

PENATAAN SISTEM SALURAN DRAINASE DI KOMPLEKS WINANGUN PALM WINANGUN SATU KECAMATAN MALALAYANG KOTA MANADO

Natassa Maria Trully Runtuwene

Jeffrey S. F. Sumarauw, Eveline M. Wuisan

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: runtuwenenatassa@gmail.com

ABSTRAK

Kompleks Winangun Palm yang berada di Kelurahan Winangun Satu, Kecamatan Malalayang Kota Manado sering mengalami banjir ketika intensitas curah hujan tinggi. Beberapa titik di ruas jalan Rawasari terjadi genangan air hujan yang mengganggu aktivitas masyarakat sekitar dan masyarakat pengguna jalan tersebut.

Penataan sistem drainase yang baru perlu dilakukan agar dimensi saluran dapat menampung debit air hujan. Metode analisis yang diterapkan meliputi analisis Hidrologi dengan menggunakan distribusi log-person III. Metode Rasional digunakan untuk menghitung debit rencana. Analisis hidrolika dilakukan untuk menghitung kapasitas debit saluran eksisting dan saluran rencana dengan menggunakan rumus Manning. Kedua hasil ini dibandingkan ($Q_{kaps} > Q_{renc}$) untuk melihat kemampuan dari setiap ruas saluran.

Berdasarkan hasil analisis di kompleks Winangun Palm khususnya di ruas jalan Rawasari terdapat 5 ruas saluran eksisting yang tidak dapat menampung debit air, sehingga diperlukan perbaikan. Selain itu ditambahkan 34 ruas saluran rencana karena memang hampir sebagian besar belum memiliki saluran.

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

PENDAHULUAN

Latar belakang

Saluran Drainase adalah salah satu bangunan pelengkap pada ruas jalan dalam memenuhi salah satu persyaratan teknis prasarana jalan. Kata drainase yang berasal dari bahasa Inggris *drainage* mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalihkan air. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik air yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi, dari suatu kawasan sehingga fungsi kawasan tidak terganggu. Sistem drainase secara umum dapat diartikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi kelebihan air dari suatu kawasan sehingga kawasan tersebut dapat berfungsi secara optimal.

Ketika hujan deras mengguyur Kota Manado, banyak lokasi ruas jalan di genangi air hujan terutama di bagian bahu dan badan jalan. Seperti yang terjadi di Kompleks Winangun

Palm, Kelurahan Winangun Satu, Kecamatan Malalayang khususnya di ruas Jalan Rawasari. Genangan tersebut mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan yang berdampak pada terganggunya aktivitas masyarakat sekitar dan masyarakat pengguna jalan tersebut.

Kawasan Jalan Rawasari ini pada dasarnya sudah memiliki saluran drainase, akan tetapi saluran drainase eksisting sudah tidak berfungsi lagi secara optimal dikarenakan debit air yang melewati saluran tersebut sudah melampaui batas tinggi jagaan saluran. Pentingnya penataan kembali jaringan sistem saluran drainase di kawasan tersebut agar supaya sistem drainase yang ada dapat berfungsi dengan baik yang bertujuan mengurangi genangan dan segala akibatnya.

Rumusan Masalah

Terjadinya genangan pada beberapa titik di Kompleks Winangun Palm khususnya di ruas Jalan Rawasari, Kelurahan Winangun Satu, Kecamatan Malalayang, Kota Manado yang mengganggu aktivitas masyarakat sekitar serta merusak konstruksi jalan.

Batasan Masalah

- Perencanaan hanya di batasi sampai dimensi hidrolis prasarana drainase akibat curah hujan.
- Perhitungan konstruksi prasarana tidak dibahas.
- Akibat sedimentasi tidak dibahas.

Tujuan Penelitian

Menganalisis masalah sistem saluran drainase untuk mendapatkan sistem saluran drainase yang tepat di Kompleks Winangun Palm, khususnya di ruas Jalan Rawasari Kelurahan Winangun Satu Kecamatan Malalayang, Kota Manado.

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini untuk membantu menangani masalah sistem drainase di Kompleks Winangun Palm, khususnya di ruas Jalan Rawasari Kelurahan Winangun Satu Kecamatan Malalayang, sehingga masyarakat sekitar terbebas dari masalah genangan air dan menjadi lebih nyaman dari keadaan sebelumnya.

LANDASAN TEORI

Sistem Drainase

Drainase berasal dari bahasa Inggris “*drainage*” yang mempunyai arti mengalir, menguras, membuang, atau mengalirkan air. Drainase juga di artikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. Sistem drainase dapat di definisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan/lahan, sehingga dapat difungsikan secara optimal (Suripin, 2004).

Parameter Statistik

Untuk menyelidiki susunan data kuantitatif dari sebuah variabel statistik, maka akan sangat membantu apabila kita mendefinisikan ukuran-ukuran numerik yang menjadi ciri data tersebut. Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data (Soewarno). Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Mean (\bar{x})

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

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \tag{1}$$

dengan:

- \bar{X} = curah hujan rata-rata (mm),
- X_i = nilai curah hujan tahun pengamatan ke-*i* (mm),
- n* = jumlah data curah hujan

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

$$\overline{\log X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i \tag{2}$$

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.

2. Standar Deviasi (S)

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

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

dengan:

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

Persamaan standar deviasi untuk data pengamatan dalam nilai log adalah:

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

dengan:

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

3. Koefisien Variasi (Cv)

Koefisien variasi (*Coefficient Of Variation*) adalah nilai perbandingan antara deviasi standart dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Semakin besar nilai variasi berarti datanya kurang merata (*heterogen*). Semakin kecil berarti data pengamatan semakin merata (*homogen*). Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Cv = \frac{s}{\bar{X}} \tag{5}$$

dengan:

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

4. Koefisien Skewness (Cs)

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

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

dengan :

- \bar{X} = curah hujan rata-rata (mm),
- X_i = 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 :

$$Cs_{log} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \tag{7}$$

dengan :

- $\overline{\log X}$ = curah hujan rata-rata dalam log (mm),
- $\log xi$ = curah hujan pada tahun pengamatan ke-i dalam log (mm),
- n = jumlah data,
- S_{log} = standar deviasi
- Cs_{log} = koefisien *skewness*.

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

Bila $Cs = 0$, maka berbentuk simetris

$Cs > 0$, kurva condong ke kanan

$Cs < 0$, kurva condong ke kiri

5. 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.

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

dengan:

- \bar{X} = curah hujan rata-rata (mm),
- Ck = koefisien kurtosis,
- Xi = nilai curah hujan pada tahun pengamatan ke-i (mm).

Uji Data Outlier

Dalam suatu deretan data pengamatan terdapat data *outlier* (nilai ekstrim bawah, atas, atau kedua-duanya) dapat diketahui dengan menelaah nilai koefisien *skewness* (Cs) data pengamatan dengan nilai koefisien *skewness* syarat uji *outlier*.

Syarat-syarat untuk pengujian data *outlier* berdasarkan koefisien *skewness* (Cs_{log}) adalah sebagai berikut :

- $Cs_{log} > 0,4$; uji *outlier* tinggi, koreksi data kemudian, outlier rendah.
- $Cs_{log} < -0,4$; uji *outlier* rendah, koreksi data kemudian, outlier tinggi.
- $-0,4 < Cs_{log} < 0,4$; uji bersama *outlier* tinggi atau rendah, kemudian koreksi.

Persamaan uji *outlier* tinggi dan rendah yang digunakan adalah sebagai berikut :

a) Uji *outlier* tinggi dengan :

$$\log X_h = \overline{\log X} + K_n S_{log} \tag{9}$$

b) Uji *outlier* rendah dengan :

$$\log X_l = \overline{\log X} - K_n S_{log} \tag{10}$$

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

$$Cs_{log} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \tag{12}$$

dengan:

- $\overline{\log x}$ = nilai rata-rata log dalam pengamatan,
- Cs_{log} = koefisien *skewness* (dalam log),

- S_{log} = standart deviasi (dalam log),
- X_h = *high outlier / outlier* tinggi (log),
- X_l = *low outlier / outlier* rendah (log),
- K_n = konstanta uji Outlier (diambil dari tabel *K value test*) yang tergantung dari jumlah data yang di analisis.

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.

