

PENATAAN DRAINASE DI KAWASAN KANTOR BADAN PUSAT STATISTIK KELURAHAN BUMI NYIUR KOTA MANADO

La'la Monica

Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: monicalala.ml@gmail.com

ABSTRAK

Kawasan Kantor Badan Pusat Statistik Manado adalah kawasan yang sering mengalami genangan pada saat musim penghujan. Genangan tersebut menyebabkan kerusakan konstruksi jalan yang mengakibatkan terganggunya aktivitas masyarakat sekitar dan masyarakat pengguna jalan utama, sehingga dilakukan penataan kembali jaringan sistem drainase di kawasan tersebut.

Sistem drainase direncanakan agar tersambung ke saluran pembuangan (outlet) terdekat yaitu saluran primer. Metode analisis yang diterapkan meliputi analisis hidrologi menggunakan distribusi log-person III kemudian menghitung debit rencana dengan menggunakan metode rasional dan analisis hidrolika untuk menghitung kapasitas debit saluran eksisting dan saluran baru dengan menggunakan rumus Manning. Kedua hasil ini dibandingkan ($Q_{kaps} > Q_{renc}$) untuk melihat kemampuan dari setiap ruas saluran.

Berdasarkan hasil analisis di kawasan Kantor Badan Pusat Statistik terdapat 7 ruas saluran eksisting dan semua saluran yang ada tidak mampu menampung debit yang ada, sehingga perlu dilakukan perbaikan agar saluran yang ada mampu menampung debit yang ada. Selain itu ditambahkan 41 ruas saluran yang baru karena sebagian besar dari kawasan tersebut belum memiliki saluran sehingga menyebabkan daerah tersebut sering mengalami genangan.

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

PENDAHULUAN

Latar belakang

Drainase adalah salah satu tindakan teknis yang dapat dilakukan untuk menyalurkan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air pada suatu lahan/kawasan dengan cara mengalirkan, menguras, membuang atau mengalihkan air sehingga lahan/kawasan tersebut dapat berfungsi secara optimal.

Kawasan Kantor Badan Pusat Statistik Kelurahan Bumi Nyiur Kota Manado merupakan salah satu bagian dari Kota Manado yang sering mengalami genangan pada saat musim penghujan. Genangan tersebut menyebabkan kerusakan konstruksi jalan yang mengakibatkan terganggunya aktivitas masyarakat sekitar dan masyarakat pengguna jalan utama kawasan tersebut.

Kawasan tersebut pada dasarnya sudah memiliki sistem drainase, namun sistem drainase eksisting belum berfungsi dengan baik yang di akibatkan dari kondisi saluran yang rusak dan belum adanya saluran di beberapa tempat sehingga menyebabkan terjadinya genangan.

Pentingnya penataan kembali jaringan sistem drainase di kawasan tersebut agar supaya sistem drainase yang ada di daerah tersebut dapat berfungsi dengan baik yang bertujuan mengurangi genangan dan segala akibatnya.

Rumusan Masalah

Terjadinya genangan di beberapa titik di jalan utama kawasan Kantor Badan Pusat Statistik Kelurahan Bumi Nyiur Kota Manado yang mengganggu aktivitas masyarakat serta merusak konstruksi jalan raya.

Batasan Masalah

Perencanaan sistem drainase hanya di batasi sampai dimensi hidrolis prasarana drainase akibat curah hujan dan perhitungan konstruksi prasarana tidak dibahas.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengidentifikasi masalah sistem drainase di kawasan Kantor Badan Pusat Statistik Kelurahan Bumi Nyiur Kota Manado.

- Mendapatkan sistem drainase yang tepat untuk jalan utama kawasan Kantor Badan Pusat Statistik Kelurahan Bumi Nyiur Kota Manado.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini untuk membantu menangani masalah drainase di kawasan Kantor Badan Pusat Statistik Kelurahan Bumi Nyiur Kota Manado, 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 diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. Ada beberapa prinsip dasar yang dapat menjadi patokan dalam merencanakan sistem drainase :

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

Analisis Curah Hujan

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

Parameter Statistik

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

1. Mean (\bar{x})

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

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

dengan :

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

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

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

dengan :

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

2. Standart Deviasi (S)

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

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

dengan :

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

Persamaan standart deviasi untuk data pengamatan dalam nilai log adalah:

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

dengan :

$\log \bar{x}$ = curah hujan rata-rata dalam log (mm),
 $\log xi$ = curah hujan pada tahun pengamatan ke-i dalam log (mm),
 Slog = standart 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.

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

dengan :

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

4. Koefisien Skewness (Cs)

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

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

dengan :

\bar{x} = curah hujan rata-rata (mm),
 xi = curah hujan pada tahun pengamatan ke-i (mm),
 n = jumlah data,
 S = standart deviasi,
 Cs = koefisien Skewness.

Persamaan koefisien skewness untuk data pengamatan dalam nilai log adalah:

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

dengan :

$\log \bar{x}$ = curah hujan rata-rata dalam log (mm),
 $\log xi$ = curah hujan pada tahun pengamatan ke-i dalam log (mm),

n = jumlah data,
 Slog = standart deviasi,
 Cslog = koefisien Skewness.

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

Bila $Cs = 0$, maka berbentuk simetris
 $Cs < 0$, kurva condong kekiri
 $Cs > 0$, kurva condong kekanan

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.

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

dengan :

\bar{x} = curah hujan rata-rata (mm),
 Ck = koefisien Kurtosis,
 xi = nilai curah hujan pada tahun pengamatan ke - i (mm).

Secara teoritis bila nilai :

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

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

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

Uji Data Outlier

Sebelum data pengamatan digunakan dalam metode-metode analisis hidrologi, harus dilakukan perhitungan uji data outlier yang gunanya untuk menilai data curah hujan yang ada. Dalam hal ini akan dilihat apakah ada data yang terlampau besar atau kecil dengan menentukan batas teratas dan batas terbawah. Data yang terdapat diluar batasan nilai tersebut dinyatakan sebagai 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 (Cslog) adalah sebagai berikut :

- Cslog > 0,4 ; uji outlier tinggi, koreksi data kemudian, outlier rendah.
- Cslog < -0,4 ; uji outlier rendah, koreksi data kemudian, outlier tinggi.
- -0,4 < Cslog < 0,4 ; uji bersama outlier tinggi atau rendah, kemudian koreksi.

