

## ANALISIS SISTEM DRAINASE KOTA TONDANO (STUDI KASUS KOMPLEKS KANTOR BUPATI MINAHASA)

Achmad Erwin Nurhamidin

M. Ihsan Jasin, Fuad Halim

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: [erwin\\_nurhamidin@yahoo.com](mailto:erwin_nurhamidin@yahoo.com)

### ABSTRAK

*Kondisi sistem drainase kompleks kantor Bupati Minahasa yang mengalami penurunan dalam fungsi pelayanannya disebabkan oleh jaringan dan kapasitas saluran drainase yang tidak memadai, mutu operasi saluran drainase yang masih sub standar serta adanya degradasi kualitas catchment area di hulu dan di hilir. Permasalahan yang sering muncul adalah genangan di ruas jalan sebelah Selatan dan sebelah Barat kompleks kantor Bupati, yang terjadi pada saat curah hujan tinggi. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penyebab genangan serta memberikan solusi penanganan genangan yang terjadi.*

*Metodologi yang digunakan adalah dengan mengumpulkan data spasial, data sistem drainase eksisting, data hidrologi, data hidrolika serta data teknik lainnya. Analisis hidrologi dilakukan untuk mendapatkan debit rencana ( $Q_{renc}$ ). Perkiraan hujan rencana dilakukan dengan analisa frekuensi terhadap data curah hujan dengan kala ulang 10 tahun menggunakan metode log Pearson III. Perhitungan intensitas hujan ditinjau dengan menggunakan rumus Mononobe. Debit rencana dihitung menggunakan metode rasional. Untuk menghitung debit kapasitas ( $Q_{kaps}$ ) dari saluran dan gorong-gorong, dilakukan analisis hidrolika. Dari perbandingan antara debit rencana dan debit kapasitas ( $Q_{renc} \leq Q_{kaps}$ ), dapat diketahui kemampuan dari setiap saluran dan gorong-gorong dalam menampung debit rencana.*

*Berdasarkan hasil analisis, dari 81 ruas saluran dan 32 gorong-gorong sistem drainase eksisting, 79 ruas memenuhi kapasitas, 2 ruas tidak memenuhi kapasitas sedangkan untuk gorong-gorong 31 memenuhi kapasitas dan 1 tidak memenuhi kapasitas. Genangan diatasi dengan mengalihkan sebagian pola aliran dari zona I (zona IA) ke zona II. Pada sistem drainase baru, 81 saluran eksisting tetap dipertahankan sedangkan 32 gorong-gorong eksisting memerlukan penambahan 1 gorong-gorong baru, menjadi 33 gorong-gorong. Secara teknis, persoalan sampah dapat diatasi dengan membuat saringan sampah (trash rack) pada bagian inlet gorong-gorong dan secara non teknis diatasi dengan melibatkan peran serta masyarakat dalam kegiatan operasional dan pemeliharaan.*

*Kata kunci : Genangan, Sistem Drainase, Debit Rencana, Debit Kapasitas*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Sebagai ibukota kabupaten Minahasa, di Tondano terdapat sarana publik berupa; kantor pemerintahan, pasar, sekolah, pusat peribadatan, bank, serta stadion. Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan perkembangan kota akan selalu diikuti oleh peningkatan kebutuhan akan sarana dan prasarana publik yang memadai, diantaranya adalah prasarana drainase.

Kondisi saat ini, prasarana drainase pada umumnya sudah mengalami kemerosotan dalam fungsi pelayanannya. Banyak hal yang menyebabkan penurunan kondisi tersebut. Masalah yang sering dijumpai antara lain; sistem jaringan dan kapasitas saluran drainase tidak

memadai, mutu operasi saluran drainase yang masih sub standard, adanya degradasi kualitas catchment area di hulu dan di hilir.

Salah satu daerah yang mengalami masalah sistem drainase adalah kompleks kantor Bupati Minahasa. Permasalahan yang sering terjadi di daerah ini adalah banjir atau genangan yang terjadi pada saat curah hujan tinggi. Untuk mengatasi permasalahan genangan, maka perlu dilakukan kajian guna menganalisis sistem drainase di daerah sekitar kompleks kantor Bupati Minahasa sehingga ditemukan solusi yang dapat digunakan untuk menangani masalah genangan di daerah ini.

#### Perumusan Masalah

Adanya genangan di beberapa tempat sekitar kompleks kantor Bupati Minahasa,

terlebih khusus di jalan sebelah Selatan dan sebelah Barat kantor Bupati.

### Batasan Masalah

Lingkup pembahasan dibatasi pada :

1. Lokasi yang ditinjau hanya di kompleks kantor Bupati Minahasa.
2. Pembahasan dan analisis hanya pada limpasan akibat air hujan.
3. Kekuatan struktural dari saluran drainase tidak diperhitungkan.

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini, bertujuan :

1. Mengevaluasi sistem drainase eksisting di kompleks kantor Bupati Minahasa dari segi teknis maupun non teknis.
2. Merencanakan suatu sistem drainase di kompleks kantor Bupati Minahasa hingga saluran pembuang untuk mengatasi genangan, dengan memaksimalkan sistem drainase eksisting.

### Manfaat Penelitian

Secara umum manfaat dari penelitian ini adalah mengidentifikasi penyebab genangan serta memberikan solusi mengenai penanganan genangan di kompleks kantor Bupati Minahasa.

## LANDASAN TEORI

### Sistem Drainase Perkotaan

Menurut Suripin (2004), drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalihkan air. Secara Umum, drainase dapat diartikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.

Sistem drainase perkotaan adalah prasarana yang terdiri dari kumpulan sistem saluran di dalam kota yang berfungsi mengeringkan lahan perkotaan dari banjir/genangan akibat hujan dengan cara mengalirkan kelebihan air permukaan ke badan air melalui sistem saluran-saluran tersebut. (Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP Ditjen Cipta Karya, 2011).

### Fungsi Drainase Perkotaan

Drainase perkotaan berfungsi :

1. Mengeringkan bagian wilayah kota yang permukaan lahannya lebih rendah dari genangan sehingga tidak menimbulkan

dampak negatif berupa kerusakan infrastruktur kota dan harta benda milik masyarakat.

2. Mengalirkan kelebihan air permukaan ke badan air terdekat secepatnya agar tidak membanjiri atau menggenangi kota yang dapat merusak selain harta benda masyarakat juga infrastruktur perkotaan.
3. Mengendalikan sebagian air permukaan akibat hujan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air.
4. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah.