Distribusi Log Pearson III

Pearson telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tidak seperti konsep yang melatar belakangi pemakaian distribusi Log Normal untuk banjir puncak, maka distribusi probabilitas ini hampir tidak berbasis teori. Distribusi ini masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya. (Suripin, 2004) Tiga parameter penting dalam Log-Person III

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

Langkah-langkah penggunaan distribusi Log-Person III

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

$$\log X_T = \overline{\log x} + K S_{log} \quad (18)$$

Intensitas Curah Hujan

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

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

dengan :

- I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam),
- t = lamanya hujan (jam),
- R_{24} = curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm).

Periode Ulang

Periode ulang (*Return Period*) adalah periode waktu/tahun dimana suatu hujan

dengan jangka waktu tertentu dan intensitas tertentu berpeluang terjadi atau kemungkinan terjadinya satu kali dalam batas periode yang di tetapkan.

Dalam perencanaan drainase perkotaan, perlu ditinjau besarnya debit banjir yang dapat terjadi pada periode ulang tertentu. Acuan yang dapat digunakan antara lain standar periode ulang berdasarkan tipologi kota yang ditetapkan oleh Direktorat PLP Departemen PU, ataupun standar perencanaan drainase yang diberlakukan di propinsi Sulawesi Utara melalui Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu (P3KT).

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

Kelas Kota	CA	CA	CA	CA
	< 10 Ha	10 – 100 Ha	100 – 150 Ha	> 500 Ha
Metropolitan	2	5	10	15
Besar	2	5	5	15
Sedang	2	5	5	10
Kecil	2	2	2	5

Waktu Konsentrasi

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

Persamaan yang digunakan adalah :

$$T_c = T_l + T_s \quad (20)$$

dimana:

$$T_l = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times l \times \frac{n}{\sqrt{s}} \right] \quad (21)$$

$$T_s = \frac{L_s}{60 \times V} \quad (22)$$

dengan :

- T_c = waktu konsentrasi (menit),
- T_l = waktu 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 debit rasional persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,278 C I A_{dps} \tag{23}$$

dengan :

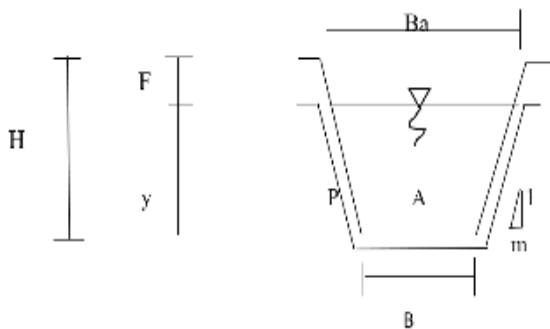
- Q = debit rencana (m³/det),
- C = koefisien *runoff*,
- I = intensitas hujan (mm/jam),
- A_{dps} = luas daerah pengaliran sungai (km²).

Analisis Hidrolika

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

Penampang Hidrolis Saluran

- Penampang berbentuk trapesium



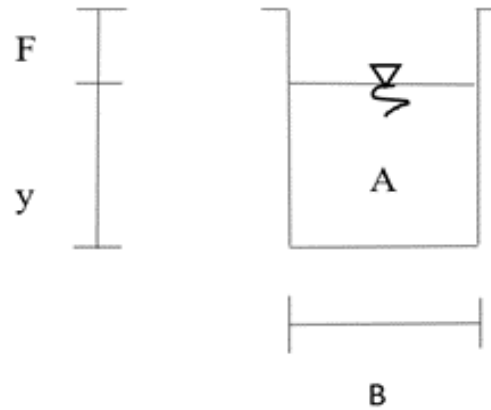
$$- A = (B + m y) y \tag{24}$$

$$- P = B + 2 y \sqrt{1 + m^2} \tag{25}$$

dengan :

- 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,
- P = keliling basah,
- A = luas penampang basah,
- H = tinggi total saluran

- Penampang persegi



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

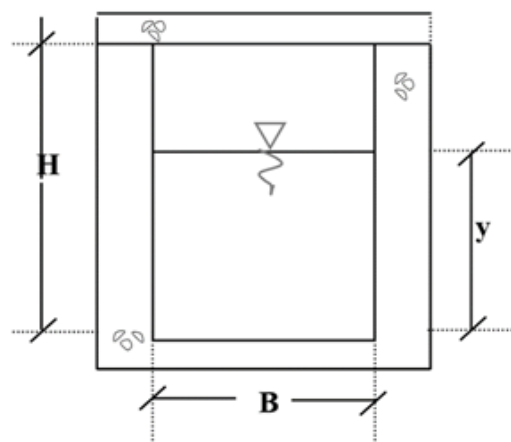
$$- P = B + 2 y \tag{27}$$

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

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 pelintas. Gorong-gorong dapat berbentuk lingkaran atau berbentuk segi empat dengan pelat beton di atasnya sebagai penutup dan penahan dari jalan raya.

- Bentuk segi empat

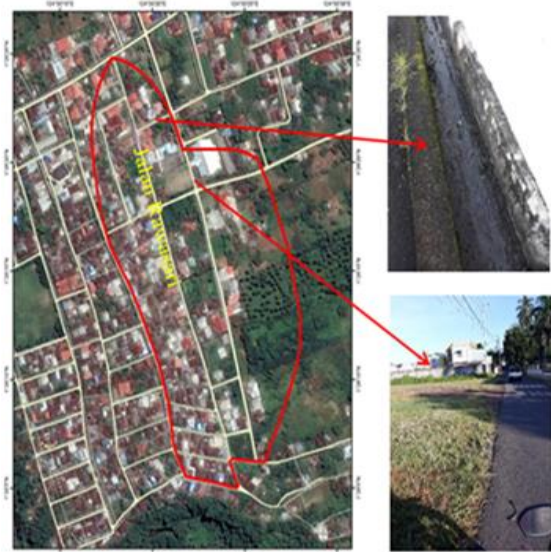
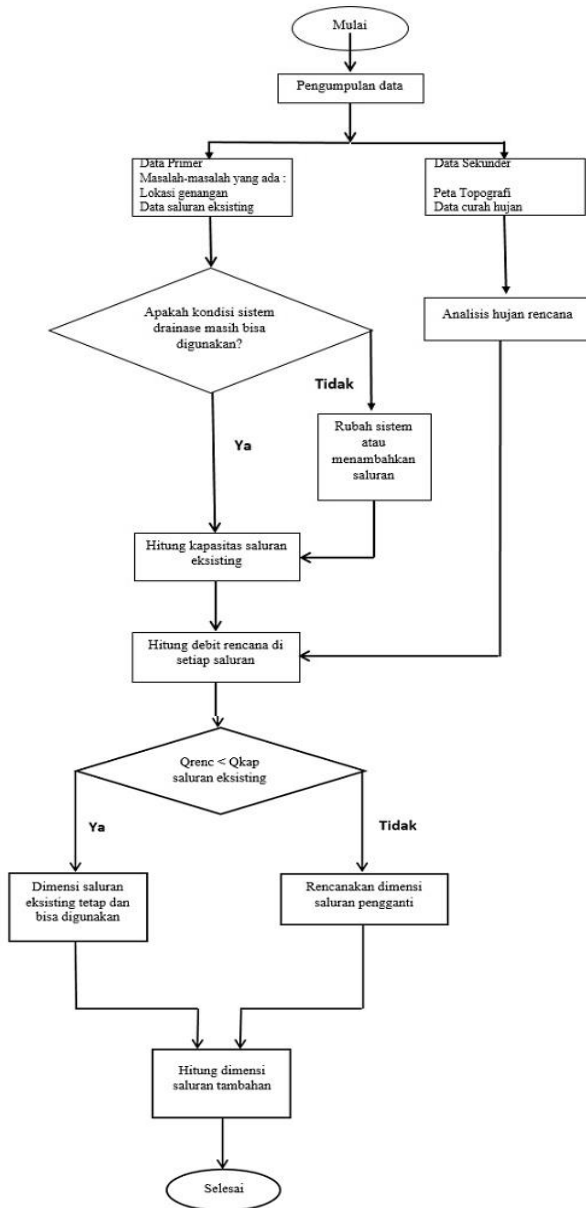


$$- A = B y \tag{29}$$

$$- P = B + 2 y \tag{30}$$

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian :



Gambar 1. Kondisi eksisting drainase

Setelah melakukan survei di lokasi penelitian maka keadaan eksisting di lokasi bisa diketahui. Dari keadaan yang ada ditemukan bahwa di beberapa lokasi penelitian tidak memiliki saluran drainase dan ada beberapa yang salurannya sudah tidak mampu menampung debit air hujan sehingga terjadi genangan air. Hal ini yang menjadi dasar untuk melakukan analisis terhadap drainase yang ada di kompleks Winangun Palm khususnya di ruas Jalan Rawasari.

ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi eksisting saluran drainase

Berdasarkan dari hasil survei yang telah dilakukan di tempat penelitian tepatnya di beberapa titik ruas Jalan Rawasari yang berada di kompleks Winangun Palm kondisi saluran drainase eksisting yang ada disana kurang baik dan perlunya penambahan saluran drainase demi kelancaran sistem drainase yang ada.



Gambar 2. Rencana sistem drainase

Analisis Hidrologi

Data curah hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi adalah data curah hujan harian maksimum pengamatan selama 24 tahun yang diperoleh dari BMKG Manado yang menggunakan pos stasiun Winangun karena lokasi penelitian berada di daerah Winangun. Data curah hujan harian maksimum dapat dilihat pada tabel.

Tabel 2. Curah hujan harian maksimum di stasiun Winangun

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

Uji data outlier

Pengujian data outlier dimulai dengan menghitung nilai-nilai parameter statistik, nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan (*Skewness*) dari data yang ada dan data pengamatan diubah dalam nilai log.

Pengujian data outlier untuk daerah penelitian Kompleks winangun palm Jalan Rawasari sebagai berikut (Tabel 3):

a. Nilai rata-rata

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log xi}{n} = \frac{50,26748}{24} = 2,09448$$

b. Standart deviasi

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum (\log xi - \overline{\log x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,47473}{23}} = 0,14367$$

Tabel 3. Analisa data outlier

M	xi (mm)	log xi	(log xi - log x̄)	(log xi - log x̄) ²	(log xi - log x̄) ³
1	59	1,77085	-0,32363	0,10473	-0,03389
2	60	1,77815	-0,31633	0,10006	-0,03165
3	83	1,91908	-0,17540	0,03077	-0,00540
4	88	1,94448	-0,15000	0,02250	-0,00337
5	93,6	1,97128	-0,12320	0,01518	-0,00187
6	98	1,99123	-0,10325	0,01066	-0,00110
7	105	2,02119	-0,07329	0,00537	-0,00039
8	111	2,04532	-0,04916	0,00242	-0,00012
9	119	2,07555	-0,01893	0,00036	-0,00001
10	124	2,09342	-0,00106	0,00000	0,00000
11	124,8	2,09621	0,00174	0,00000	0,00000
12	135,5	2,13194	0,03746	0,00140	0,00005
13	137,3	2,13767	0,04319	0,00187	0,00008
14	139	2,14301	0,04854	0,00236	0,00011
15	140	2,14613	0,05165	0,00267	0,00014
16	140	2,14613	0,05165	0,00267	0,00014
17	143	2,15534	0,06086	0,00370	0,00023
18	155,9	2,19285	0,09837	0,00968	0,00095
19	162,3	2,21032	0,11584	0,01342	0,00155
20	163	2,21219	0,11771	0,01386	0,00163
21	171	2,23300	0,13852	0,01919	0,00266
22	176,6	2,24699	0,15251	0,02326	0,00355
23	186,6	2,27091	0,17643	0,03113	0,00549
24	215,9	2,33425	0,23977	0,05749	0,01379
Σ	3131,5	50,26748	0,00000	0,47473	-0,04744
(x̄)	130,4792	2,09448			

c. Koefisien kemencengan (*Skewness*)

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

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

Uji outlier rendah

$$\log X_1 = \overline{\log x} - Kn S_{\log}$$

$$n = 24$$

$$Kn = 2,467$$

(Tabel Kn uji data outlier, Soewarno, 1995)

$$\log X_1 = 2,09448 - (2,467 \times 0,14367)$$

$$= 1,74005$$

$$X_1 = 54,96028 \text{ mm}$$

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

Uji outlier tinggi

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

$$n = 24$$

$$Kn = 2,467$$

(Tabel Kn uji data outlier, Soewarno', 1995)

$$\log X_h = 2,09448 + (2,467 \times 0,14367)$$

$$= 2,44891$$

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

Data curah hujan tertinggi yang ada yaitu 215,9 sedangkan syarat tertinggi uji outlier tinggi diperoleh 281,13042 mm, jadi tidak

terdapat data *outlier* tinggi. Maka masih menggunakan data yang tetap.

$$= \frac{24 \times 43176,16844}{(24-1)(24-2) \times 39,12025^3} = 0,034$$

Parameter statistik

Untuk mengetahui tipe distribusi yang digunakan, terlebih dahulu harus mengetahui nilai-nilai parameter statistik. Nilai-nilai parameter tersebut seperti berikut :

1. Rata-rata (*Mean*)

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{3131,5}{24} = 130,4792$$

2. Standar deviasi (Simpangan baku)

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

$$\sqrt{\frac{1}{24-1} \times 35199,05958} = 39,12025$$

3. Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*)

$$Cv = \frac{s}{\bar{X}} = \frac{39,12025}{130,4792} = 0,29982$$

4. Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*)

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

5. Koefisien Kurtosis (*Kurtosis Coefficient*)

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

$$= \frac{24^2}{(24-1)(24-2)(24-3) \times 39,12025^4} \times 135657826,7$$

$$= 3,13972$$

Analisis distribusi peluang

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

1. Distribusi Normal
Cs ≈ 0 ; Ck ≈ 3
2. Distribusi Log-Normal
Cs ≈ Cv³ + 3 CV
Ck ≈ Cv⁸ + 6 Cv⁶ + 15 Cv² + 3
3. Distribusi Gumbel
Cs ≈ 1,14 ; Ck ≈ 5,40

Bila Kriteria ke-3 (ketiga) sebaran diatas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Log Pearson III.

Tabel 4. Perhitungan parameter statistik pengamatan

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	59	1,77085	-71,47917	5109,27127	-365206,45246	26104652,88348	-0,32363	0,10473	-0,03389
2	60	1,77815	-70,47917	4967,31293	-350092,07616	24674197,78456	-0,31633	0,10006	-0,03165
3	83	1,91908	-47,47917	2254,27127	-107030,92121	5081738,94685	-0,17540	0,03077	-0,00540
4	88	1,94448	-42,47917	1804,47960	-76652,78970	3256146,62932	-0,15000	0,02250	-0,00337
5	93,6	1,97128	-36,87917	1360,07293	-50158,35641	1849798,38587	-0,12320	0,01518	-0,00187
6	98	1,99123	-32,47917	1054,89627	-34262,15168	1112806,13489	-0,10325	0,01066	-0,00110
7	105	2,02119	-25,47917	649,18793	-16540,76757	421444,97369	-0,07329	0,00537	-0,00039
8	111	2,04532	-19,47917	379,43793	-7391,13476	143973,14578	-0,04916	0,00242	-0,00012
9	119	2,07555	-11,47917	131,77127	-1512,62434	17363,66690	-0,01893	0,00036	-0,00001
10	124	2,09342	-6,47917	41,97960	-271,99283	1762,28687	-0,00106	0,00000	0,00000
11	124,8	2,09621	-5,67917	32,25293	-183,16979	1040,25175	0,00174	0,00000	0,00000
12	135,5	2,13194	5,02083	25,20877	126,56902	635,48195	0,03746	0,00140	0,00005
13	137,3	2,13767	6,82083	46,52377	317,33086	2164,46093	0,04319	0,00187	0,00008
14	139	2,14301	8,52083	72,60460	618,65170	5271,42804	0,04854	0,00236	0,00011
15	140	2,14613	9,52083	90,64627	863,02800	8216,74579	0,05165	0,00267	0,00014
16	140	2,14613	9,52083	90,64627	863,02800	8216,74579	0,05165	0,00267	0,00014
17	143	2,15534	12,52083	156,77127	1962,90691	24577,23027	0,06086	0,00370	0,00023
18	155,9	2,19285	25,42083	646,21877	16427,41958	417598,69529	0,09837	0,00968	0,00095
19	162,3	2,21032	31,82083	1012,56543	32220,67592	1025288,75819	0,11584	0,01342	0,00155
20	163	2,21219	32,52083	1057,60460	34394,18295	1118527,49141	0,11771	0,01386	0,00163
21	171	2,23300	40,52083	1641,93793	66532,69337	2695960,17920	0,13852	0,01919	0,00266
22	176,6	2,24699	46,12083	2127,13127	98105,06666	4524687,42859	0,15251	0,02326	0,00355
23	186,6	2,27091	56,12083	3149,54793	176755,25468	9919652,18874	0,17643	0,03113	0,00549
24	215,9	2,33425	85,42083	7296,71877	623291,79771	53242104,76996	0,23977	0,05749	0,01379
Σ	3131,5	50,26748	0,00000	35199,05958	43176,16844	135657826,7	1,0658E-14	4,7473E-01	-4,7440E-02
(x̄)	130,4792	2,09448							