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

a) Uji outlier tinggi dengan :

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

b) Uji outlier rendah dengan :

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

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

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

dengan :

$\log \bar{x}$ = nilai rata-rata log data pengamatan,

C_{slog} = koefisien Skewness (dalam log),

S_{log} = standart deviasi (dalam log),

X_h = *high outlier* / outlier tinggi (dalam log),

X_l = *low outlier* / outlier rendah (dalam log),

K_n = konstanta uji Outlier (diambil dari tabel K value test) yang tergantung dari jumlah data yang dianalisis.

Analisis Distribusi Peluang

Analisis distribusi peluang adalah menentukan besaran variabel hidrologi pada periode ulang tertentu. Analisis curah hujan yang ada harus sesuai dengan tipe distribusi datanya.

Metode-metode distribusi yang umumnya dipakai adalah :

1. Distribusi Normal

Distribusi normal disebut juga dengan distribusi Gauss.

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

dengan :

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

\bar{x} = nilai rata – rata variant,

S = standart deviasi,

K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk

analisis peluang (nilai variabel Gauss).

2. Distribusi Log - Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal dengan merubah variant X menjadi logaritmik Y.

Rumus :

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

dengan :

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

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

S_{log} = standart deviasi dalam log,

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

3. Distribusi Gumbel

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

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

dengan :

\bar{x} = harga rata – rata sampel,

S = standart deviasi,

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

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

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

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

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

4. Distribusi Log Pearson III

Person telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tidak seperti konsep melatar belakang 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 (Slog)

3. Koefisien kemencengan (Cslog)

Langkah – langkah penggunaan distribusi Log-Person III

1. Ubah data kedalam bentuk logaritmis, $X = \text{Log } X$
2. Hitung harga rata – rata ($\log \bar{x}$)
3. Hitung simpangan baku (Slog)
4. Hitung koefisien kemencengan (Cslog)
5. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T.

$$\log XT = \log \bar{x} + K \times \text{Slog} \quad (18)$$

Pemilihan Tipe Distribusi

Setiap tipe distribusi memiliki sifat-sifat khas sehingga setiap data hidrologi harus di uji 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.

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 tiap tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut :

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

Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan yang berbeda-beda disebabkan lamanya curah hujan atau frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan diperoleh dengan melakukan analisis data curah hujan, baik secara statistik maupun secara empiris. Analisis intensitas curah hujan diperoleh dari data hujan yang pernah terjadi. Untuk data hujan jangka pendek dapat digunakan rumus Tallbot, Sherman, Ishiguro. 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),

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

Periode Ulang

Periode ulang (*Return Period*) adalah periode waktu / tahun dimana suatu hujan dengan jangka waktu tertentu dan intensitas tertentu berpeluang terjadi atau kemungkinan terjadinya satu kali dalam batas periode yang ditetapkan. Dalam perencanaan drainase perkotaan, perlu ditinjau besarnya debit banjir yang dapat terjadi pada periode ulang tertentu. acuan yang dapat digunakan antara lain standar periode ulang berdasarkan tipologi kota yang ditetapkan oleh Direktorat PLP Departemen PU, ataupun standar perencanaan drainase yang diberlakukan di propinsi Sulawesi Utara melalui Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu (P3KT).

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

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

Sumber : Direktorat PLP Dept PU

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 satuan (Ts).

Persamaan yang digunakan adalah :

$$Tc = Tl + Ts \quad (20)$$

Dimana :

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

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

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 rasional (Mullvaney, 1881 dan Kuichling, 1889) persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

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

dengan :

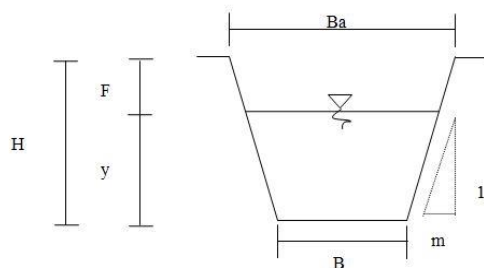
- Q = debit rencana (m³/det),
- C = koefisien run off,
- I = intensitas hujan (mm/jam),
- A_{dps} = catchment area (km²).

Analisis Hidrolika

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

Penampang Hidrolis Saluran

- Penampang berbentuk trapesium



$$- A = (B + m \times y)y \quad (24)$$

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

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

dengan :

y = kedalaman aliran, yaitu jarak vertikal dari dasar saluran yang terendah sampai permukaan,

B = lebar dasar saluran,

Ba = lebar atas saluran,

m = faktor kemiringan tebing saluran,

F = tinggi jagaan,

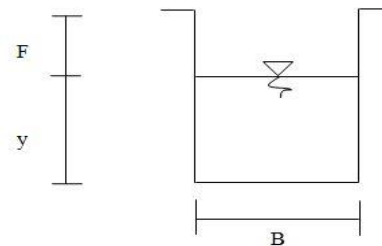
P = keliling basah,

R = jari-jari hidrolis, $R = A/P$,

A = luas penampang basah,

H = tinggi total saluran,

- Penampang persegi



$$- A = B \times y \quad (27)$$

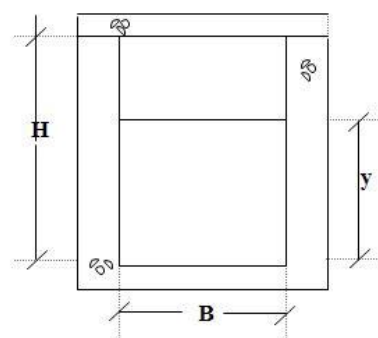
$$- P = B + 2 \times y \quad (28)$$

$$- R = \frac{B \times y}{B + 2 \times y} \quad (29)$$

Perencanaan Gorong-gorong

Gorong-gorong merupakan salah satu bangunan pelengkap dalam sistem drainase. Gorong-gorong adalah sarana penyeberangan aliran air apabila di atasnya terdapat jalan atau pelintasan. Gorong-gorong dapat berupa bois beton (lingkaran) atau *box culvert* (saluran empat persegi panjang) dengan pelat beton di atasnya sebagai penutup dan penahan dari jalan raya.