### Jenis-Jenis Drainase

Jenis-jenis drainase dapat dibedakan berdasarkan sejarah terbentuknya, letak bangunan dan berdasarkan fungsi (Gunadarma, 1997).

Jenis drainase berdasarkan sejarah terbentuknya:

- (a) drainase alamiah (*natural drainage*);
- (b) drainase buatan (*artificial drainage*).

Jenis drainase berdasarkan letak bangunan:

- (a) drainase permukaan tanah (*surface drainage*);
- (b) drainase bawah permukaan tanah (*subsurface drainage*).

Jenis drainase berdasarkan fungsi:

- (a) *single purpose*;
- (b) *multi purpose*.

### Sistem Jaringan Drainase Perkotaan

Dalam Materi Bidang Drainase pada Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP Ditjen Cipta Karya (2011) dijelaskan bahwa berdasarkan fungsi layanannya, sistem jaringan drainase perkotaan dibagi atas:

- (a) sistem drainase lokal (*minor urban drainage*);
- (b) sistem drainase utama (*major urban drainage*);
- (c) pengendalian banjir (*Flood Control*).

Berdasarkan fisiknya, jaringan sistem drainase terdiri atas:

- (a) sistem saluran primer;
- (b) sistem saluran sekunder;
- (c) sistem saluran tersier.

Menurut Gunadarma (1997) dalam pengertian jaringan drainase, sesuai dengan fungsi dan sistem kerjanya jenis saluran dapat dibedakan menjadi;

- (a) *interceptor drain*, adalah saluran yang berfungsi sebagai pencegah terjadinya

pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lain di bawahnya;

- (b) *collector drain* adalah saluran yang berfungsi sebagai pengumpul debit yang diperoleh dari saluran drainase yang lebih kecil dan akhirnya akan dibuang ke saluran *conveyor* (pembawa);
- (c) *conveyor drain* adalah saluran yang berfungsi sebagai pembawa air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan tanpa harus membahayakan daerah yang dilalui.

Dalam kenyataan dapat terjadi suatu saluran bekerja sekaligus untuk kedua atau bahkan ketiga jenis fungsi di atas.



Gambar 1. Lay-Out Umum dari Sistem Drainase Perkotaan

Sumber : *Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP Ditjen Cipta Karya, 2011*

### Faktor yang Berpengaruh dalam Sistem Drainase Perkotaan

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam sistem drainase perkotaan adalah :

- a) Intensitas Hujan
- b) *Catchment Area*
- c) Pertumbuhan Daerah Perkotaan
- d) Faktor Medan dan Lingkungan

### Komponen Sistem Drainase Perkotaan

- 1. Saluran.
- 2. Bangunan Persilangan.
  - Gorong-gorong.
  - Siphon drainase.
- 3. Bangunan terjun.
- 4. Tanggul.
- 5. Bangunan Penangkap Pasir.
- 6. Pintu Air.

- 7. Kolam Retensi/Kolam Tandon.
- 8. Stasiun Pompa.
- 9. *Trash Rack*.
- 10. Sumur dan Kolam Resapan.

### Operasional dan Pemeliharaan Sistem Drainase Perkotaan

Kegiatan operasional dan pemeliharaan (O&P) drainase perkotaan sebagaimana diatur dalam Permen PU No.12/PRT/M/2014, sebagai berikut :

- 1. Perencanaan O&P Drainase Perkotaan
 

Pada tahap pertama Perencanaan O&P harus difokuskan pada program berikut;

  - (1) Pemeliharaan rutin
  - (2) Pemeliharaan berkala
  - (3) Pemeliharaan khusus
  - (4) Rehabilitasi
- 2. Partisipasi Masyarakat
 

Masyarakat sebaiknya diikutsertakan dalam kegiatan O&P dari tahap perencanaan sampai dengan tahap pengawasan, terutama dalam sistem drainase lokal.

### Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang mempelajari seluk beluk air, kejadian dan distribusinya, sifat fisik dan sifat kimianya, serta tanggapannya terhadap perilaku manusia (*Chow, 1964*).

Menurut Marta dan Adidarma (*1983*), "*Hidrologi juga dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang terjadinya, pergerakan, dan distribusi air di bumi, baik diatas maupun dibawah permukaan bumi, tentang sifat fisik dan kimia air serta reaksinya terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan*".

### Data Curah Hujan

Curah hujan adalah tinggi atau tebalnya hujan dalam jangka waktu tertentu yang dinyatakan dalam satuan mm.

Data curah hujan yang digunakan sekurang-kurangnya 10 tahun terakhir pengamatan yang diperoleh dari minimal 1 (satu) stasiun pencatat curah hujan terdekat di lokasi perencanaan.

### Periode Ulang Hujan (PUH)

Periode ulang adalah hujan dengan jangka waktu tertentu dan intensitas tertentu dianggap bisa terjadi atau kemungkinan terjadinya satu kali dalam batas priode yang ditetapkan. Periode

ulang untuk perencanaan drainase disesuaikan dengan tipologi kota.

Tabel 1. Periode Ulang berdasarkan Tipologi Kota

Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Air (Ha)			
	<10	10-100	100-500	>500
Kota Metropolitan	2 th	2-5 th	5-10 th	10-25 th
Kota Besar	2 th	2-5 th	2-5 th	5-20 th
Kota Sedang	2 th	2-5 th	2-5 th	5-10 th
Kota Kecil	2 th	2 th	2 th	2-5 th

Sumber : Permen PU No. 12/PRT/M/2014

### Uji Data Outlier

Data outlier adalah data yang secara statistik menyimpang jauh dari kumpulan datanya. Syarat untuk pengujian data outlier berdasarkan koefisien skewness ( $C_{S_{log}}$ ), adalah:

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

Jika terdapat data outlier, maka data tersebut sebaiknya disesuaikan, dengan mengambil batas atas atau batas bawah sebagai acuan.

### Analisa Curah Hujan

Hujan yang tercatat di stasiun pencatat hujan adalah hujan titik atau hujan yang terjadi di tempat alat pencatat hujan berada.

### Parameter Statistik

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

### Analisa Distribusi Peluang

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

1. Tipe distribusi normal  
 $C_s \approx 0$  ;  $C_k \approx 3$
2. Tipe distribusi log normal  
 $C_s \approx 3 C_v$
3. Tipe distribusi Gumbel  
 $C_s \approx 1,14$  ;  $C_k \approx 5,40$

Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, maka akan dicoba cara grafis dengan menggunakan sebaran data :

4. Tipe distribusi Pearson III
5. Tipe distribusi log Pearson III

Namun bila parameter-parameter statistik data pengamatan tidak memenuhi syarat-syarat batas pada masing-masing tipe distribusi di atas, tinjauan kesesuaian suatu tipe distribusi dilakukan secara grafis (digambar pada kertas probabilitik) kemudian melakukan uji kecocokan (*the goodness of fit test*). Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil kesimpulan dan keputusan yang lebih akurat.