Tabel 5. Tinjauan distribusi berdasarkan parameter statistik Debit limpasan

No	Tipe distribusi	Syarat parameter statistik	Hasil syarat parameter	Parameter hasil analisis	Keterangan
1	Distribusi Normal	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$		Tidak memenuhi
2	Distribusi Log- Normal	$Cs = Cv^3 + 3CV$ $Ck \approx Cv^8 + 6 Cv^6 + 15 Cv^2 + 3$ $Cv^4 + 16 Cv^2 + 12$	$Cs = 0,92641$ $Ck = 4,5639$	$Cs = 0,03421$ $Ck = 3,13972$	Tidak memenuhi
3	Distribusi Gumbel	$Cs \approx 1,14$ $Ck \approx 5,40$	$Cs \approx 1,14$ $Ck \approx 5,40$		Tidak memenuhi
4	Distribusi Log-Pearson III	Karena tidak ada yang memenuhi dari ketiga kriteria di atas maka tipe sebaran ini dianggap mengikuti tipe distribusi Log-Pearson III			

Tabel 6. Debit rencana

No	Saluran	Luas DPS (Km ²)	Panjang Saluran (m)	Beda Tinggi	Kemiringan Dasar Saluran (S)	Ls	LI	n	Waktu Konsentrasi				C	I	Qlimpasan (m ³ /det)	Qtambahan	Qtotol
									Tl (Mnnt)	Ts (Mnnt)	Tc (Mnnt)	Tc (Jam)					
SUB SISTEM 1																	
1	S(1-2)	0.001433	52.5	2.74	0.052190476	52.5	15	0.013	1.866472	2.1875	4.05397	0.06757	0.7	382.856	0.106763891		0.106763891
2	S(2-3)	0.000437	27.5	5	0.181818182	27.5	12.5	0.013	0.833331	1.14583	1.97916	0.03299	0.7	61.497	0.052512052	0.10676389	0.159275943
3	S(4-3)	0.000777	56.25	7	0.131985778	56.25	10	0.013	0.78246	2.34375	3.12621	0.0521	0.7	455.278	0.068840013		0.068840013
4	S(5-6)	0.001176	58.75	6	0.10202128	58.75	10	0.013	0.889977	2.44792	3.33789	0.05563	0.7	435.82	0.099737326		0.099737326
5	S(6-8)	0.000349	22.5	6	0.280933333	22.5	13.75	0.013	0.737441	0.9375	1.67494	0.02792	0.7	690.17	0.046873195	0.43461717	0.481490368
6	S(7-8)	0.000975	52.5	7	0.135659048	52.5	10	0.013	0.771794	2.1875	2.95929	0.04932	0.7	472.241	0.089600666		0.089600666
7	S(9-10)	0.001251	57.5	7	0.12173913	57.5	10	0.013	0.814725	2.39583	3.21056	0.05351	0.7	447.269	0.108855243		0.108855243
8	S(10-12)	0.000312	20	5	0.2392	20	10	0.013	0.581226	0.83333	1.41456	0.02358	0.7	772.458	0.046999958	0.67997628	0.726876255
9	S(11-12)	0.000803	50	9	0.179146	50	10	0.013	0.671618	2.08333	2.75495	0.04592	0.7	495.313	0.077399527		0.077399527
10	S(13-14)	0.001648	50	11	0.22692	50	40	0.013	2.386984	2.08333	4.47032	0.07451	0.7	358.699	0.115035094		0.115035094
11	S(14-16)	0.010224	185	3	0.016216216	185	95	0.013	21.20678	7.70833	28.9151	0.48192	0.7	103.325	0.205574674	0.91931086	1.12488553
12	S(1-4)	0.000337	22.5	1	0.039733333	22.5	22.5	0.013	3.208714	0.9375	4.14621	0.0691	0.7	377.156	0.02473399		0.02473399
13	S(5-7)	0.000306	22.5	5	0.242373333	22.5	15	0.013	0.866113	0.9375	1.80361	0.03006	0.7	656.942	0.03919309	0.02473399	0.063853299
14	S(9-11)	0.00027	20	6	0.297295	20	15	0.013	0.78203	0.83333	1.61536	0.02692	0.7	707.037	0.037149161	0.0638533	0.10100246
15	S(13-15)	0.007649	162.5	8	0.049230769	162.5	97.5	0.013	12.49143	6.77083	19.2623	0.52104	0.7	135.462	0.201634638	0.10100246	0.30267098
16	S(15-16)	0.001992	57.5	8	0.144770435	57.5	47.5	0.013	3.548784	3.95383	5.94462	0.09908	0.7	296.624	0.114498316	0.3026731	0.417621459
17	S(19-20)	0.000525	26.25	4	0.153188571	26.25	20	0.013	1.452589	1.09275	2.54634	0.04244	0.7	522.01	0.053331101		0.053331101
18	S(20-21)	0.003316	100	2	0.02	100	30	0.013	6.030207	4.16667	10.1969	0.16995	0.7	207.004	0.133578091	0.0533311	0.186909191
19	S(19-22)	0.003328	100	3	0.030332	100	30	0.013	4.896623	4.16667	9.06329	0.15105	0.7	223.923	0.145018965		0.145018965
20	S(22-21)	0.000599	27.5	1	0.019054545	27.5	20	0.013	4.118667	1.14583	3.2645	0.08774	0.7	321.651	0.03749334	0.14501897	0.182512306
21	S(17-18)	0.000668	24.75	6	0.242424242	24.75	20	0.013	1.154697	1.03125	2.18595	0.03643	0.7	577.914	0.075124596		0.075124596
22	S(18-24)	0.004025	100	8	0.0750032	100	35	0.013	3.632905	4.16667	7.79957	0.12999	0.7	247.5	0.193858163	0.0751246	0.26892759
23	S(24-25)	0.000817	32.5	0.384	0.011815385	32.5	10	0.013	2.615183	1.35417	3.96935	0.06616	0.7	388.278	0.067131654	0.2689276	0.330714413
24	S(25-26)	0.001319	37.5	1	0.035626667	37.5	40	0.013	6.024185	1.5625	7.58669	0.12644	0.7	252.109	0.064710606	0.31222672	0.577937324
25	S(27-28)	0.000329	25	6	0.25392	25	12.5	0.013	0.708552	1.04167	1.74822	0.02914	0.7	670.747	0.029245495		0.029245495
26	S(28-29)	0.000459	25	2	0.09288	25	15	0.013	1.399124	0.04167	2.44079	0.04068	0.7	536.952	0.047961317	0.0429435	0.090904812
27	S(30-29)	0.000431	25	1.79	0.0716	25	12.5	0.013	1.327943	0.04167	2.36961	0.03949	0.7	547.652	0.045923997		0.045923997
28	S(32-31)	0.000364	22.5	3	0.112888889	22.5	10	0.013	0.846058	0.9375	1.78356	0.02973	0.7	661.857	0.046882262		0.046882262
29	S(31-33)	0.001143	42.5	3	0.080470588	42.5	35	0.013	3.50732	1.77083	5.27815	0.08797	0.7	321.096	0.071420621	0.18372007	0.251540692
30	S(35-37)	0.007149	175	5	0.028571429	175	47.5	0.013	7.988285	7.29167	15.28	0.25467	0.7	158.079	0.219918971	0.25154069	0.475099663
31	S(39-41)	0.001117	35	0.988	0.028228571	35	25	0.013	4.229816	1.45833	5.68815	0.0948	0.7	305.475	0.066400481	0.47509966	0.541460144
32	S(27-30)	0.000249	17.5	2	0.342857143	17.5	10	0.013	0.485478	0.72917	1.21464	0.02024	0.7	855.047	0.041431625		0.041431625
33	S(32-34)	0.001143	37.5	2	0.053333333	37.5	37.5	0.013	4.615915	1.5625	6.17842	0.10297	0.7	289.093	0.064502356	0.04143162	0.107535981
34	S(33-34)	0.000407	27.5	4	0.134545455	27.5	17.5	0.013	1.356218	1.14583	2.50205	0.04117	0.7	528.151	0.041830752		0.041830752
35	S(35-36)	0.000549	27.5	3.7	0.134545455	27.5	20	0.013	1.549963	1.14583	2.6958	0.04493	0.7	502.533	0.0536883		0.0536883
36	S(36-38)	0.007025	170	3	0.017647059	170	40	0.013	8.559527	0.83333	15.6429	0.26071	0.7	155.625	0.21274904	0.20125303	0.414002073
37	S(37-38)	0.000861	40	0.075	0.001875	40	30	0.013	19.69457	1.66667	21.3612	0.35602	0.7	126.436	0.021184469		0.021184469
38	S(39-40)	0.000822	40	0.075	0.001875	40	25	0.013	16.41214	1.66667	18.0788	0.30131	0.7	141.311	0.022604278		0.022604278
39	S(40-42)	0.001127	35	0.988	0.028228571	35	25	0.013	4.229816	1.45833	5.68815	0.0948	0.7	305.475	0.066994935	0.45779082	0.524785755
40	S(50-51)	0.051183	275	19	0.069099099	275	207.5	0.013	28.44055	11.4583	33.8989	0.56498	0.7	92.9321	0.636269775		0.636269775
41	S(52-51)	0.003543	75	14	0.186666667	75	42.5	0.013	2.796285	3.125	5.92129	0.09869	0.7	297.403	0.210837199		0.210837199
42	S(53-54)	0.004384	75	14	0.186666667	75	52.5	0.013	3.454235	3.125	6.57923	0.10965	0.7	277.229	0.236511546		0.236511546
43	S(54-55)	0.000407	37.5	0.988	0.026346667	37.5	17.5	0.013	3.064793	1.5625	4.62729	0.07712	0.7	350.54	0.077635599	1.08361852	1.111382079
44	S(56-45)	0.000123	40	0	0.001875	40	12.5	0.013	8.206072	1.66667	9.87274	0.16455	0.7	211.51	0.00506266	2.1776798	2.182690638
45	S(57-46)	0.001029	35	0	0.011371429	35	25	0.013	6.66436	1.45833	8.12269	0.13538	0.7	240.892	0.04823705	2.18269064	2.230927688
46	S(43-44)	0.001255	35	1	0.018	35	25	0.013	5.296997	1.45833	6.75533	0.11259	0.7	272.39	0.066523957		0.066523957
47	S(44-46)	0.000896	40	2	0.05	40	25	0.013	3.178198	1.66667	4.84486	0.08075	0.7	339.965	0.06405465	0.06652396	0.112569423
48	S(47-48)	0.001137	40	2	0.05	40	30	0.013	3.813838	1.66667	5.4805	0.09134	0.7	313.143	0.069286004		0.069286004
49	S(48-49)	0.003235	75	0.833	0.011373333	75	62.5	0.013	16.6595	3.125	19.7845	0.32974	0.7	133.068	0.083770202	2.41278311	2.49653316