- Bentuk segi empat

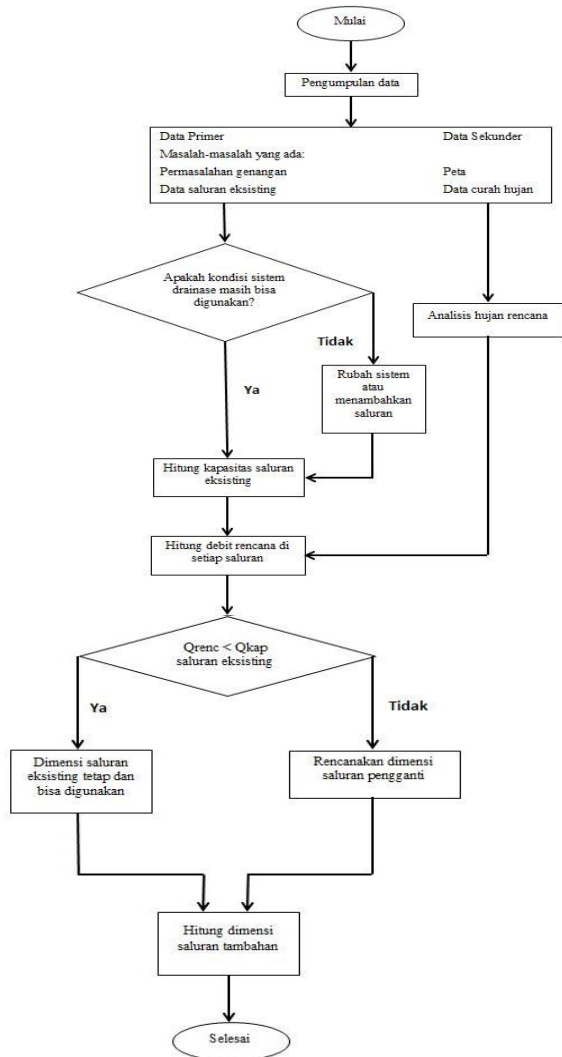


$$- A = B \times y \quad (30)$$

$$- P = B + 2 \times y \quad (31)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian :



ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi eksisting saluran drainase

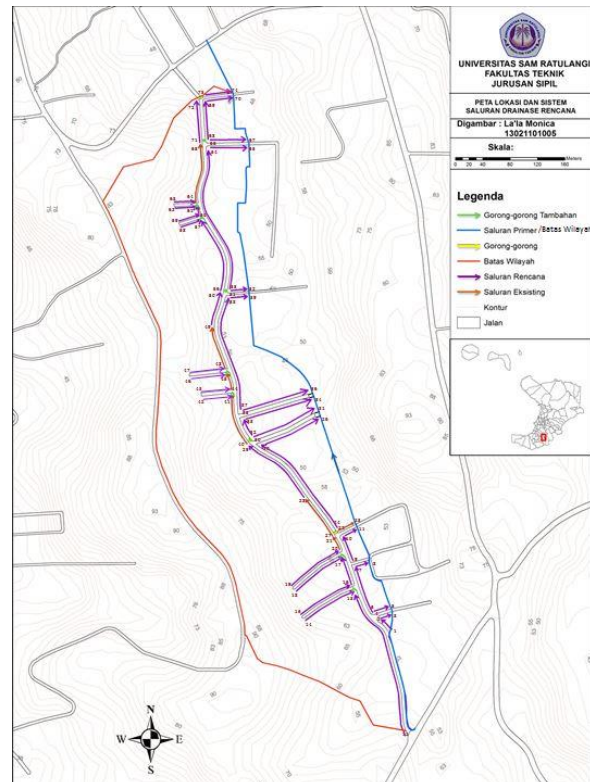
Berdasarkan dari hasil survei yang telah dilakukan di tempat penelitian Kawasan Kantor Badan Pusat Statistik, kondisi eksisting drainase yang ada di sana kurang baik. Sehingga perlu penataan kembali drainase-drainase yang bermasalah, perlu ada penambahan saluran drainase demi kelancaran sistem drainase yang ada.



Gambar 1. Kondisi eksisting drainase

Penentuan rencana sistem 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 mempunyai saluran dan saluran-saluran yang ada dangkal sehingga membuat daerah tersebut sering mengalami genangan hujan. Hal ini yang menjadi dasar untuk melakukan analisis terhadap drainase yang ada ini kawasan Kantor Badan Pusat Statistik.



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 sebagai stasiun terdekat daerah penelitian.

Tabel 2. Curah hujan harian maksimum di stasiun Winangun

Tahun	Hujan harian max (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, standart deviasi, dan koefisien kemencengan (Skewness) dari data yang ada dan data pengamatan diubah dalam nilai log. Pengujian data outlier untuk daerah pengamatan kawasan Kantor Badan Pusat Statistik 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	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			

- a. Nilai rata – rata

$$\log \bar{x} = \frac{\sum \log xi}{n} = \frac{50,26748}{24} = 2,09448$$
- b. Standart deviasi

$$Slog = \sqrt{\frac{\sum (\log xi - \log \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,47473}{23}} = 0,14367$$
- c. Koefisien kemencengan (Skewness)

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

Dari hasil perhitungan di dapat Cslog < - 0,4. Maka, uji outlier rendah kemudian koreksi data lalu uji outlier tinggi.

Uji outlier rendah

$$\log Xl = \log \bar{x} - Kn \times Slog$$

$$n = 24$$

$$Kn = 2,467 \text{ (Diambil dari tabel nilai Kn uji data outlier 'Soewarno'. Hidrologi)}$$

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

$$= 1,74005$$

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

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

Selanjutnya dilakukan uji outlier tinggi untuk mengetahui data yang ada terdapat data outlier tinggi atau tidak.

Uji outlier tinggi

$$\log Xh = \log \bar{x} + Kn \times Slog$$

$$n = 24$$

$$Kn = 2,467 \text{ (Diambil dari tabel nilai Kn uji data outlier 'Soewarno'. Hidrologi)}$$

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

$$= 2,44891$$

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

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

Parameter statistik

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

1. Rata – rata (Mean)

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

2. Standart deviasi (Simpangan baku)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{35199,05958}{24-1}} = 39,12025$$

3. Kofisien Variasi (*Variation Coefficient*)

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{39,12025}{130,4792} = 0,29982$$

4. Kofisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*)

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

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

$$Cs = 0,034$$

6. Kofisien Kurtosis (*Kirtosis Coefficient*)

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

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

$$Ck = 0,1308$$

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	-76632,78970	3256146,62932	-0,15000	0,02230	-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							