### Uji Kecocokan Distribusi

Untuk menentukan kecocokan distribusi data dengan distribusi teoritik diperlukan pengujian secara statistik. Ada 2 (dua) cara pengujian yang umum dilakukan :

- Uji Chi-Kuadrat
- Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Chi-Kuadrat hanya efektif digunakan untuk data dengan pengamatan yang besar. Pengujian Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan cara menggambarkan distribusi empiris maupun distribusi teoritis di kertas probabilitas sesuai dengan distribusi probabilitas teoritisnya. Kemudian dicari perbedaan maksimum antara distribusi empiris dan teoritisnya.

### Intensitas Hujan

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

Rumus Mononobe :

$$I = \left( \frac{R_{24}}{24} \right) \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \quad (1)$$

Dimana :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

R<sub>24</sub> = curah hujan harian maksimum (dalam 24 jam) (mm)

t<sub>c</sub> = waktu konsentrasi (jam)

### Catchment Area

Catchment area adalah daerah cakupan/tangkapan apabila terjadi hujan. Semakin besar catchment area maka semakin besar pula debit yang terjadi. Prinsip dasar dari penentuan daerah tangkapan adalah dengan prinsip beda tinggi. Air akan mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Untuk kawasan yang cenderung datar pembagian catchment area dapat diasumsikan terbagi rata pada tiap sisi menuju saluran drainase. Untuk daerah-daerah berbukit, penentuan catchment area berpatokan pada titik tertinggi, yang kemudian akan mengalir ke tempat yang rendah berdasar alur topografi.

### Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran atau koefisien limpasan (*run-off*) adalah suatu nilai koefisien yang menunjukkan persentase kualitas curah hujan yang menjadi aliran permukaan dari curah hujan total setelah mengalami infiltrasi. Koefisien limpasan ditentukan berdasarkan tata guna lahan daerah tangkapan.

Faktor-faktor penting yang mempengaruhi besarnya koefisien pengaliran adalah :

- Keadaan hujan
- Luas dan bentuk daerah aliran
- Kemiringan daerah aliran
- Daya infiltrasi dan daya perkolasi tanah
- Letak daerah aliran teradap arah angin
- Tata guna lahan

### 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) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi terpenuhi. Dalam perhitungan ini untuk menghitung waktu konsentrasi digunakan rumus Kirpich (1940), sebagai berikut :

$$t_c = \left( \frac{0,87 \cdot L^2}{1000 \cdot S} \right)^{0,385} \quad (2)$$

Waktu konsentrasi dapat juga dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen, yaitu (1) waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan tanah sampai saluran terdekat t<sub>o</sub> dan (2) waktu perjalanan dari pertama

masuk saluran sampai titik keluaran t<sub>d</sub>, (Suripin, 2004) sehingga :

$$t_c = t_o + t_d \quad (3)$$

dimana

$$t_o = \left[ \frac{2}{3} * 3,28 * L * \frac{n}{\sqrt{S}} \right] \quad (4)$$

dan

$$t_d = \frac{L_s}{60 V} \quad (5)$$

Dimana :

t<sub>o</sub> = waktu pengaliran air yang mengalir di atas permukaan lahan menuju saluran (*inlet time*) dalam menit.

t<sub>d</sub> = waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau (*conduit time*) dalam menit.

n = angka kekasaran Manning

S = kemiringan lahan

L = panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)

L<sub>s</sub> = panjang lintasan aliran di dalam saluran (m)

V = kecepatan aliran di dalam saluran (m/det)

### Debit Rencana

Perhitungan debit rencana dilakukan dengan menggunakan persamaan rasional (Mullvaney, 1881) dan (Kuichling, 1889, sebagai berikut :

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (6)$$

Dimana :

Q = debit (m<sup>3</sup>/detik)

C = koefisien run-off

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = catchment area / luas DPS (ha)

### Analisis Hidrolika

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

### Kapasitas Saluran

Pada tahap awal analisa diasumsikan bahwa yang terjadi adalah aliran seragam. Analisa untuk menghitung kapasitas saluran, dipergunakan persamaan kontinuitas dan rumus Manning, yaitu:

$$Q = A \cdot V \quad (7)$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (8)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (9)$$

Dimana :

- Q = debit / debit saluran (m<sup>3</sup>/det)
- A = luas penampang basah saluran (m<sup>2</sup>)
- V = kecepatan rata-rata (m/det)
- n = koefisien kekasaran saluran
- R = jari-jari hidrolis (m)
- S = kemiringan memanjang saluran
- P = keliling basah saluran (m)

### Kecepatan Pengaliran

Penentuan kecepatan aliran air didalam saluran yang direncanakan didasarkan pada kecepatan minimum yang diperbolehkan agar konstruksi saluran tetap aman.

Persamaan Manning :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (10)$$

Dimana :

- V = kecepatan aliran
- n = koefisien kekasaran Manning
- R = jari-jari hidrolis
- S = kemiringan memanjang saluran

Untuk desain dimensi saluran tanpa perkerasan, dipakai harga n Manning normal atau maksimum, sedangkan harga n Manning minimum hanya dipakai untuk pengecekan bagian saluran yang mudah terkena gerusan.

Harga n Manning tergantung hanya pada kekasaran sisi dan dasar saluran.

### Kemiringan Talud

Kecepatan maksimum ditentukan oleh kakasaran dinding dan dasar saluran. Untuk saluran tanah V = 0,7 m/det, pasangan batu kali V = 2 m/det dan pasangan beton V = 3 m/det. Kecepatan minimum yang diizinkan adalah kecepatan paling rendah yang akan mencegah pengendapan dan tidak menyebabkan berkembangnya tanaman-tanaman air. Kecepatan maksimum dan minimum saluran juga ditentukan oleh kemiringan talud saluran (*Permen PU No. 12/PRT/M/2014*).

### Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan adalah ketinggian yang diukur dari permukaan air maksimum sampai permukaan tanggul saluran atau muka tanah. Tinggi jagaan harus diperhitungkan untuk mencegah meluapnya air ke tepi saluran.