Perhitungan debit limpasan dilakukan dengan menggunakan persamaan rasional. Sebagai tinjauan perhitungan diambil pada ruas (2-3).

- Luas daerah pelayanan saluran (DPS) = 0,000437 Km²
- Panjang lintasan aliran di lahan (LI) = 12,5 m
- Panjang lintasan akiran di saluran (Ls) = 27,5
- Kemiringan lahan (S) = 0,181818182
- Nilai koefisien runoff = 0,7

Waktu konsentrasi

- Waktu konsentrasi di saluran

$$T_s = \frac{L_s}{60 V} = \frac{27,5}{60 \times 0,7} = 1.145 \text{ menit}$$
- Waktu konsentrasi di lahan

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

$$= \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times 12,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,181818182}} \right]$$

$$= 0,833 \text{ menit}$$
- Waktu konsentrasi total

$$T_c = T_s + T_l$$

$$= 1,145 \text{ menit} +$$

Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi dengan rumus Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{183,2}{24} \left(\frac{24}{0,03299} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 617,497 \text{ mm/jam}$$

Debit limpasan

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

$$= 0,278 \times 0,7 \times 617,497 \times 0,000437$$

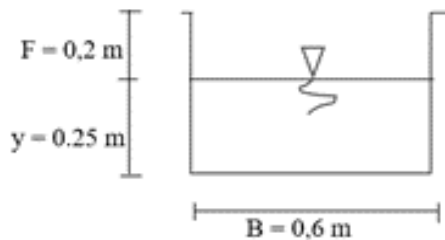
$$= 0,052512 \text{ m}^3/\text{det}$$

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 13-14). Diketahui dimensi saluran seperti gambar dibawah ini :



- Luas penampang basah
 $A = B y$
 $= 0,6 \times 0,25$
 $= 0,15 \text{ m}^2$
- Keliling basah
 $P = B + 2 y$
 $= 0,6 + 2 \times 0,25$
 $= 1,1 \text{ m}$
- Jari – jari hidrolis
 $R = A/P$
 $= 0,15/1,1$
 $= 0,1363 \text{ m}$
- Kecepatan aliran
 $V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$
 $= \frac{1}{0,013} \times 0,1363^{\frac{2}{3}} \times 0,34^{\frac{1}{2}}$
 $= 11,88307 \text{ m/det}$
- Debit rencana
 $Q = 0,278 C I A_{dps}$
 $= 0,278 \times 0,7 \times 384,1575 \times 0,001648$
 $= 0,123199 \text{ m}^3/\text{det}$

Analisis kapasitas sistem saluran rencana

Dari hasil analisis didapat saluran yang ada di Kompleks Winangun Palm Kelurahan Winangun Satu Kecamatan Malalayang Kota Manado khususnya ruas Jalan Rawasari tidak mampu menampung debit rencana. Maka perlu dibuat sistem saluran rencana baru dengan dimensi saluran sebagai berikut. Saluran perhitungan yang ditinjau ruas S(44-46).

Dari hasil perhitungan debit (Q) yang masuk pada ruas S(44-46) didapat $Q = 0,112569 \text{ m}^3/\text{det}$, maka dengan debit yang ada dilakukan penyesuaian dimensi agar dapat menampung debit yang ada. Pada saluran S(44-46) digunakan dimensi saluran seperti berikut:

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

$$B = 0,5 \text{ m}$$

Maka,

- $m = \frac{B_a - B}{2 H} = \frac{0,6 - 0,5}{2 \times 0,45} = 0,111$
- Luas penampang basah
 $A = (B + m y)y$
 $= (0,5 + 0,111 \times 0,25)0,25$
 $= 0,1319 \text{ m}^2$
- Keliling basah
 $P = B + 2 y \sqrt{1 + m^2}$
 $= 0,5 + 2 \times 0,25 \sqrt{1 + 0,111^2}$
 $= 1,0030$
- Jari – jari hidrolis
 $R = A/P$
 $= 0,1319/1,0030$
 $= 0,1315 \text{ m}$
- Kecepatan aliran
 $V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$
 $= \frac{1}{0,013} \times 0,1315^{\frac{2}{3}} \times 0,05^{\frac{1}{2}}$
 $= 4,4488 \text{ m/det}$
- Debit kapasitas
 $Q_{kaps} = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$
 $= \frac{1}{0,013} \times 0,1319 \times 0,1315^{\frac{2}{3}} \times 0,05^{\frac{1}{2}}$
 $= 0,5869 \text{ m}^3/\text{det}$
- Debit rencana
 $Q \text{ saluran (44-46)} = 0,278 C I A_{dps}$
 $= 0,278 \times 0,7 \times 339,9655 \times 0,000696 = 0,04604 \text{ m}^3/\text{det}$
 $Q_{tambahan} = 0,066523957 \text{ m}^3/\text{det}$
 $Q_{rencana} = 0,11256 \text{ m}^3/\text{det}$

