana. Maka perlu dibuat sistem saluran rencana baru yang mampu menampung debit rencana dengan dimensi saluran sebagai berikut.

Saluran yang ditinjau sebagai perhitungan (saluran 27 – 12). Dari hasil perhitungan debit (Q) yang masuk pada saluran S(27–12) didapat Q = 0,01522992 m<sup>3</sup>/det ditambah dengan debit saluran sebelumnya sehingga debit di saluran S(27–12) menjadi Q<sub>total</sub> = 0,349256236 m<sup>3</sup>/det. Maka dengan debit yang ada dilakukan penyesuaian dimensi agar dapat menampung debit yang ada.

Pada saluran S(27–12) digunakan dimensi saluran seperti berikut : B = 0,6 m dan H = 0,6 m Maka,

- $y = H - F$   
 $= 0,6 - 0,2 = 0,4 \text{ m}$

- Luas penampang basah  
 $A = By$   
 $= 0,6 \times 0,4 = 0,24 \text{ m}^2$
- Keliling basah  
 $P = B + (2y)$   
 $= 0,6 + (2 \times 0,4) = 1,4 \text{ m}$
- Jari – jari hidrolis  
 $R = \frac{A}{P}$   
 $= \frac{0,24}{1,4} = 0,17143 \text{ m}$
- Kecepatan aliran  
 $V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$   
 $= \frac{1}{0,013} 0,17143^{\frac{2}{3}} \times 0.005141667^{\frac{1}{2}}$   
 $= 1,702148 \text{ m}^3/\text{det}$

**Analisis Kapasitas Gorong-gorong Eksisting**

Analisis dimensi gorong-gorong yang dimaksudkan yaitu untuk mengetahui kapasitas debit air yang masuk kedalam gorong-gorong. Apabila gorong-gorong tidak mampu menampung debit air yang ada, maka dilakukan perbaikan dimensi gorong-gorong agar mendapat dimensi gorong-gorong yang baru yang mampu manampung air yang masuk kedalam gorong-gorong tersebut.

Untuk menghitung dimensi dan debit kapasitas, ditinjau gorong-gorong (39 – 42).

- $y = H - F$   
 $= 0,5 - 0,2 = 0,3 \text{ m}$
- $A = By$   
 $= 0,45 \cdot 0,3 = 0,135 \text{ m}^2$
- $P = B + 2y$   
 $= 0,45 + 2 \times 0,3 = 1,05 \text{ m}$
- Debit kapasitas  
 $Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$   
 $= \frac{1}{0,013} 0,24 \cdot 0,17143^{\frac{2}{3}} \cdot 0.005141667^{\frac{1}{2}}$   
 $= 0,408515606 \text{ m}^3/\text{det}$