Tabel 2. Tinggi Jagaan untuk Saluran Pasangan

Debit (m <sup>3</sup> /det)	F (m)
< 0,5	0,20
0,5 – 1,5	0,20
1,5 – 5,0	0,25
5,0 – 10,0	0,30
10,0 – 15,0	0,40
> 15,0	0,50

Sumber : *Standar Perencanaan Irigasi, KP-04 Bagian Bangunan, Ditjen Pengairan, 1986*

### Bangunan Pelengkap

Bangunan-bangunan dimaksud adalah bangunan yang ikut mengatur dan mengontrol sistem aliran air hujan yang ada dalam perjalanannya menuju *outfall* agar aman dan mudah melewati daerah curam atau melintasi jalan-jalan raya.

Untuk gorong-gorong pendek, L < 20 m seperti yang direncanakan dalam jaringan irigasi, dimana harga-harga yang diberikan dapat dianggap mendekati benar untuk rumus:

$$Q = \mu \cdot A \cdot V \quad (11)$$

$$V = (2 g z)^{1/2} \quad (12)$$

Dimana :

- Q = debit (m<sup>3</sup>/dt)
- μ = koefisien debit
- A = luas penampang gorong-gorong (m<sup>2</sup>)
- V = kecepatan aliran di dalam, pada gorong-gorong (m)
- z = kehilangan tinggi energi pada gorong-gorong (m)
- g = percepatan gravitasi (g = 9,8 m/det<sup>2</sup>)

Tabel 3. Harga μ dalam gorong-gorong pendek (< 20 m)

Tinggi Dasar Bangunan Sama Dengan Saluran		Tinggi Dasar Bangunan Lebih Tinggi Saluran		
Sisi	μ	Ambang	Sisi	μ
S. Empat	0,8	S. Empat	S. Empat	0,72
Bulat	0,9	S. Empat	Bulat	0,76
		Bulat	Bulat	0,85

Sumber : *Standar Perencanaan Irigasi, KP-04 Bagian Bangunan, Ditjen Pengairan, 1986*

### Dimensi Saluran

Saluran adalah alur tempat aliran air yang sengaja dibuat manusia, secara umum alirannya adalah *steady flow* (aliran tetap) (*Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP Ditjen Cipta Karya, 2011*).

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan bentuk saluran adalah:

- a). Tata guna lahan yang akan berpengaruh terhadap ketersediaan tanah
  - b). Kemampuan pengaliran dengan memperhatikan bahan saluran
  - c). Kemudahan pembuatan dan pemeliharaan
- Adapun bentuk-bentuk penampang saluran yang biasa diterapkan adalah :
- a). Trapesium
  - b). Segiempat
  - c). Setengah lingkaran
  - d). Segitiga
  - e). Lain-lain

### METODOLOGI PENELITIAN

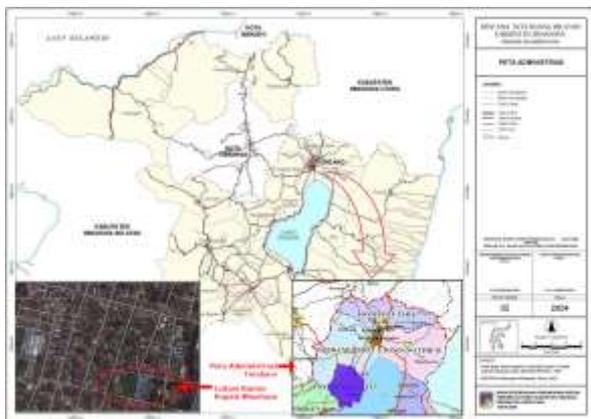
#### Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Tondano adalah ibukota kabupaten Minahasa, berjarak sekitar 35 km dari Manado, ibukota provinsi Sulawesi Utara. Secara geografis Tondano berada pada posisi  $120^{\circ} 45' 25'' - 125^{\circ} 01' 58''$  BT dan  $01^{\circ} 06' 06'' - 01^{\circ} 30' 01''$  LU. Secara administratif Tondano terbagi dalam 4 kecamatan dan 36 kelurahan dengan luas keseluruhannya mencapai 104,14 km<sup>2</sup> (BPS Kabupaten Minahasa, 2015).

Lokasi penelitian adalah kompleks kantor Bupati Minahasa, yang terletak di kelurahan Wawalintouan, kecamatan Tondano Barat. Kantor bupati Minahasa berada pada satu kompleks yang kelilingi oleh jalan raya.

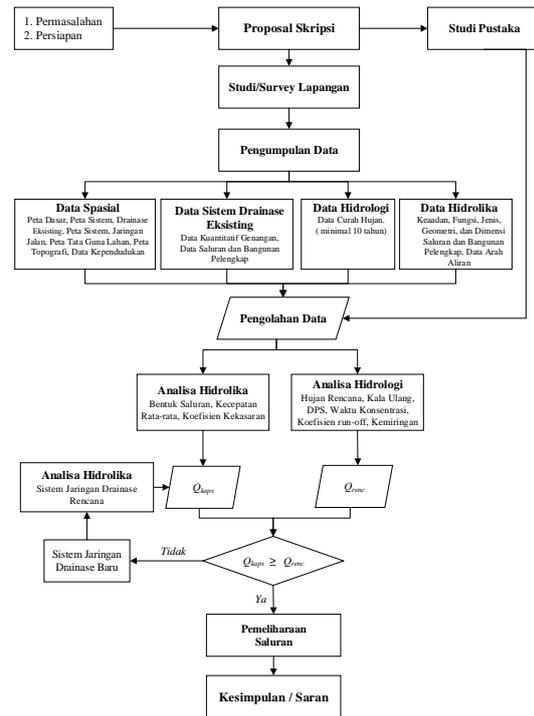
Keadaan topografi Tondano secara umum berupa dataran, gunung-gunung dan berbukit-bukit.

Seperti daerah lainnya di Indonesia, Tondano yang beriklim tropis mengenal dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

#### Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

#### Uraian Kegiatan

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan penyediaan data, berupa :

- Data spasial; peta topografi, peta situasi, peta sistem jaringan drainase eksisting, peta genangan dan peta zona sistem drainase eksisting.
- Data Hidrologi; data curah hujan harian maksimum minimal 10 tahun pengamatan.
- Data Hidrolika; data keadaan, fungsi dan dimensi saluran dan bangunan pelengkap beserta sarana drainase lainnya.

Analisis hidrologi dan hidrolika dilakukan untuk menentukan nilai debit rencana dan debit kapasitas. Analisis hidrologi meliputi analisa data curah hujan, analisa curah hujan rencana dan analisa debit rencana.