Tabel 7. Perhitungan kapasitas saluran eksisting

No	Saluran	S	Dimensi			F	y	m	A	P	n	R	V (m/det)	Qkaps (m3/det)	Debit Rencana	Keterangan
			Ba	B	H											
SUB SISTEM																
1	S (1-2)	0.052190476														
2	S (2-3)	0.181818182														
3	S (4-3)	0.131985778														
4	G (3-6)															Gorong-gorong
5	S (5-6)	0.102022128														
6	S (6-8)	0.280933333														
7	S (7-8)	0.135659048														
8	G (8-10)															Gorong-gorong
9	S (9-10)	0.12173913														
10	S (10-12)	0.2392														
11	S (11-12)	0.179146														
12	G (12-14)															Gorong-gorong
13	S (13-14)	0.22692	0.6	0.6	0.45	0.2	0.25	0	0.15	1.1	0.013	0.13636	9.707903	1.456185415	0.115035094	OK
14	S (14-16)	0.016216216	0.8	0.7	0.75	0.2	0.55	0.06667	0.40517	1.80244	0.013	0.22479	3.621427	1.467281478	1.135674417	OK
15	S (1-4)	0.039733333														
16	G (4-5)															Gorong-gorong
17	S (5-7)	0.242373333														
18	G (7-9)															Gorong-gorong
19	S (9-11)	0.297295														
20	G (11-13)															Gorong-gorong
21	S (13-15)	0.049230769														
22	S (15-16)	0.144770435														
23	G (16-20)															Gorong-gorong
24	S (19-20)	0.153188571														
25	S (20-21)	0.02	0.55	0.3	0.5	0.2	0.3	0.25	0.1125	0.91847	0.013	0.12249	2.683066	0.3018449	0.186909191	OK
26	S (19-22)	0.030332														
27	S (22-21)	0.019054545	0.5	0.5	0.5	0.2	0.3	0	0.15	1.1	0.013	0.13636	2.81312	0.421968067	0.182512306	OK
28	G (21-25)															Gorong-gorong
29	S (17-18)	0.242424242														
30	S (18-24)	0.0750032														
31	S (24-25)	0.011815385	0.5	0.5	0.8	0.2	0.6	0	0.3	1.7	0.013	0.17647	2.630644	0.7891933	0.330714413	OK
32	S (25-26)	0.035626667	0.55	0.3	0.8	0.2	0.6	0.15625	0.23625	1.51456	0.013	0.15599	4.207277	0.993969205	0.577937324	OK
33	G (26-49)															Gorong-gorong
34	S (27-28)	0.25292														
35	S (28-29)	0.09288														
36	S (30-29)	0.0716														
37	G (29-31)															Gorong-gorong
38	S (32-31)	0.112888889														
39	S (31-33)	0.080470588														
40	G (33-35)															Gorong-gorong
41	S (35-37)	0.028571429														
42	G (37-39)															Gorong-gorong
43	S (39-41)	0.028228571														
44	S (27-30)	0.342857143														
45	G (30-32)															Gorong-gorong
46	S (32-34)	0.053333333														
47	S (33-34)	0.134545455														
48	G (34-36)															Gorong-gorong
49	S (35-36)	0.134545455														
50	S (36-38)	0.017647059	0.85	0.75	0.4	0.2	0.2	0.125	0.155	1.15311	0.013	0.13442	2.681428	0.415621266	0.414002073	OK
51	S (37-38)	0.001875														
52	G (38-40)															Gorong-gorong
53	S (39-40)	0.001875														
54	S (40-42)	0.028228571	0.85	0.75	0.4	0.2	0.2	0.125	0.155	1.15311	0.013	0.13442	3.391364	0.525661348	0.524785755	OK
55	S (50-51)	0.069090909	0.6	0.5	0.45	0.2	0.25	0.11111	0.13194	1.00308	0.013	0.13154	5.229639	0.690021752	0.636269775	OK
56	S (52-51)	0.186666667														
57	G (51-54)															Gorong-gorong
58	S (53-54)	0.186666667														
59	S (54-55)	0.026346667	1.15	0.75	0.9	0.2	0.7	0.22222	0.63389	2.18415	0.013	0.29022	5.47318	3.469388203	1.111382079	OK
60	G (55-56)															Gorong-gorong
61	S (56-45)	0.001875	1.15	0.75	0.9	0.25	0.65	0.22222	0.58139	2.08171	0.013	0.27928	1.423163	0.827411214	2.182690638	TIDAK OK
62	S (57-46)	0.011371429	0.8	0.7	0.9	0.25	0.65	0.05556	0.47847	2.002	0.013	0.239	3.159065	1.511524972	2.230927688	TIDAK OK
63	S (43-44)	0.018														
64	S (44-46)	0.05	0.5	0.35	0.25	0.2	0.05	0.3	0.01825	0.4544	0.013	0.04016	2.017233	0.036814502	0.112569423	TIDAK OK
65	G (46-48)															Gorong-gorong
66	S (47-48)	0.05	0.3	0.2	0.25	0.2	0.05	0.2	0.0105	0.30198	0.013	0.03477	1.832379	0.019239982	0.069286004	TIDAK OK
67	S (48-49)	0.011373333	0.8	0.7	0.6	0.25	0.35	0.08333	0.25521	1.40243	0.013	0.18198	2.634372	0.672313618	2.496553316	TIDAK OK