Analisis distribusi peluang

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

1. Distribusi Normal

$$Cs \approx 0 ; Ck \approx 3$$

2. Distribusi Log-Normal

$$Cs \approx Cv^3 + 3 CV$$

$$Ck \approx Cv^8 + 6 Cv^6 + 15 Cv^4 + 16 Cv^2 + 3$$

3. Distribusi Gumbel

$$Cs \approx 1,14 ; Ck \approx 5,40$$

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

Tabel 5. Tinjauan distribusi berdasarkan parameter statistik

No	Tipe distribusi	Syarat parameter statistik	Hasil syarat parameter	Parameter hasil analisis	Keterangan
1.	Distribusi Normal	Cs ≈ 0 Ck ≈ 3	Cs ≈ 0 Ck ≈ 3		Tidak Memenuhi
2.	Distribusi Log-Normal	Cs ≈ Cv ³ + 3 CV Ck ≈ Cv ⁸ + 6 Cv ⁶ + 15 Cv ⁴ + 16 Cv ² + 3	Cs = 0,92641 Ck = 4,5639	Cs = 0,03421 Ck = 0,13082	Tidak Memenuhi
3.	Distribusi Gumbell	Cs ≈ 1,14 Ck ≈ 5,40	Cs ≈ 1,14 Ck ≈ 5,40		Tidak Memenuhi
4.	Distribusi Log-Person III	Karena tidak ada yang memenuhi dari ketiga kriteria di atas maka tipe sebaran ini dianggap mengikuti tipe distribusi Log-Person III.			

Analisis debit saluran eksisting

• Catchment area

Catchment area (daerah tangkapan) merupakan luas daerah limpasan yang berpengaruh terhadap suatu saluran. Daerah

limpasan ditentukan berdasarkan kemiringan lahan yang bermuara pada saluran tertentu.

- Koefisien pengaliran (C)
Penentuan koefisien pengaliran (C) diperoleh dengan melihat penggunaan lahan pada lokasi perencanaan.
- Debit limpasan
Perhitungan debit limpasan dilakukan dengan menggunakan persamaan rasional. Sebagai contoh perhitungan tinjauan diambil pada (saluran 2 – 3).

- Luas daerah pelayanan saluran (DPS)
= 0,000054 Km²

- Panjang lintasan alirah di lahan (LL)
= 6 m

- Panjang lintasan akiran di saluran (LS)
= 6 m

- Kemiringan lahan (s)
= 0.0083333

- Nilai koefisien run off
= 0,4

■ Waktu konsentrasi

- Waktu konsentrasi di saluran

$$T_s = \frac{L_s}{60 \times V} = \frac{6}{60 \times 0,4} = 0,3 \text{ menit}$$

- Waktu konsentrasi di lahan

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

$$= \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times 6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,0083333}} \right]$$

= 1,9 menit

- Waktu konsentrasi total

$$T_c = T_s + T_l$$

$$= 0,3 \text{ menit} + 1,9 \text{ menit}$$

$$= 2,2 \text{ menit} = 0,04 \text{ jam}$$

■ Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi dengan rumus Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{183,2}{24} \left(\frac{24}{0,04} \right)^{\frac{2}{3}}$$