Debit rencana dihitung dengan menggunakan rumus rasional. Diperlukan data-data antara lain luas DPS (catchment area masing-masing saluran), intensitas hujan selama waktu konsentrasi dan nilai koefisien run-off. Intensitas hujan dihitung menggunakan rumus Mononobe. Untuk menghitung debit kapasitas digunakan rumus Manning dengan data masukan yaitu data dimensi saluran.

Nilai debit rencana dan debit kapasitas kemudian dibandingkan untuk melihat kemampuan dari setiap saluran. Jika saluran

tidak mampu menanggung debit yang lewat maka dilakukan penataan ulang sistem drainase sedangkan jika saluran mampu menampung debit yang ada maka dapat dilakukan pemeliharaan saluran.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Permasalahan Genangan di Kompleks Kantor Bupati Minahasa

Permasalahan genangan di kompleks kantor Bupati Minahasa, umumnya disebabkan oleh:

- Lokasi yang terletak di daerah cekungan dimana sarana drainase kurang memadai.
- Lokasi rendah yang menerima limpasan dari kawasan lain.
- Terjadinya pendangkalan dan tersumbatnya saluran dan gorong-gorong.
- Tersumbatnya tali air / street inlet.

Berdasarkan hasil survey dan wawancara, terdapat tiga lokasi genangan yaitu:

- Genangan di jalan depan kantor Bupati Minahasa (sebelah Timur).

Genangan di daerah ini terjadi akibat tersumbatnya *street inlet*.

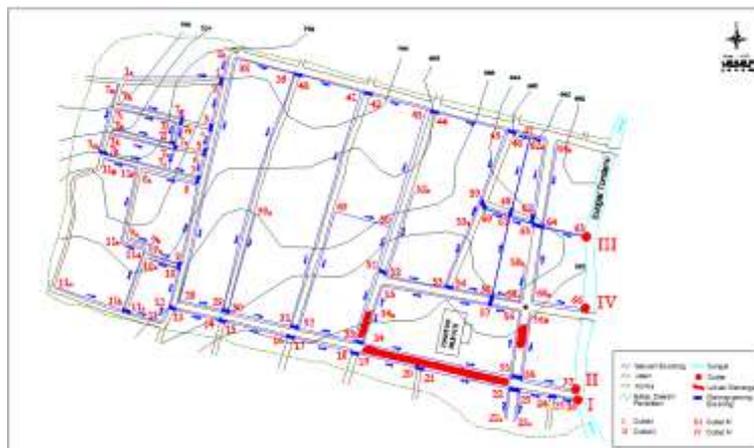
- Genangan di jalan sebelah selatan dan di jalan sebelah barat kantor Bupati Minahasa.

Posisi kedua jalan ini bersilangan dan bertemu di perempatan. Pada daerah sekitar perempatan terjadi luapan air dari saluran. Air yang meluap, sebagian menuju ke arah jalan sebelah Selatan dan sebagian lagi tergenang di jalan sebelah Barat.

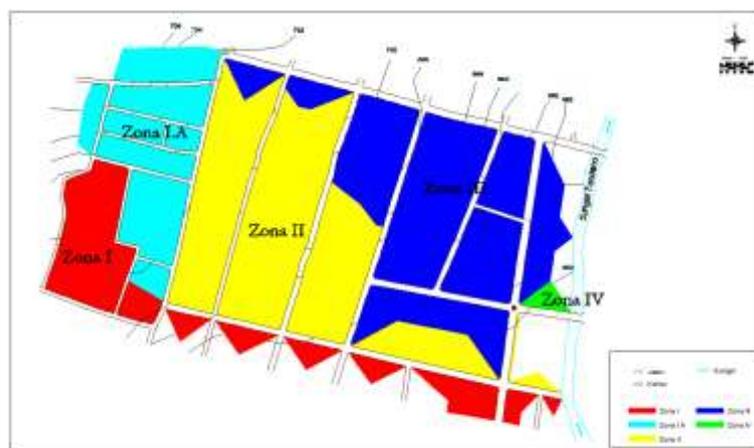
Luapan air juga terjadi pada saluran di sebelah Selatan, sehingga memperluas daerah genangan di sekitar jalan ini.

### Sistem Drainase Eksisting

Inventarisasi sistem jaringan drainase eksisting diperlukan untuk mengetahui kondisi kapasitas dan permasalahan pada saluran termasuk dampak akibat permasalahan tersebut. Data-data mengenai sistem jaringan drainase eksisting yang dikumpulkan adalah dimensi saluran dan gorong-gorong, kondisi saluran, permasalahan, penyebab dan dampak permasalahan terhadap kawasan penelitian.



Gambar 4. Skema Sistem Drainase Eksisting dan Lokasi Genangan



Gambar 5. Pembagian Zona Sistem Drainase Eksisting

**Analisis Hidrologi**

**Analisa Data Curah Hujan**

Data Curah Hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahunan yang diambil dari Stasiun Iklim Tondano-Paleloan, Kementerian PU Satker BWS Sulawesi I. Jumlah data yang dipakai dalam menganalisis hidrologi ini berjumlah 11 data, selama 11 tahun pengamatan yaitu dari tahun 2004 sampai dengan 2014.

Tabel 4. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Iklim Tondano-Paleloan.

Tahun	Curah Hujan (mm)
2004	136,6
2005	99,1
2006	59,2
2007	65,5
2008	45,1
2009	43,0
2010	67,2
2011	90,9
2012	69,8
2013	66,5
2014	110,5

Sumber : *Seri Publikasi Data Hidrologi Sulawesi Utara Tahun 2004 s/d. 2014, BWSS I.*

**Uji Data Outlier**

Dari hasil uji outlier tinggi dan uji outlier rendah, tidak terdapat data outlier. Dengan demikian keseluruhan data curah hujan dapat langsung dipakai atau data sudah tidak perlu dilakukan koreksi outlier.

**Analisa Distribusi Peluang**

Berdasarkan hasil analisis parameter-parameter statistik serta tinjauan kesesuaian tipe

distribusi dengan cara grafis berdasarkan hasil uji kecocokan, dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai  $D_{max}$

Tipe Sebaran	Selisih Peluang ( $D_{max}$ )
Normal	Tidak memenuhi syarat
Log Normal	Tidak memenuhi syarat
Gumbel	Tidak memenuhi syarat
Pearson III	0,18
Log Pearson III	0,13

Hasil penggambaran pada kertas probabilitas dari distribusi Pearson III dan log Pearson III menunjukkan bahwa jenis distribusi yang dipilih yang mendekati persyaratan adalah log Pearson III, karena memiliki nilai  $D_{max}$  yang lebih kecil dari distribusi yang digunakan.