Tabel 8. Perhitungan kapasitas sistem saluran

| 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)   | 0.03275556 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 3.387037  | 0.40644461     | 0.021049784   | OK            |
| 2            | S (3-2)   | 0.03144444 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 3.318558  | 0.398226987    | 0.013159935   | OK            |
| 3            | G (2-4)   |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               | Gorong-gorong |
| 4            | S (4-5)   | 0.00108466 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 0.616346  | 0.07396147     | 0.057788698   | OK            |
| SUB SISTEM 2 |           |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               |               |
| 5            | S (6-7)   | 0.01327684 | 0.4     | 0.55 | 0.2 | 0.35 | 0.14   | 1.1  | 0.013 | 0.12727 | 2.242647  | 0.313970527    | 0.03968961    | OK            |
| 6            | S (7-8)   | 0.00222222 | 0.95    | 0.95 | 0.2 | 0.75 | 0.7125 | 2.45 | 0.013 | 0.29082 | 1.591706  | 1.134090682    | 0.045857137   | OK            |
| SUB SISTEM 3 |           |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               |               |
| 7            | S (9-8)   | 0.01337838 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 2.164608  | 0.259752934    | 0.049795071   | OK            |
| SUB SISTEM 4 |           |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               |               |
| 8            | S (11-10) | 0.01115315 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.976407  | 0.237168801    | 0.043622881   | OK            |
| 9            | S (10-12) | 0.00428571 | 1.05    | 0.95 | 0.2 | 0.75 | 0.7875 | 2.55 | 0.013 | 0.30882 | 2.30078   | 1.811864596    | 0.067054693   | OK            |
| SUB SISTEM 5 |           |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               |               |
| 10           | S (13-27) | 0.02044211 | 0.5     | 0.6  | 0.2 | 0.4  | 0.2    | 1.3  | 0.013 | 0.15385 | 3.157746  | 0.631549238    | 0.052970159   | OK            |
| 11           | S (14-15) | 0.012125   | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 2.060717  | 0.247286039    | 0.014002864   | OK            |
| 12           | G (15-16) |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               | Gorong-gorong |
| 13           | S (15-28) | 0.00557778 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.397681  | 0.167721728    | 0.01174673    | OK            |
| 14           | S (16-17) | 0.02500741 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 2.959455  | 0.355134659    | 0.054315195   | OK            |
| 15           | S (31-32) | 0.01717037 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 2.452264  | 0.294271739    | 0.043019676   | OK            |
| 16           | S (32-17) | 0.01605128 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 2.371004  | 0.284520516    | 0.053237105   | OK            |
| 17           | G (17-18) |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               | Gorong-gorong |
| 18           | S (16-31) | 0.00630769 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.486321  | 0.178358567    | 0.008027711   | OK            |
| 19           | S (28-29) | 0.01558333 | 0.6     | 0.6  | 0.2 | 0.4  | 0.24   | 1.4  | 0.013 | 0.17143 | 2.9633    | 0.711192018    | 0.062007487   | OK            |
| 20           | S (33-29) | 0.0083913  | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.714321  | 0.205718553    | 0.033599203   | OK            |
| 21           | G (29-30) |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               | Gorong-gorong |
| 22           | S (30-18) | 0.01605128 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 2.371004  | 0.284520516    | 0.126184254   | OK            |
| 23           | S (34-30) | 0.00495495 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.317338  | 0.158080602    | 0.021954693   | OK            |
| 24           | S (34-19) | 0.0096     | 0.6     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.18   | 1.2  | 0.013 | 0.15    | 2.127746  | 0.382994269    | 0.00902351    | OK            |
| 25           | S (18-19) | 0.00517241 | 0.5     | 0.6  | 0.2 | 0.4  | 0.2    | 1.3  | 0.013 | 0.15385 | 1.588404  | 0.31768085     | 0.20285893    | OK            |
| 26           | G (19-25) |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               | Gorong-gorong |
| 27           | S (24-25) | 0.00705417 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.571811  | 0.188617326    | 0.008194748   | OK            |
| 28           | S (25-26) | 0.00702222 | 0.5     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.15   | 1.1  | 0.013 | 0.13636 | 1.707758  | 0.256163692    | 0.225605054   | OK            |
| 29           | S (20-21) | 0.00437778 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.238239  | 0.148588631    | 0.0124127     | OK            |
| 30           | S (20-22) | 0.00541333 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.376924  | 0.16523084     | 0.01070318    | OK            |
| 31           | G (22-23) |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               | Gorong-gorong |
| 32           | S (21-22) | 0.00552941 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.391608  | 0.166992971    | 0.020973142   | OK            |
| 33           | S (24-23) | 0.00566667 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.408774  | 0.169052874    | 0.015229411   | OK            |
| 34           | S (23-26) | 0.01250952 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 2.093138  | 0.251176563    | 0.0554511     | OK            |
| 35           | G (26-27) |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               | Gorong-gorong |
| 36           | S (27-12) | 0.00514167 | 0.6     | 0.6  | 0.2 | 0.4  | 0.24   | 1.4  | 0.013 | 0.17143 | 1.702148  | 0.408515606    | 0.349256236   | OK            |
| SUB SISTEM 6 |           |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               |               |
| 37           | S (35-36) | 0.01272947 | 0.55    | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.165  | 1.15 | 0.013 | 0.14348 | 2.378588  | 0.392466987    | 0.059515456   | OK            |
| SUB SISTEM 7 |           |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               |               |
| 38           | S (37-36) | 0.01094085 | 0.55    | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.165  | 1.15 | 0.013 | 0.14348 | 2.205157  | 0.363850879    | 0.048926055   | OK            |
| SUB SISTEM 8 |           |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               |               |
| 39           | S (38-39) | 0.01117647 | 0.45    | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.135  | 1.05 | 0.013 | 0.12857 | 2.071597  | 0.279665612    | 0.018021513   | OK            |
| 40           | S (40-39) | 0.00770833 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.643076  | 0.197169152    | 0.010659183   | OK            |
| 41           | G (39-42) |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               | Gorong-gorong |
| 42           | S (41-42) | 0.00690196 | 0.4     | 0.45 | 0.2 | 0.25 | 0.1    | 0.9  | 0.013 | 0.11111 | 1.477002  | 0.147700246    | 0.014912467   | OK            |
| 43           | S (42-43) | 0.00966667 | 0.5     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.15   | 1.1  | 0.013 | 0.13636 | 2.003676  | 0.300551335    | 0.051856918   | OK            |
| 44           | S (44-43) | 0.00424561 | 0.5     | 0.45 | 0.2 | 0.25 | 0.125  | 1    | 0.013 | 0.125   | 1.253046  | 0.156630713    | 0.013237535   | OK            |
| 45           | S (45-46) | 0.00343333 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.096568  | 0.131588128    | 0.014357288   | OK            |
| 46           | G (43-46) |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               | Gorong-gorong |
| 47           | S (46-47) | 0.00478431 | 0.4     | 0.5  | 0.2 | 0.3  | 0.12   | 1    | 0.013 | 0.12    | 1.294456  | 0.155334724    | 0.036939027   | OK            |
| SUB SISTEM 9 |           |            |         |      |     |      |        |      |       |         |           |                |               |               |
| 48           | S (47-48) | 0.014      | 0.7     | 0.6  | 0.2 | 0.4  | 0.28   | 1.5  | 0.013 | 0.18667 | 2.972796  | 0.832383019    | 0.056609646   | OK            |