= 590,1 mm/jam

■ Debit limpasan

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

$$= 0,278 \times 0,4 \times 590,1 \times 0,000054$$

$$= 0,006 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 6. Debit rencana

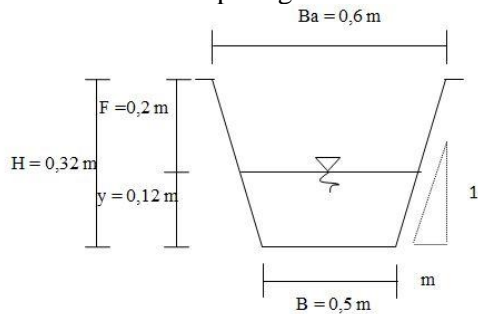
No	Saluran	Luas DPS (Km ²)	Panjang saluran (m)	Bobot Anggot	Kemiringan daerah saluran (S)	Ls	Ll	n	Waktu Konsentrasi			C	I	Olimpasan (m ³ /det)	Qambahan	Qtotal
									TL (Menit)	TS (Menit)	Tc (Jam)					
SUB SISTEM 1																
1	S (1-2)	0,000054	34,5	0,40	0,014303	6	6	0,013	1,9	0,3	0,04	0,4	590,1	0,004		0,004
2	S (2-3)	0,000063	24	0,577	0,024042	6	6	0,013	1,8	0,3	0,03	0,4	696,2	0,004	0,004	0,008
SUB SISTEM 2																
3	S (4-5)	0,00027	24	0,577	0,024167	12	24	0,013	10,6	0,5	0,13	0,4	126,0	0,006		0,006
SUB SISTEM 3																
4	S (6-7)	0,0000793	79,5	0,505	0,011584	51	12	0,013	9,6	2,1	0,08	0,4	343,6	0,005		0,005
5	S (7-8)	0,000333	23,7	0,062	0,002616	13	24	0,013	6,1	0,6	0,11	0,4	273,2	0,013	0,003	0,021
SUB SISTEM 4																
6	S (9-10)	0,00027	51,5	0,238	0,004427	27	12	0,013	3,1	1,1	0,07	0,4	375,4	0,011		0,011
7	S (10-11)	0,00027	20,3	0,065	0,003125	12	24	0,013	7,2	0,5	0,13	0,2	245,9	0,004	0,011	0,015
SUB SISTEM 5																
8	S (12-13)	0,013576	339	6,143	0,026709	150	204	0,013	14,0	6,3	0,34	0,2	131,0	0,135		0,135
9	S (14-15)	0,00432	93,6	11,167	0,112306	87	90	0,013	4,2	3,6	0,14	0,4	234,1	0,112		0,112
10	S (15-16)	0,003564	93,6	11,167	0,112306	87	90	0,013	4,8	3,6	0,14	0,4	235,3	0,093		0,093
11	S (16-17)	0,000653	47,5	0,354	0,007453	27	27	0,013	4,0	1,1	0,09	0,4	323,0	0,023	0,341	0,367
12	S (18-17)	0,003312	39	11,005	0,123663	90	102	0,013	5,5	3,3	0,15	0,4	320,4	0,051		0,051
13	S (19-20)	0,003465	59	11,005	0,123652	90	37	0,013	4,4	3,3	0,14	0,4	229,6	0,092		0,092
14	S (20-21)	0,000261	30,2	0,123	0,004233	9	21	0,013	3,7	0,4	0,05	0,4	456,8	0,013	0,540	0,553
15	S (22-23)	0,000324	20,3	0,065	0,003125	10,5	39	0,013	6,6	0,4	0,12	0,15	264,9	0,004	0,553	0,557
SUB SISTEM 6																
16	S (24-25)	0,003262	173	0,459	0,002579	54	27	0,013	5,6	2,3	0,13	0,15	245,6	0,035		0,035
17	S (25-26)	0,00153	26	0,345	0,003594	45	42	0,013	14,1	1,9	0,27	0,4	153,3	0,026	0,035	0,111
SUB SISTEM 7																
18	S (27-28)	0,013592	70	0,225	0,003214	54	165	0,013	10,7	2,3	0,22	0,4	177,0	0,367		0,367
19	S (28-29)	0,014225	111	0,244	0,002108	105	156	0,013	9,2	4,4	0,23	0,2	179,3	0,142	0,267	0,410
20	S (29-31)	0,001647	96	0,345	0,003594	57	36	0,013	2,1	3,4	0,03	0,4	336,3	0,063	0,410	0,473
SUB SISTEM 8																
21	S (32-33)	0,000351	59	0,131	0,003063	21	18	0,013	2,6	0,9	0,06	0,15	434,7	0,006		0,006
22	S (33-34)	0,001278	107	0,203	0,001944	75	13	0,013	3,3	3,1	0,10	0,4	297,0	0,042	0,006	0,048
SUB SISTEM 9																
23	S (35-36)	0,001503	107	0,206	0,001925	51	27	0,013	5,6	2,1	0,13	0,4	248,2	0,041		0,041
SUB SISTEM 10																
24	S (37-38)	0,003334	134	1,074	0,005337	147	48	0,013	13,2	6,1	0,31	0,4	140,0	0,033		0,033
25	S (38-39)	0,000342	29	1,135	0,009138	13	21	0,013	3,9	0,6	0,07	0,4	327,3	0,014	0,033	0,066
SUB SISTEM 11																
26	S (40-41)	0,011268	34	0,315	0,009702	72	129	0,013	7,1	3,0	0,17	0,4	207,7	0,260		0,260
27	S (42-41)	0,002016	36	4,123	0,114533	45	66	0,013	3,7	1,2	0,09	0,4	309,7	0,069		0,069
28	S (43-44)	0,001449	36	4,124	0,114556	45	63	0,013	3,6	1,9	0,09	0,4	315,1	0,031		0,031
29	S (44-45)	0,000222	31,6	0,238	0,002114	9	21	0,013	1,9	0,4	0,04	0,4	557,1	0,016	0,331	0,396
30	S (46-45)	0,001025	42,3	4,36	0,103073	57	45	0,013	3,2	2,4	0,09	0,4	308,0	0,035		0,035
31	S (47-48)	0,001354	42,3	4,35	0,102937	57	45	0,013	6,1	2,4	0,14	0,4	234,8	0,043		0,043
32	S (48-49)	0,003474	61	0,1	0,001639	45	99	0,013	3,9	1,9	0,13	0,4	245,2	0,046	0,430	0,576
33	S (49-50)	0,004725	31,5	0,132	0,002263	21	96	0,013	2,5	0,9	0,11	0,4	234,4	0,149	0,576	0,725
34	S (51-52)	0,000216	29	1,134	0,009103	13	18	0,013	3,1	0,5	0,06	0,4	416,7	0,010	0,725	0,735
SUB SISTEM 12																
35	S (53-54)	0,003474	222,5	1,293	0,005334	99	27	0,013	6,7	4,1	0,13	0,4	128,4	0,077		0,077
36	S (54-55)	0,001278	33,1	0,12	0,002065	30	33	0,013	6,2	1,3	0,12	0,4	234,7	0,036	0,077	0,113
SUB SISTEM 13																
37	S (56-57)	0,010395	115,3	0,733	0,006330	60	132	0,013	3,6	2,3	0,19	0,4	195,4	0,226		0,226
38	S (58-57)	0,003376	42,3	6,07	0,164773	36	96	0,013	3,3	1,3	0,12	0,4	257,3	0,063		0,063
39	S (59-60)	0,002038	42,3	6,05	0,164303	39	96	0,013	3,3	1,4	0,11	0,4	273,3	0,063		0,063
40	S (60-61)	0,000099	23,5	0,193	0,003426	6	15	0,013	1,2	0,3	0,02	0,4	771,3	0,003	0,357	0,366
41	S (62-61)	0,001262	42,3	2,653	0,062719	36	20	0,013	5,1	1,5	0,11	0,4	277,7	0,061		0,061
42	S (63-64)	0,002961	42,3	2,652	0,062695	36	102	0,013	6,1	1,5	0,13	0,4	251,7	0,033		0,033
43	S (64-65)	0,005921	34,3	0,367	0,004328	39	132	0,013	3,3	1,6	0,17	0,4	203,6	0,161	0,509	0,670
44	S (66-67)	0,000333	33,1	0,068	0,001170	33	12	0,013	1,5	1,4	0,05	0,4	435,3	0,013	0,670	0,683
SUB SISTEM 14																
45	S (68-69)	0,00127	64	0,265	0,004141	51	24	0,013	3,9	2,1	0,10	0,4	225,3	0,042		0,042
46	S (69-70)	0,000279	43	0,32	0,010333	15	15	0,013	2,5	0,6	0,05	0,4	439,1	0,014	0,042	0,056
SUB SISTEM 15																
47	S (71-72)	0,002223	65,5	0,271	0,004137	36	75	0,013	4,3	1,5	0,10	0,4	236,4	0,071		0,071
48	S (73-74)	0,000463	65,5	0,323	0,010326	15	15	0,013	2,1	0,6	0,05	0,4	493,1	0,026	0,071	0,097

Analisis Hidrolika

- Analisis kapasitas saluran eksisting

Analisis dimensi saluran yang dimaksudkan yaitu untuk mengetahui kapasitas debit air yang masuk ke dalam saluran.