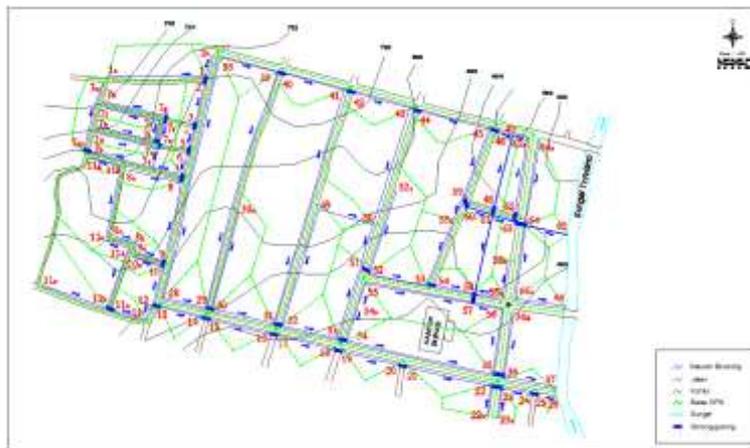
**Uji Kecocokan Distribusi dengan Metode Smirnov-Kolmogorov**

Dari kertas probabilitas peluang pengamatan terbesar diperoleh nilai  $D_{max} = 0,13$ ; sedangkan peluang teoritis (syarat uji Smirnov-Kolmogorov),  $D_o = 0,396$ . Berdasarkan hasil analisa tersebut, maka  $D_{max} < D_o$ . Dapat ditarik kesimpulan bahwa tipe sebaran yang diperoleh memenuhi syarat uji Smirnov-Kolmogorov.

**Penentuan Curah Hujan Rencana**

Perhitungan curah hujan rencana dilakukan dengan menggunakan persamaan kurva distribusi log Pearson III, dengan periode ulang 10 dan nilai kritis  $K_{10} = 1,30158$ .

$$\begin{aligned} \log X_{10} &= 1,8640 + (0,1561 * 1,30158) \\ &= 2,0671 \\ X_{10} &= 10^{2,0671} = 116,71 \text{ mm.} \end{aligned}$$



Gambar 6. Pembagian DPS (catchment area) Sistem Drainase Eksisting

**Intensitas Hujan**

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Besarnya intensitas curah hujan tergantung dari lamanya hujan dan frekuensinya. Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan harian maksimum, untuk itu rumus yang digunakan untuk menentukan intensitas hujan adalah rumus Mononobe.

**Catchment Area**

Luas catchment area dihitung disesuaikan dengan kontur dan DPS dari masing-masing saluran. Pembagian DPS dapat dilihat pada gambar 6.

**Debit Rencana**

Perhitungan debit rencana dilakukan dengan menggunakan persamaan Rasional. Perhitungannya adalah sebagai berikut : (mis; Saluran 1a-1)

Luas daerah pelayanan saluran 0,101 Ha, panjang saluran adalah 113 m, kemiringan lahan adalah 0,017, dan nilai koefisien *run-off* adalah 0,135, maka didapat :

- a) Waktu konsentrasi di saluran

$$t_c = \left( \frac{0,87 * 0,113^2}{1000 * 0,017} \right)^{0,385}$$

$$= 0,060 \text{ jam}$$

- b) Intensitas curah hujan dihitung dengan rumus Mononobe

$$I = \left( \frac{116,71}{24} \right) \left( \frac{24}{0,060} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 264,995 \text{ mm/jam}$$

- c) Debit rencana yang didapat

$$Q = 0,00278 * C * I * A$$

$$= 0,00278 * 0,135 * 264,995 * 0,101$$

$$= 0,010 \text{ m}^3/\text{det}$$

**Analisa Dimensi Saluran**

Analisa dimensi saluran dilakukan untuk mendapatkan debit kapasitas saluran eksisting ( $Q_{kaps}$ ), yang nantinya akan dibandingkan dengan debit rencana ( $Q_{renc}$ ) sehingga dapat diketahui apakah saluran-saluran tersebut mampu menampung debit hujan rencana.

Berikut adalah perhitungan untuk saluran S. 2-3

Saluran berpenampang trapesium, lebar atas 0,6 m, lebar bawah 0,4 m, tinggi 0,6 m, dan tinggi jagaan 0,2 m. Dinding saluran tidak terlalu kasar sehingga diambil harga koefisien kekasaran manning 0,015. Debit rencana 0,121 m<sup>3</sup>/det, dan kemiringan saluran 0,021. Kapasitas saluran dicari dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a) Menghitung luas penampang basah :

$$A = 0,4 * ( 0,4 + ( 0,250 * 0,4 ) )$$

$$= 0,2 \text{ m}^2$$

- b) Menghitung keliling basah :

$$P = 0,4 + ( 2 * 0,4 * \sqrt{1 + 0,250^2} )$$

$$= 1,4 \text{ m}$$

- c) Menghitung jari-jari hidrolis :

$$R = \frac{0,2}{1,4} = 0,143 \text{ m}$$

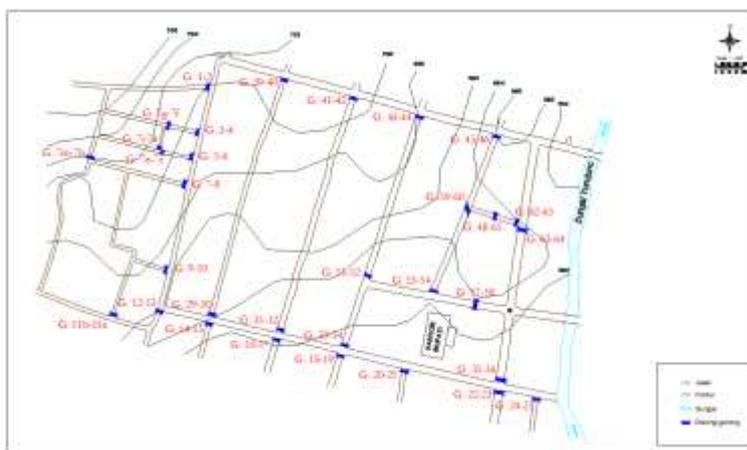
- d) Kapasitas debit saluran :

$$Q_{kaps} = \frac{1}{0,015} * 0,2 * (0,143)^{\frac{2}{3}} * (0,021)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,533 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$0,533 > 0,121$$

$$Q_{kaps} > Q_{renc}$$



Gambar 7. Lokasi Gorong-gorong Sistem Drainase Eksisting

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa ruas saluran eksisting S. 2-3, mampu menampung debit rencana.