**Analisis Kapasitas Gorong-gorong rencana**

Gorong-gorong yang direncanakan berbentuk persegi, namun dimensinya disesuaikan sehingga dapat menampung debit air yang melewati gorong-gorong. Contohnya pada gorong-gorong G(15-16) direncanakan gorong-gorong dengan tinggi = 0,5 m dan lebar = 0,4 m, dengan koefisien debit ( $\mu$ ) = 0,8 untuk gorong-gorong berbentuk persegi dengan bangunan gorong-gorong tidak berada di atas saluran,

- $y = H - F$   
= 0,5 - 0,2 = 0,3 m
- $A = By$   
= 0,4 x 0,3 = 0,12 m<sup>2</sup>
- $P = B + 2y$   
= 0,3 + (2 x 0,3) = 1 m

- $R = \frac{A}{P} = \frac{0,135}{1,05} = 0,12857 \text{ m}$
- $Q_{kaps} = \mu \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$   
= 0,8  $\frac{1}{0,013}$  0,135 . 0,12857  $^{\frac{2}{3}}$  . 0.0034  $^{\frac{1}{2}}$   
= 0,12340029 m<sup>3</sup>/det
- $R = \frac{A}{P} = \frac{0,12}{1} = 0,12 \text{ m}$
- $Q_{kaps} = \mu \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$   
= 0,8  $\frac{1}{0,013}$  0,12 . 0,12  $^{\frac{2}{3}}$  . 0.05457  $^{\frac{1}{2}}$   
= 1,0628763 m<sup>3</sup>/det

Tabel 9. Perhitungan dimensi gorong-gorong eksisting

| No | Gorong-gorong | Dimensi |     | F   | y   | L   | S        | n     | μ   | A     | P    | R       | Qkapasitas | Qrencana | Keterangan |
|----|---------------|---------|-----|-----|-----|-----|----------|-------|-----|-------|------|---------|------------|----------|------------|
|    |               | B       | H   |     |     |     |          |       |     |       |      |         |            |          |            |
| 1  | G (2-4)       | 0.4     | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 7.5 | 0.0076   | 0.013 | 0.8 | 0.12  | 1    | 0.12    | 0.15662299 | 0.03421  | OK         |
| 2  | G (39-42)     | 0.45    | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 3.5 | 0.0034   | 0.013 | 0.8 | 0.135 | 1.05 | 0.12857 | 0.12340029 | 0.028681 | OK         |
| 3  | G (43-46)     | 0.5     | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 3.5 | 0.001657 | 0.013 | 0.8 | 0.15  | 1.1  | 0.13636 | 0.09955206 | 0.108688 | TIDAK OK   |