Untuk menghitung dimensi dan debit kapasitas ditinjau (saluran 20 – 21). Diketahui dimensi saluran seperti gambar dibawah ini :



- $y = H - F$
 $= 0,32 - 0,2$
 $= 0,12 \text{ m}$
- $m = \frac{Ba - B}{2 \times H} = \frac{0,6 - 0,5}{2 \times 0,32} = 0,15625$
- Luas penampang basah
 $A = (B + m \times y)y$
 $= (0,5 + 0,15625 \times 0,12) \times 0,12$
 $= 0,06225 \text{ m}^2$
- Keliling basah
 $P = B + 2 \times y \sqrt{1 + m^2}$
 $= 0,5 + 2 \times 0,12 \sqrt{1 + 0,15625^2}$
 $= 0,74291 \text{ m}$
- Jari – jari hidrolis
 $R = A/P$
 $= 0,06225 / 0,74291$
 $= 0,08379 \text{ m}$
- Kecepatan aliran
 $V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
 $= \frac{1}{0,013} \times 0,08379^{\frac{2}{3}} \times 0,004238^{\frac{1}{2}}$
 $= 0,9589 \text{ m/det}$
- Debit kapasitas
 $Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
 $= \frac{1}{0,013} \times 0,06225 \times 0,08379^{\frac{2}{3}} \times 0,004238^{\frac{1}{2}}$
 $= 0,0597 \text{ m}^3/\text{det}$
- Debit rencana
 $Q = 0,278 \times C_x \times I_x \times A_{dps}$

$$= 0,55324319 \text{ m}^3/\text{det}$$

- Analisis kapasitas sistem saluran rencana

Dari hasil analisis didapat saluran yang ada di Kawasan Kantor Badan Pusat Statistik Kelurahan Bumi Nyiur Kota Manado tidak mampu menampung debit rencana. Maka perlu dibuat sistem saluran rencana baru yang mampu menampung debit rencana dengan dimensi saluran sebagai berikut. Saluran yang ditinjau sebagai contoh perhitungan (saluran 20 – 21).

Dari hasil perhitungan debit (Q) yang masuk pada saluran S(20–21) didapat $Q = 0,55324 \text{ m}^3/\text{det}$, maka dengan debit yang ada dilakukan penyesuaian dimensi agar dapat menampung debit yang ada. Pada saluran S(20–21) digunakan dimensi saluran seperti berikut :

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

$$B = 0,45 \text{ m}$$

$$H = 1 \text{ m}$$

Maka,

- $y = H - F$
 $= 1 - 0,2 = 0,8 \text{ m}$
- $m = \frac{Ba - B}{2 \times H} = \frac{0,6 - 0,45}{2 \times 1} = 0,075$
- Luas penampang basah
 $A = (B + m \times y)y$
 $= (0,45 + 0,075 \times 0,8) \times 0,8 = 0,408 \text{ m}^2$
- Keliling basah
 $P = B + 2 \times y \sqrt{1 + m^2}$
 $= 0,45 + 2 \times 0,8 \sqrt{1 + 0,075^2}$
 $= 2,05449 \text{ m}$
- Jari – jari hidrolis
 $R = A/P$
 $= 0,408 / 2,05449 = 0,19859 \text{ m}$
- Kecepatan aliran
 $V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
 $= \frac{1}{0,013} \times 0,19859^{\frac{2}{3}} \times 0,004238^{\frac{1}{2}}$
 $= 1,7046 \text{ m/det}$
- Debit kapasitas
 $Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
 $= \frac{1}{0,013} \times 0,408 \times 0,19859^{\frac{2}{3}} \times 0,004238^{\frac{1}{2}}$
 $= 0,6955 \text{ m}^3/\text{det}$
- Debit rencana
 $Q = 0,278 \text{ C.I.A}_{dps}$
 $= 0,55324319 \text{ m}^3/\text{det}$

Tabel 7. Perhitungan kapasitas saluran eksisting

No	Saluran	S	Dimensi			r	y	m	A	P	n	K	V (m/det)	Q(kapas (m³/det)	Debit rencana	Keterangan
			Ba	B	H											
SUB SISTEM 1																
1	S (1 - 2)	0,014205	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0035456	
2	S (2 - 3)	0,024042	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,007795	
SUB SISTEM 2																
3	S (4 - 5)	0,024167	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0035541	
SUB SISTEM 3																
4	S (6 - 7)	0,011384	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0030265	
5	S (7 - 8)	0,002616	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0007955	
SUB SISTEM 4																
6	S (9 - 10)	0,004427	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0112697	
7	S (10 - 11)	0,003125	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0149309	
SUB SISTEM 5																
8	S (12 - 13)	0,026709	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13532	
9	S (14 - 15)	0,119306	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1124557	
10	G (13 - 16)															jarang-jarang
11	S (15 - 16)	0,119306	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0934683	
12	S (16 - 17)	0,007455	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3663157	
13	S (18 - 17)	0,123663	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0811367	
14	G (17 - 20)															jarang-jarang
15	S (19 - 20)	0,123663	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,092213	
16	S (20 - 21)	0,004256	0,6	0,5	0,32	0,2	0,12	0,1965	0,0613	0,7429	0,013	0,0835	0,9389	0,0597	0,5532432	TIDAK OK
17	G (21 - 22)															jarang-jarang
18	S (22 - 23)	0,003125	0,7	0,7	0,65	0,2	0,45	0	0,315	1,6	0,013	0,1969	1,4553	0,4564	0,5568214	TIDAK OK
SUB SISTEM 6																
19	S (24 - 25)	0,002979	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0546166	
20	S (25 - 26)	0,003594	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1106967	
SUB SISTEM 7																
21	S (27 - 28)	0,003214	0,61	0,55	0,34	0,2	0,14	0,0662	0,0767	0,8311	0,013	0,0947	0,9063	0,0714	0,2674664	TIDAK OK
22	S (28 - 29)	0,002108	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4093067	
23	G (29 - 30)															jarang-jarang
24	S (30 - 31)	0,003594	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4748607	
SUB SISTEM 8																
25	S (32 - 33)	0,003096	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0062164	
26	S (33 - 34)	0,001944	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0484514	
SUB SISTEM 9																
27	S (35 - 36)	0,001925	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0414879	
SUB SISTEM 10																
28	S (37 - 38)	0,005637	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0526699	
29	S (38 - 39)	0,003125	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0662329	
SUB SISTEM 11																
30	S (40 - 41)	0,009702	0,67	0,52	0,32	0,2	0,12	0,2344	0,0656	0,7665	0,013	0,0835	1,4741	0,0970	0,2802961	TIDAK OK
31	S (42 - 43)	0,114553	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0894517	
32	G (43 - 44)															jarang-jarang
33	S (43 - 44)	0,114553	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,050777	
34	S (44 - 45)	0,009114	0,67	0,52	0,32	0,2	0,12	0,2344	0,0656	0,7665	0,013	0,0835	1,4267	0,0940	0,3961171	TIDAK OK
35	S (46 - 45)	0,103073	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0354482	
36	G (45 - 48)															jarang-jarang
37	S (47 - 48)	0,102637	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0484002	
38	S (48 - 49)	0,001639	0,67	0,52	0,32	0,2	0,12	0,2344	0,0656	0,7665	0,013	0,0835	0,60993	0,0399	0,5758885	TIDAK OK
39	S (49 - 50)	0,002563	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7233031	
40	G (50 - 52)															jarang-jarang
41	S (51 - 52)	0,039103	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7353122	
SUB SISTEM 12																
42	S (53 - 54)	0,005834	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0766456	
43	S (54 - 55)	0,002066	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1128408	
SUB SISTEM 13																
44	S (56 - 57)	0,006330	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2236161	
45	S (58 - 57)	0,184775	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0661266	
46	G (57 - 60)															jarang-jarang
47	S (59 - 60)	0,184303	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0634499	
48	S (60 - 61)	0,003426	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3633336	
49	S (62 - 61)	0,082719	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0609971	
50	G (61 - 64)															jarang-jarang
51	S (63 - 64)	0,062695	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,032369	
52	S (64 - 65)	0,004326	0,63	0,47	0,4	0,2	0,1	0,102	0,6779	0,013	0,1162	1,20491	0,1229	0,6999966	TIDAK OK	
53	S (65 - 66)															jarang-jarang
54	S (66 - 67)	0,001170	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,667667	
SUB SISTEM 14																
55	S (68 - 69)	0,004141	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0417049	
56	S (69 - 70)	0,010635	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0939497	
SUB SISTEM 15																
57	S (71 - 72)	0,004137	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0707639	
58	S (72 - 73)															jarang-jarang
59	S (73 - 74)	0,010896	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09633	