**Analisa Dimensi Gorong-gorong**

Sketsa lokasi gorong-gorong sistem drainase eksisting dapat dilihat pada gambar 7. Perhitungan kapasitas gorong-gorong:

a. Penampang Persegi (Box Culvert).

Gorong-gorong penampang persegi (G. 12-13) dengan tinggi 0,8 m dan lebar 1 m, panjang saluran yaitu 9,8 m, kecepatan aliran 2 m<sup>2</sup>/det dan dengan nilai koefisien debit 0,8, melayani debit rencana 1,188 m<sup>3</sup>/det maka diperoleh :

$$A = 0,8 * 1 = 0,8 \text{ m}^2$$

$$Q_{kaps} = \mu * A * V$$

$$= 0,8 * 0,8 * 2$$

$$= 1,280 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$1,280 > 1,188$$

$$Q_{kaps} > Q_{renc}$$

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa gorong-gorong G.12-13, memenuhi kapasitas.

b. Penampang Lingkaran

Gorong-gorong penampang lingkaran (G. 63-64) dengan diameter 1 m, sebanyak 2 buah, panjang saluran yaitu 13,5 m, kecepatan aliran 2 m<sup>2</sup>/det dan nilai koefisien debit 0,9, melayani debit rencana 1,4 m<sup>3</sup>/det, maka diperoleh :

$$A = 0,25 * \pi * 1^2 = 0,786 \text{ m}^2$$

$$Q_{kaps} = 0,9 * 0,786 * 2$$

$$= 1,414 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Total } Q_{kaps} = 1,414 * (2) = 2,829 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$2,829 > 1,400$$

$$Q_{kaps} > Q_{renc}$$

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa gorong-gorong G.63-64, memenuhi kapasitas.

**Rekomendasi Sistem Drainase di Kompleks Kantor Bupati Minahasa**

Hasil analisis menunjukkan bahwa dalam sistem jaringan drainase eksisting terdapat ruas saluran dan gorong-gorong yang tidak memenuhi kapasitas dimana debit kapasitas kurang dari debit rencana ( Q<sub>kaps</sub> < Q<sub>renc</sub> ).

Ruas saluran yang tidak memenuhi kapasitas adalah saluran S. 17-18 dan S. 19-20 sedangkan untuk gorong-gorong adalah G. 20-21. Ketiga komponen sistem drainase tersebut

berada pada Zona I. Perbandingan debit kapasitas dan debit rencana saluran dan gorong-gorong tersebut, dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Komponen Jaringan Sistem Drainase Eksisting Yang Tidak Memenuhi Kapasitas

No.	Zona	Ruas Saluran/ Gorong-gorong	Q <sub>kaps</sub>	Q <sub>renc</sub>
1.	Zona I	S. 17-18	1,163	1,276
2.	Zona I	S. 19-20	1,298	1,304
3.	Zona I	G. 20-21	1,280	1,304

Penanganan masalah adalah melakukan perubahan sebagian pola aliran dengan mengalihkan sebagian debit rencana di zona I (zona I.A) ke zona II. Aliran dialihkan dengan cara membuat gorong-gorong dan tanggul pada ruas saluran S. 10-12. Gorong-gorong dibuat untuk menghubungkan ruas saluran S. 10-12 dengan saluran ruas S. 28-29, sedangkan tanggul dibuat untuk membendung aliran air sehingga arah aliran dapat dibelokkan ke zona II.

Dengan perubahan pola aliran ini, jumlah debit rencana yang dialihkan adalah sebesar 0,836 m<sup>3</sup>/det. Pada zona I dilakukan pengurangan debit sebesar 0,836 m<sup>3</sup>/det, sedangkan pada Zona II, ditambahkan debit sebesar 0,836 m<sup>3</sup>/det. Hasil akhir didapat bahwa seluruh saluran dan gorong-gorong memenuhi kapasitas.

Untuk mendapatkan desain penampang ekonomis, maka desain penampang gorong-gorong baru (G. 12a-28) dilakukan dengan cara coba-coba.

Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

Direncanakan gorong-gorong berbentuk persegi ( μ = 0,8 ), debit rencana sebesar Q = 0,836 m<sup>3</sup>/det, dan kecepatan aliran V = 2 m<sup>2</sup>/det.

$$Q = \mu . A . V$$

$$A = \frac{Q}{\mu . V} = \frac{0,836}{0,8 * 2}$$

$$= 0,523 \text{ m}^2$$

Maka, untuk dapat menampung debit sebesar 0,836 m<sup>3</sup>/det, dibutuhkan gorong-gorong dengan luas penampang A ≥ 0,523 m<sup>2</sup>.

Dicoba, dimensi penampang B = 0,8 m dan Y = 0,8 m.

$$A = B * Y = 0,8 * 0,8$$

$$= 0,64 \text{ m}^2$$

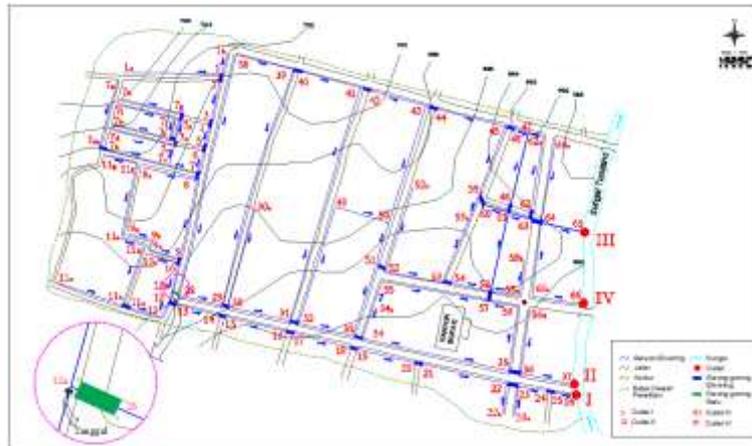
$$0,64 \text{ m}^2 > 0,523 \text{ m}^2 \quad \dots \text{ Ok.}$$

Perhitungan luas penampang gorong-gorong rencana, dengan beberapa variasi dimensi penampang dapat dilihat pada tabel 7.