Tabel 10. Perhitungan dimensi gorong-gorong rencana

| No | Gorong-gorong | Dimensi |     | F   | y   | L    | S       | n     | μ   | A     | P    | R       | Qkapasitas | Qrencana  | Keterangan |
|----|---------------|---------|-----|-----|-----|------|---------|-------|-----|-------|------|---------|------------|-----------|------------|
|    |               | B       | H   |     |     |      |         |       |     |       |      |         |            |           |            |
| 1  | G (2-4)       | 0.4     | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.75 | 0.076   | 0.013 | 0.8 | 0.12  | 1    | 0.12    | 0.4952854  | 0.0342097 | OK         |
| 2  | G (15-16)     | 0.4     | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.35 | 0.05457 | 0.013 | 0.8 | 0.12  | 1    | 0.12    | 1.0628763  | 0.0140029 | OK         |
| 3  | G (17-18)     | 0.4     | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.35 | 0.03771 | 0.013 | 0.8 | 0.12  | 1    | 0.12    | 1.0628763  | 0.0543152 | OK         |
| 4  | G (29-30)     | 0.4     | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.4  | 0.0395  | 0.013 | 0.8 | 0.12  | 1    | 0.12    | 1.1362626  | 0.1250239 | OK         |
| 5  | G (19-25)     | 0.6     | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.4  | 0.038   | 0.013 | 0.8 | 0.24  | 1.4  | 0.17143 | 2.8825489  | 0.2412996 | OK         |
| 6  | G (22-23)     | 0.4     | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.35 | 0.03057 | 0.013 | 0.8 | 0.12  | 1    | 0.12    | 1.0628763  | 0.0231159 | OK         |
| 7  | G (26-27)     | 0.4     | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.4  | 0.04875 | 0.013 | 0.8 | 0.12  | 1    | 0.12    | 1.1362626  | 0.3104733 | OK         |
| 8  | G (39-42)     | 0.45    | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.35 | 0.034   | 0.013 | 0.8 | 0.135 | 1.05 | 0.12857 | 0.390226   | 0.036939  | OK         |
| 9  | G (43-46)     | 0.55    | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.35 | 0.01657 | 0.013 | 0.8 | 0.22  | 1.35 | 0.16296 | 0.5199663  | 0.0935487 | OK         |

**Pembahasan**

**Analisis Hidrologi**

Untuk menemukan data statistik yang menyimpang dari kumpulan datanya dilakukan analisis terhadap kualitas data berupa uji outlier. Dan dalam uji *oulier* 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) = 24,58634, Koefisien variasi (Cv) = 0,20690, Koefisien kemencengan (Cs) = 0,29428, dan Koefisien kurtosis (Ck) = 2,43149 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  $X_{TR} = 152,2986$  mm. Untuk mengetahui debit rencana digunakan persamaan rasional untuk mencari debit rencana  $Q (m^3/det) = 0,278 C I A_{dps}$ , 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(1-2), S(3-2), S(14-15), S(15-28), S(16-17), S(31-32), S(32-17), S(16-31), S(33-29), S(30-18), S(34-30), S(18-19), S(24-25), S(25-26), S(20-21), S(20-22), S(21-22), S(24-23), S(23-26).
- Perubahan dimensi saluran drainase terhadap saluran eksisting yang ada yaitu, S(27-12).
- Pembuatan gorong-gorong baru, G(15-16), G(17-18), G(29-30), G(19-25), G(22-23), G(26-27), G(43-46).

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis maka dapat disimpulkan:

1. Dari dua puluh ruas saluran eksisting yang ada terdapat satu saluran yang harus dirubah dimensinya, S(27-12).

2. Penambahan dua puluh ruas saluran yang baru, S(1-2), S(3-2), S(14-15), S(15-28), S(16-17), S(31-32), S(32-17), S(16-31), S(33-29), S(30-18), S(34-30), S(18-19), S(24-25), S(25-26), S(20-21), S(20-22), S(21-22), S(24-23), S(23-26), S(27-12).
3. Dari tiga gorong-gorong eksisting, satu perlu dilakukan perubahan dimensi yaitu G(43-46).
4. Penambahan tujuh gorong-gorong yang baru, G(15-16), G(17-18), G(29-30), G(19-25), G(22-23), G(26-27), G(43-46).

#### 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.
- Kantor Badan Pusat Statistik Kelurahan Bumi Nyiur Kota Manado. Universitas Sam Ratulangi Manado, hal 24; 84-85.
- 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.
- Subarkah, Imam., 1980. *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung, hal 44-45; 48; 55-56.
- 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.



Halaman ini sengaja dikosongkan