Tabel 9. Perhitungan dimensi gorong-gorong eksisting

No	Gorong-gorong	Dimensi		F	y	S	L	n	μ	A	P	R	Qkapsitas	Qrencana	Keterangan
		B	H												
3	G (21 - 22)	1	0,6	0,2	0,4	0,00222222	4,5	0,013	0,8	0,40	1,80	0,222222	0,425721	0,55324319	TIDAK OK
11	G (72 - 73)	1	0,8	0,2	0,6	0,00355556	4,5	0,013	0,8	0,60	2,20	0,272727	0,925914	0,07078588	OK

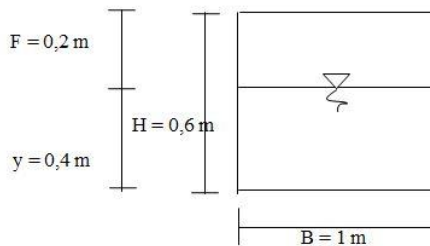
Tabel 10. Perhitungan dimensi gorong-gorong rencana

No	Gorong-gorong	Dimensi		F	y	S	L	n	μ	A	P	R	Qkapsitas	Qrencana	Keterangan
		B	H												
1	G (13 - 16)	0,6	0,8	0,2	0,6	0,00888889	4,5	0,013	0,8	0,36	1,80	0,2	0,71432	0,24777369	OK
2	G (17 - 20)	0,6	0,8	0,2	0,6	0,00888889	4,5	0,013	0,8	0,36	1,80	0,2	0,71432	0,44767239	OK
3	G (21 - 22)	1	0,8	0,2	0,6	0,00222222	4,5	0,013	0,8	0,60	2,20	0,272727	0,731999	0,55324319	OK
4	G (29 - 30)	0,6	0,8	0,2	0,6	0,00311111	4,5	0,013	0,8	0,36	1,80	0,2	0,422597	0,40950665	OK
5	G (41 - 44)	0,6	0,8	0,2	0,6	0,00888889	4,5	0,013	0,8	0,36	1,80	0,2	0,71432	0,32972788	OK
6	G (45 - 48)	0,6	0,8	0,2	0,6	0,00888889	4,5	0,013	0,8	0,36	1,80	0,2	0,71432	0,43156533	OK
7	G (50 - 51)	0,6	0,9	0,2	0,7	0,01111111	4,5	0,013	0,8	0,42	2,00	0,21	0,962545	0,7253031	OK
8	G (57 - 60)	0,6	0,8	0,2	0,6	0,00888889	4,5	0,013	0,8	0,36	1,80	0,2	0,71432	0,29394462	OK
9	G (61 - 64)	0,6	0,8	0,2	0,6	0,00888889	4,5	0,013	0,8	0,36	1,80	0,2	0,71432	0,42648271	OK
10	G (65 - 66)	1	0,8	0,2	0,6	0,00244444	4,5	0,013	0,8	0,60	2,20	0,272727	0,767727	0,66989665	OK
11	G (72 - 73)	1	0,8	0,2	0,6	0,00355556	4,5	0,013	0,8	0,60	2,20	0,272727	0,925914	0,07078588	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 21 - 22). Diketahui dimensi saluran seperti gambar dibawah ini :

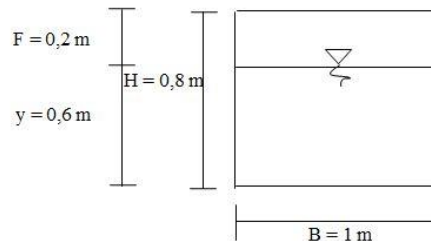


- $y = H - F$
= $0,6 - 0,2 = 0,4 \text{ m}$
- $A = B \times y$
= $1 \times 0,4 = 0,4 \text{ m}^2$
- $P = B + 2 \times y$
= $1 + 2 \times 0,4 = 1,8 \text{ m}$
- $R = A/P$
= $0,4 / 1,8 = 0,222222$
- $Q_{kaps} = \mu \times \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
= $0,8 \times \frac{1}{0,013} \times 0,4 \times 0,222222^{\frac{2}{3}} \times 0,00222222^{\frac{1}{2}}$
= $0,425721 \text{ m}^3/\text{det}$
- $Q_{ren} = 0,278 \times C_x \times I_x \times A_{dps}$
= $0,55324319 \text{ m}^3/\text{det}$