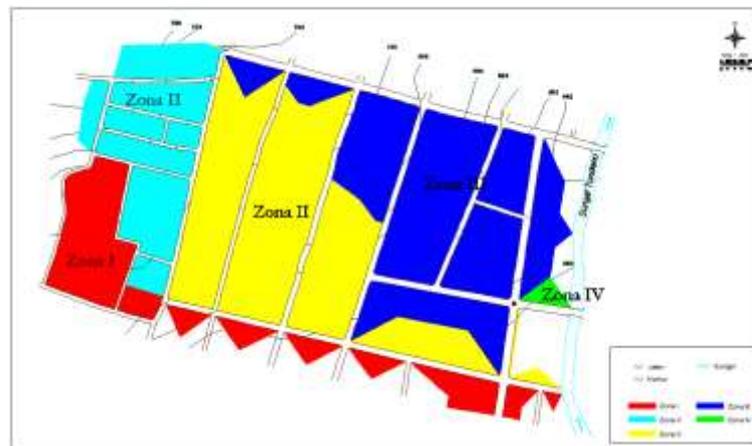
Dari hasil perhitungan tersebut, maka dimensi gorong-gorong baru adalah  
 Lebar ( $B$ ) = 0,7 m dan  
 Tinggi ( $Y$ ) = 0,8 m

Tabel 7. Luas Penampang Gorong-Gorong Rencana, Dengan Beberapa Variasi Dimensi

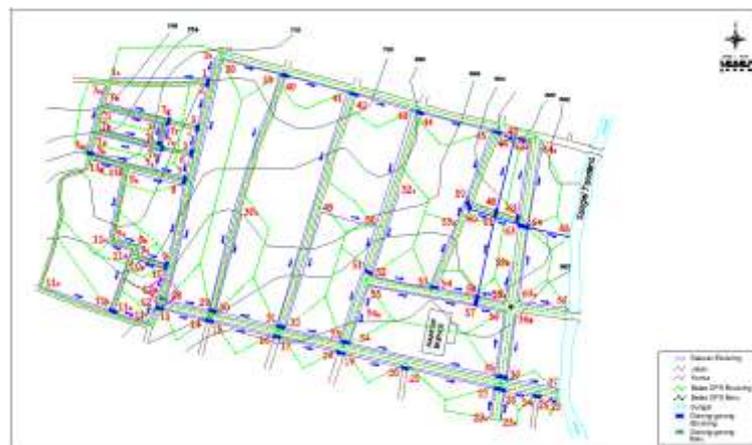
Tinggi	Lebar	Luas	Luas Minimal	Keterangan
0,7	0,7	0,49	0,523	Tidak ok
0,7	0,8	0,56	0,523	Ok
0,8	0,8	0,64	0,523	Ok



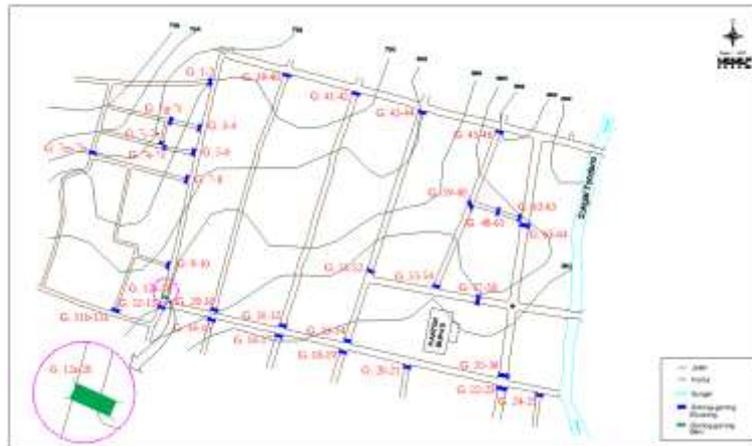
Gambar 8. Sketsa Sistem Drainase Baru



Gambar 9. Pembagian Zona Sistem Drainase Baru



Gambar 10. Pembagian DPS (Catchment Area) Sistem Drainase Baru



Gambar 11. Sketsa Lokasi Gorong-gorong Sistem Drainase Baru

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari 81 saluran eksisting dan 32 gorong-gorong eksisting, 79 saluran memenuhi kapasitas dan 2 saluran tidak memenuhi kapasitas sedangkan untuk gorong-gorong 31 memenuhi kapasitas dan 1 tidak memenuhi kapasitas.
2. Genangan dapat di atasi dengan mengalihkan sebagian debit rencana dari pembuangan zona I, ke pembuangan zona II.
3. Pada sistem drainase baru, 81 saluran eksisting tetap dipertahankan dan tidak memerlukan penambahan kapasitas atau

perubahan dimensi penampang sedangkan 32 gorong-gorong eksisting memerlukan penambahan 1 gorong-gorong baru menjadi 33 gorong-gorong.

4. Secara teknis persoalan sampah dapat diatasi dengan membuat saringan sampah (*trash rack*) pada bagian inlet gorong-gorong dan secara non teknis dapat diatasi dengan melibatkan peran serta masyarakat dalam kegiatan operasional dan pemeliharaan.

### Saran

1. Perlu dilakukan pemeliharaan secara berkala terhadap seluruh komponen sistem drainase.
2. Dalam kegiatan operasional dan pemeliharaan perlu melibatkan peran masyarakat, dari tahap perencanaan sampai dengan tahap pengawasan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Minahasa, 2015. *Minahasa Dalam Angka 2014*. Tondano
- Chow V. T., 1964 *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw-Hill, Inc. New York
- Gunadharma, 1997, *Drainase Perkotaan*. Jakarta
- Kementerian PU RI, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Pemukiman, 2011. *Materi Bidang Drainase. Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP*. Jakarta
- Kementerian PU RI, Direktorat Jenderal Pengairan, 1986. *Keputusan Direktur Jenderal Pengairan Nomor: 185/KPTS/A/1986 tentang Standar Perencanaan Irigasi*. Jakarta
- Kementerian PU RI, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, 2004 s/d. 2014, *Publikasi Data Hidrologi Sulawesi Utara, Stasiun Klimatologi Paleloan-Tondano*. Manado
- Kementerian PU RI, 2014. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta

Martha Joyce, Adidarma Wanny, 1989. *Mengenal Dasar-Dasar Hidrologi*, NOVA, Bandung

Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, ANDI. Yogyakarta

“<http://earthexplorer.usgs.gov/>” diakses tanggal 1 Agustus 2015