Tabel 8. Perhitungan kapasitas sistem saluran rencana

No	Saluran	S	Dimensi			F	y	m	A	P	n	R	V (m ³ /det)	Q _{kaps} (m ³ /det)	Debit Rencana	Keterangan
			Ba	B	H											
SUB SISTEM																
1	S (1-2)	0.052190476	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	3.376254956	0.185694023	0.106763891	OK
2	S (2-3)	0.181818182	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	6.301707779	0.346593928	0.159275943	OK
3	S (4-3)	0.131985778	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	5.369120772	0.295301642	0.068840013	OK
4	G (3-6)															Gorong-gorong
5	S (5-6)	0.102021228	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	4.720486862	0.259626777	0.099737326	OK
6	S (6-8)	0.280933333	0.35	0.3	0.4	0.2	0.2	0.0625	0.0625	0.70078	0.013	0.08919	8.138735995	0.508671	0.481490368	OK
7	S (7-8)	0.135659048	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	5.443321513	0.299382683	0.089600666	OK
8	G (8-10)															Gorong-gorong
9	S (9-10)	0.12173913	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	5.156496208	0.283607291	0.108885243	OK
10	S (10-12)	0.2392	0.55	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1875	0.0875	0.80697	0.013	0.10843	8.554687697	0.748535173	0.726876235	OK
11	S (11-12)	0.179146	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	6.255228269	0.344037555	0.077399527	OK
12	G (12-14)															Gorong-gorong
13	S (13-14)	0.22692	0.6	0.6	0.45	0.2	0.25	0	0.15	1.1	0.013	0.13636	11.88306544	1.782459816	0.123199619	OK
14	S (14-16)	0.016216216	0.8	0.7	0.75	0.2	0.55	0.06667	0.40517	1.80244	0.013	0.22479	3.621426929	1.467281478	1.135674417	OK
15	S (1-4)	0.039733333	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	2.945893929	0.162024166	0.02473399	OK
16	G (4-5)															Gorong-gorong
17	S (5-7)	0.242373333	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	7.275821283	0.400170171	0.063853299	OK
18	G (7-9)															Gorong-gorong
19	S (9-11)	0.297295	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	8.058114009	0.44319627	0.10100246	OK
20	G (11-13)															Gorong-gorong
21	S (13-15)	0.049230769	0.45	0.4	0.4	0.2	0.2	0.0625	0.0825	0.80078	0.013	0.10302	3.750898127	0.309449095	0.302637098	OK
22	S (15-16)	0.144770435	0.4	0.35	0.4	0.2	0.2	0.0625	0.0725	0.75078	0.013	0.09657	6.160461859	0.446633485	0.417621459	OK
23	G (16-20)															Gorong-gorong
24	S (19-20)	0.153188711	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	5.784326355	0.31813795	0.053331101	OK
25	S (20-21)	0.02	0.55	0.3	0.5	0.2	0.3	0.25	0.1125	0.91847	0.013	0.12249	2.68306578	0.3018449	0.186909191	OK
26	S (19-22)	0.030332	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	2.573890866	0.141563998	0.075124596	OK
27	S (22-21)	0.019054545	0.5	0.5	0.5	0.2	0.3	0	0.15	1.1	0.013	0.13636	2.813120444	0.421968067	0.182512306	OK
28	G (21-25)															Gorong-gorong
29	S (17-18)	0.242424242	0.4	0.3	0.4	0.2	0.2	0.125	0.065	0.70311	0.013	0.09245	7.743492289	0.503326999	0.182512306	OK
30	S (18-24)	0.0750032	0.4	0.3	0.4	0.2	0.2	0.125	0.065	0.70311	0.013	0.09245	4.307137567	0.279963942	0.268992759	OK
31	S (24-25)	0.011815385	0.5	0.5	0.8	0.2	0.6	0	0.3	1.7	0.013	0.17647	2.630644334	0.7891933	0.330714413	OK
32	S (25-26)	0.035626667	0.55	0.3	0.8	0.2	0.6	0.15625	0.23625	1.51456	0.013	0.15599	4.20727706	0.993969205	0.577937324	OK
33	G (26-49)															Gorong-gorong
34	S (27-28)	0.25292	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	7.432436229	0.408783993	0.042943495	OK
35	S (28-29)	0.09288	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	4.504024128	0.247721327	0.090904812	OK
36	S (30-29)	0.0716	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	3.954541306	0.217499772	0.045932997	OK
37	G (29-31)															Gorong-gorong
38	S (32-31)	0.112888889	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	4.96552536	0.273103895	0.046882262	OK
39	S (31-33)	0.080470588	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	4.192356374	0.230579601	0.041431625	OK
40	G (33-35)															Gorong-gorong
41	S (35-37)	0.028571429	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	2.498075631	0.13739416	0.105733981	OK
42	G (37-39)															Gorong-gorong
43	S (39-41)	0.028228571	0.5	0.45	0.4	0.2	0.2	0.0625	0.0925	0.85078	0.013	0.10872	2.944086542	0.272328005	0.255140692	OK
44	S (27-30)	0.342857143	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	8.653587829	0.475947331	0.041431625	OK
45	G (30-32)															Gorong-gorong
46	S (32-34)	0.053333333	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	3.413021067	0.187716159	0.105733981	OK
47	S (33-34)	0.134545455	0.4	0.3	0.6	0.2	0.4	0.08333	0.13333	1.10277	0.013	0.12091	6.899107493	0.919880999	0.541460144	OK
48	G (34-36)															Gorong-gorong
49	S (35-36)	0.134545455	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	5.420934005	0.29815137	0.0536883	OK
50	S (36-38)	0.017647059	0.85	0.75	0.4	0.2	0.2	0.125	0.155	1.15311	0.013	0.13442	2.681427521	0.415621266	0.414002073	OK
51	S (37-38)	0.001875	0.5	0.4	0.4	0.2	0.2	0.125	0.085	0.80311	0.013	0.10584	0.74527892	0.063348708	0.021184469	OK
52	G (38-40)															Gorong-gorong
53	S (39-40)	0.001875	0.35	0.25	0.4	0.2	0.2	0.125	0.055	0.65311	0.013	0.08421	0.63994145	0.03519678	0.022604278	OK
54	S (40-42)	0.028228571	0.85	0.75	0.4	0.2	0.2	0.125	0.155	1.15311	0.013	0.13442	3.391363533	0.525661348	0.524785755	OK
55	S (50-51)	0.069090909	0.6	0.5	0.45	0.2	0.25	0.11111	0.13194	1.00308	0.013	0.13154	5.229638542	0.690021752	0.636269775	OK
56	S (52-51)	0.186666667	0.5	0.4	0.45	0.2	0.25	0.11111	0.10694	0.90308	0.013	0.11842	8.014547625	0.857111343	0.210837199	OK
57	G (51-54)															Gorong-gorong
58	S (53-54)	0.186666667	0.5	0.4	0.35	0.2	0.15	0.14286	0.06321	0.70305	0.013	0.08991	6.670286073	0.42165737	0.236511546	OK
59	S (54-55)	0.026346667	1.15	0.75	0.9	0.2	0.7	0.22222	0.63389	2.18415	0.013	0.29022	5.473180338	3.469388203	1.111382079	OK
60	G (55-56)															Gorong-gorong
61	S (56-45)	0.001875	1.5	1	1.3	0.25	1.05	0.19231	1.26202	3.13848	0.013	0.40211	1.814631573	2.290099942	2.182690638	OK
62	S (57-46)	0.011371429	0.9	0.7	1.3	0.25	1.05	0.07692	0.81981	2.8062	0.013	0.29214	3.611542055	2.960769958	2.230927688	OK
63	S (43-44)	0.018	0.5	0.4	0.45	0.2	0.25	0.11111	0.10694	0.90308	0.013	0.11842	2.48875348	0.266158358	0.066523957	OK
64	S (44-46)	0.05	0.6	0.5	0.45	0.2	0.25	0.11111	0.13194	1.00308	0.013	0.13154	4.448834207	0.586998958	0.112569423	OK
65	G (46-48)															Gorong-gorong
66	S (47-48)	0.05	0.3	0.2	0.45	0.2	0.25	0.11111	0.05694	0.70308	0.013	0.08099	3.219887137	0.183354684	0.069286004	OK
67	S (48-49)	0.011373333	0.9	0.7	1.3	0.25	1.05	0.07692	0.81981	2.8062	0.013	0.29214	3.611844516	2.961017918	2.496553316	OK

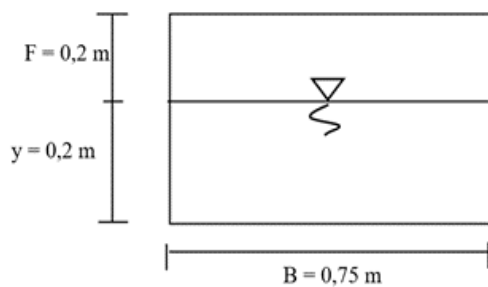
Tabel 10. Perhitungan dimensi gorong-gorong rencana

No	Gorong-gorong			F	y	S	n	μ	A	P	R	Qkapasitas	Qrencana	Keterangan
		B	H											
1	G(16-20)	1.7	1.6	0.25	1.35	0.0014245	0.013	0.8	2.295	4.4	0.52159	3.4539329	2.9101495	OK
2	G(21-25)	1.6	1.6	0.25	1.35	0.0023147	0.013	0.8	2.16	4.3	0.50233	4.0411466	3.279571	OK
3	G(26-49)	1.8	2.1	0.25	1.85	0.0012317	0.013	0.8	3.33	5.5	0.60545	5.1471209	4.4572055	OK
4	G(34-36)	0.75	0.5	0.2	0.3	0.0015987	0.013	0.8	0.225	1.35	0.16667	0.1676661	0.1475647	OK
5	G(38-40)	0.85	0.7	0.2	0.5	0.0020156	0.013	0.8	0.425	1.85	0.22973	0.4404357	0.4351865	OK
6	G(46-48)	2	2.5	0.25	2.25	0.0011832	0.013	0.8	4.5	6.5	0.69231	7.4545426	7.2299071	OK
7	G(51-54)	1	0.9	0.2	0.7	0.0021935	0.013	0.8	0.7	2.4	0.29167	0.8873018	0.847107	OK
8	G(55-56)	1.15	1.2	0.2	1	0.0010021	0.013	0.8	1.15	3.15	0.36508	1.1443482	1.1113821	OK
9	G(3-6)	0.6	0.5	0.2	0.3	0.0099001	0.013	0.8	0.18	1.2	0.15	0.311147	0.228116	OK
10	G(4-5)	0.25	0.4	0.2	0.2	0.0029164	0.013	0.8	0.05	0.65	0.07692	0.0300548	0.024734	OK
11	G(8-10)	0.8	0.6	0.2	0.4	0.0099081	0.013	0.8	0.32	1.6	0.2	0.6703661	0.571091	OK
12	G(7-9)	0.4	0.4	0.2	0.2	0.0072136	0.013	0.8	0.08	0.8	0.1	0.0900839	0.0638533	OK
13	G(12-14)	0.7	0.8	0.2	0.6	0.0079975	0.013	0.8	0.42	1.9	0.22105	0.8450257	0.8042758	OK
14	G(11-13)	0.6	0.8	0.2	0.6	0.0080033	0.013	0.8	0.36	1.8	0.2	0.6778016	0.1010025	OK
15	G(30-32)	0.6	0.8	0.2	0.6	0.0043648	0.013	0.8	0.36	1.8	0.2	0.5005527	0.0414316	OK
16	G(29-31)	0.6	0.8	0.2	0.6	0.0040859	0.013	0.8	0.36	1.8	0.2	0.484296	0.0909048	OK
17	G(33-35)	0.6	0.8	0.2	0.6	0.0057597	0.013	0.8	0.36	1.8	0.2	0.5750006	0.2980842	OK
18	G(37-39)	0.6	0.8	0.2	0.6	0.0089759	0.013	0.8	0.36	1.8	0.2	0.7178061	0.4750597	OK

Analisis kapasitas gorong-gorong eksisting

Analisis dimensi gorong-gorong yang dimaksudkan yaitu untuk mengetahui kapasitas debit air yang masuk kedalam gorong-gorong.