• Analisis kapasitas gorong-gorong rencana

Gorong-gorong yang direncanakan berbentuk persegi (*plat duicker*), namun dimensinya disesuaikan sehingga dapat

menampung debit air yang melewati gorong-gorong. Contohnya pada gorong-gorong G(21-22) direncanakan gorong-gorong dengan tinggi = 0,8 m dan lebar = 1 m, dengan koefisien debit (μ) = 0,8 untuk gorong-gorong berbentuk persegi dengan bangunan gorong-gorong tidak berada di atas saluran, maka didapat :



- $y = H - F$
= $0,8 - 0,2$
= $0,6 \text{ m}$
- $A = B \times y$
= $1 \times 0,6$
= $0,6 \text{ m}^2$
- $P = B + 2 \times y$
= $1 + 2 \times 0,6$
= $2,2 \text{ m}$
- $R = A/P$
= $0,6 / 2,2$
= $0,272727$
- $Q_{kaps} = \mu \times \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
= $0,8 \times \frac{1}{0,013} \times 0,6 \times 0,272727^{\frac{2}{3}} \times 0,00222222^{\frac{1}{2}}$
= $0,731999 \text{ m}^3/\text{det}$
- $Q_{ren} = 0,278 \times C_x \times I_x \times A_{dps}$
= $0,55324319 \text{ m}^3/\text{det}$

Pembahasan

• Survei lokasi

Survei lokasi yaitu dimana melakukan survei genangan yang terjadi pada lokasi penelitian dan melihat kondisi saluran eksisting yang ada. Serta melakukan wawancara dengan masyarakat setempat untuk mengetahui secara pasti bahwa lokasi penelitian Kawasan Kantor Badan Pusat Statistik sering terjadi genangan setiap kali hujan turun. Lokasi penelitian ini berada jauh dari sungai dan pantai sehingga lokasi pembuangan (outlet) merupakan saluran primer terdekat.

• 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, karena merupakan stasiun yang berada paling dekat dengan lokasi penelitian. 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*) (C_s) = 0,034, Koefisien kurtosis (C_k) = 0,1308, dan Koefisien variasi (C_v) = 0,29982 dengan melihat syarat-syarat distribusi maka digunakan distribusi log-person III, karena data yang ada tidak memenuhi ketiga distribusi yang ada, ketiga distribusi tersebut yaitu :

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log Normal
3. Distribusi Gumbel

Hujan rencana yang ada didapat dari hasil analisis adalah $X_{TR} = 183,2$ 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 perhitungan 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 $Q_{kapasitas} > Q_{rencana}$. 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 Kawasan Kantor Badan Pusat Statistik ukuran dimensi salurannya dangkal bahkan ada yang tidak mempunyai saluran. Hal ini berbanding terbalik 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(4-5), S(6-7), S(7-8), S(9-10), S(10-11), S(12-13), S(14-13), S(15-16), S(16-17), S(18-17), S(19-20), S(24-25), S(25-26), S(28-29), S(30-31), S(32-33), S(33-34), S(35-36), S(37-38), S(38-39), S(42-41), S(43-44), S(46-45), S(47-48), S(49-50), S(51-52), S(53-54), S(54-55), S(56-57), S(58-57), S(59-60), S(60-61), S(62-61), S(63-64), S(66-67), S(68-69), S(69-70), S(71-72), S(73-74).
- Perubahan dimensi saluran drainase terhadap saluran eksisting yang ada yaitu, S(20-21), S(22-23), S(27-28), S(40-41), S(44-45), S(48-49), S(64-65).
- Pembuatan gorong-gorong baru, G(13-16), G(17-20), G(29-30), G(41-44), G(45-48), G(50-51), G(57-60), G(61-64), G(65-66).
- Perubahan dimensi gorong-gorong terhadap gorong-gorong eksisting yang ada yaitu, G(21-22).

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis maka disimpulkan :

1. Di Kawasan Kantor Badan Pusat Statistik Kelurahan Bumi Nyiur Kota Manado sudah memiliki sistem drainase namun sistem itu tidak mampu menampung debit air yang masuk di saluran, karena itu masih perlu penambahan saluran yang baru dan serta

- perubahan dimensi saluran eksisting, agar bisa menampung debit air yang masuk di saluran dengan mempertahankan sistem yang ada.
2. Dari tujuh ruas saluran eksisting yang ada semuanya harus dibuat perubahan dimensi saluran yang baru, S(20-21), S(22-23), S(27-28), S(40-41), S(44-45), S(48-49), S(64-65).
 3. Penambahan empat puluh satu ruas saluran yang baru, S(1-2), S(2-3), S(4-5), S(6-7), S(7-8), S(9-10), S(10-11), S(12-13), S(14-13), S(15-16), S(16-17), S(18-17), S(19-20), S(24-25), S(25-26), S(28-29), S(30-31), S(32-33), S(33-34), S(35-36), S(37-38), S(38-39), S(42-41), S(43-44), S(46-45), S(47-48), S(49-50), S(51-52), S(53-54), S(54-55), S(56-57), S(58-57), S(59-60), S(60-61), S(62-61), S(63-64), S(66-67), S(68-69), S(69-70), S(71-72), S(73-74).
 4. Dari dua gorong-gorong eksisting ada satu yang harus dilakukan perubahan dimensi yaitu G(21-22).
 5. Penambahan sembilan gorong-gorong yang baru, G(13-16), G(17-20), G(29-30), G(41-44), G(45-48), G(50-51), G(57-60), G(61-64), G(65-66).

Saran

Perlu adanya kesadaran masyarakat setempat agar jangan membuang sampah sembarangan terlebih khusus di saluran drainase dan perlu adanya perawatan saluran secara rutin oleh masyarakat setempat (kerja bakti membersihkan saluran).

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2017. *Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Winangun*. Manado.
- Bambang Triatmodjo. 2009. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Chow, V. T. 1964. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Jakarta: Erlangga.
- Direktorat PLP Dept PU. 2012. *Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan*.
- Imam Subarkah. 1980. *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung.
- Levis, Cassel dan Fricke. 1975. *Urban Drainage Disaign Standart and Prosedure for Paningular*. Malaysia.
- Martha dan Adidarma. 1983. *Mengenal Dasar-Dasar Hidrologi*. Bandung:Nova.
- Sihombing Sabar. 2015. *Tugas Akhir : Penataan Sistem Drainase Desa Tambala Kecamatan Tombariri Kabupaten Minahasa*. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Subramanya K. 1987. *Flow in Open Channel*. New Delhi.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Standart Perencanaan Irigasi. 1986. *KP-04 Bagian Bangunan*.