Untuk menghitung dimensi dan debit kapasitas ditinjau (gorong-gorong 38-40). Diketahui dimensi saluran seperti gambar dibawah ini :



$$\begin{aligned}
 A &= B y \\
 &= 0,75 \times 0,2 = 0,15 \text{ m}^2 \\
 P &= B + 2 y \\
 &= 0,75 + 2 \times 0,2 = 1,15 \text{ m} \\
 R &= A/P \\
 &= 0,15/1,15 = 0,130434
 \end{aligned}$$

Debit kapasitas :

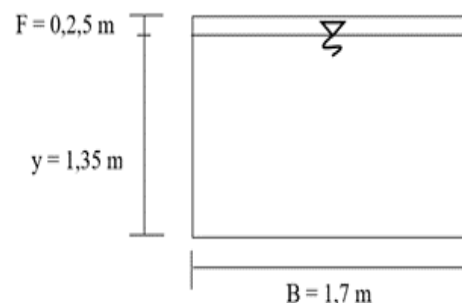
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{kaps}} &= \mu \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \\
 &= 0,8 \times \frac{1}{0,013} \times 0,15 \times 0,130434^{\frac{2}{3}} \times 0,020156^{\frac{1}{2}} \\
 &= 0,337056 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Debit rencana :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{gorong-gorong (38-40)}} &= 0,278 C I A_{\text{dps}} \\
 &= 0,278 \times 0,7 \times 126,4362 \times 0,000861 \\
 &= 0,021184 \text{ m}^3/\text{det}. \\
 Q_{\text{tambahan}} &= 0,414002 \text{ m}^3/\text{det}. \\
 Q_{\text{rencana}} &= 0,021184 + 0,414002 \\
 &= 0,435187 \text{ m}^3/\text{det}.
 \end{aligned}$$

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(16-20) direncanakan gorong-gorong dengan tinggi = 1,6 m dan lebar 1,7 m dengan koefisien debit (μ) = 0,8 untuk gorong-gorong berbentuk persegi dengan bangunan gorong-gorong tidak berada di atas saluran, maka didapat :



$$\begin{aligned}
 A &= B y \\
 &= 1,7 \times 1,35 = 2,295 \text{ m}^2 \\
 P &= B + 2 y \\
 &= 1,7 + 2 \times 1,35 = 4,4 \text{ m} \\
 R &= A/P \\
 &= 2,295/4,4 = 0,5215
 \end{aligned}$$

Debit kapasitas :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{kaps}} &= \mu \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \\
 &= 0,8 \times \frac{1}{0,013} \times 2,295 \times 0,5215^{\frac{2}{3}} \times 0,0014245^{\frac{1}{2}} \\
 &= 3,4539329 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Debit rencana :

$$Q_{\text{gorong-gorong}} (16-20) = 0,278 C I A_{\text{dps}}$$

$$= 0,278 \times 0,7 \times 296,6242 \times 0,001992$$

$$= 0,1149843 \text{ m}^3/\text{det.}$$

$$Q_{\text{tambahan}} = 0,3026371 + 1,1248855 + 0,7268762 + 0,4814903 + 0,1592759$$

$$= 2,795165 \text{ m}^3/\text{det.}$$

$$Q_{\text{rencana}} = 0,1149843 + 2,795165$$

$$= 2,91015 \text{ m}^3/\text{det.}$$

Pembahasan

Analisis Hidrologi

Dalam proses melakukan analisis hidrologi, maka diperlukan data curah hujan. Data curah hujan yang diambil yaitu data curah hujan harian maksimum dengan data pengamatan selama 24 tahun dari tahun 1993-2016 yang diambil dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Manado pada stasiun Winangun.

Dalam analisis hidrologi dilakukan uji outlier untuk mengetahui apakah ada data yang menyimpang dari data yang diambil, ternyata dalam uji outlier tidak terdapat data yang menyimpang. Setelah itu dilakukan analisis frekuensi untuk mengetahui hujan rencana dan tipe distribusi yang digunakan dengan melihat syarat-syarat tipe distribusi.

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan data yang telah dikoreksi didapat Standart Deviasi (S) = 39,12025 , Koefisien kemencengan (*Skewness Coefficient*) (Cs) = 0,034 , Koefisien kurtosis (Ck) = 3,13972 dan Koefisien variasi (Cv) = 0,29982 dengan melihat syarat-syarat distribusi maka digunakan distribusi log-Pearson III,

Hujan rencana yang ada didapat dari hasil analisis $X_{TR} = 183,2$ mm. Untuk mengetahui debit rencana digunakan persamaan rasional untuk mencari debit rencana $Q = 0,278 C I A$, karena dalam perhitungan diperlukan intensitas curah hujan dengan rumus Mononobe berdasarkan waktu konsentrasi, maka diperlukan juga waktu konsentrasi.

Analisis Hidrolika

Pada tahap ini dilakukan analisis hidrolika untuk mengetahui kondisi saluran eksisting yang ada di lokasi penelitian apakah mampu menampung debit air yang masuk di saluran tersebut dengan mengacu pada syarat bahwa $Q_{\text{kapasitas}} > Q_{\text{rencana}}$.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terhadap drainase yang ada sudah tidak mampu menampung debit air yang masuk di saluran tersebut, ini terjadi karena ada beberapa saluran di Kompleks Winangun Palm khususnya Ruas Jalan Rawasari ukuran dimensinya dangkal bahkan ada yang tidak memiliki saluran. Hal ini berbanding terbalik dengan dengan debit air yang masuk di saluran-saluran yang ada.

Maka perlu dilakukan perbaikan-perbaikan serta penambahan saluran drainase baru di lokasi penelitian dan penambahan pembuatan gorong-gorong karena banyak dari saluran yang ada fungsinya sudah tidak berjalan dengan baik, maka dengan melihat permasalahan yang ada dilakukan analisis hidrolika. Dari hasil analisis maka dilakukan:

- Membuat sistem drainase yang baru
- Pembuatan ruas saluran baru, S(1-2), S(2-3), S(1-4), S(3-4), S(5-6), S(6-8), S(5-7), S(7-8), S(9-10), S(9-11), S(10-12), S(11-12), S(13-15), S(15-16), S(17-18), S(18-23), S(19-20), S(19-22), S(43-44), S(39-41), S(39-40), S(37-38), S(37-35), S(35-36), S(33-34), S(34-32), S(33-31), S(31-32), S(30-29), S(29-28), S(28-27), S(27-30), S(52-51), S(53-54).
- Perubahan dimensi saluran drainase terhadap saluran eksisting yang ada yaitu, S(56-45), S(44-46), S(47-48), S(57-46), S(48-49).
- Pembuatan gorong-gorong baru, G(3-6), G(4-5), G(7-9), G(8-10), G(11-13), G(12-14), G(37-39), G(33-35), G(30-32), G(29-31).
- Perubahan dimensi gorong-gorong terhadap gorong-gorong eksisting yang ada yaitu, G(16-20), G(21-25), G(26-49), G(46-48), G(51-54).

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis maka disimpulkan:

1. Di Kompleks Winangun Palm Kelurahan Winangun Satu Kecamatan Malalayang Kota Manado sudah memiliki sistem drainase namun sistem tersebut tidak mampu menampung debit air yang masuk saluran, karena itu masih perlu penambahan ruas saluran serta perubahan dimensi saluran eksisting, agar bisa menampung debit air

- yang masuk di saluran dengan sistem yang direncanakan.
2. Dari lima belas saluran eksisting yang ada, lima saluran yang perlu perubahan dimensi saluran yang baru. Dari delapan gorong-gorong eksisting ada lima yang perlu dilakukan perubahan dimensi
 3. Penambahan sepuluh gorong-gorong yang baru

Saran

Perlu adanya kesadaran masyarakat untuk tidak membuang sampah di saluran drainase serta perlu adanya perawatan saluran secara rutin oleh masyarakat setempat dengan cara kerja bakti untuk membersihkan saluran dari sedimentasi dan sampah agar tidak menumpuk sehingga saluran tidak akan tersumbat.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), 2017. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Winangun, Manado.
- Chow, V. T., 1964. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*, Erlangga, Jakarta, hal 144.
- 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.
- 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; 48; 55-56; 199.
- 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; 67-68; 145.
- Triatmodjo, Bambang., 2006. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta, hal 1; 3; 206.

Halaman ini sengaja dikosongkan