

TINJAUAN SISTEM DRAINASE DI KELURAHAN KARAME KECAMATAN SINGKIL

Tigri Cicilia Runtuwarow

A. Binilang, F. Halim, E. M. Wuisan

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email:Tigri.Runtuwarow@gmail.com

ABSTRAK

Kelurahan Karame Kecamatan Singkil merupakan salah satu lokasi rawan banjir dan genangan di kota Manado Sulawesi Utara, sehingga perlu adanya penanganan terhadap masalah-masalah pada sistem drainase yang ada.

Melalui penelitian ini dilakukan observasi lapangan untuk mengetahui penyebab terjadinya banjir dan genangan serta penanganannya, kemudian dilakukan analisis hidrologi untuk mendapatkan debit rencana (Q_{ren}) serta analisis hidrolika untuk mendapatkan debit kapasitas, jika hasil analisis $Q_{ren} \geq Q_{kaps}$ untuk suatu ruas saluran maka diterapkan alternatif penanganan yakni perubahan jalur sistem drainase, serta penyesuaian dimensi saluran untuk ruas saluran tersebut.

Berdasarkan hasil analisis dari 167 ruas saluran dan 50 gorong-gorong, terdapat 101 ruas saluran dan 32 gorong-gorong yang dipertahankan dan 66 ruas saluran 18 gorong-gorong harus disesuaikan untuk memenuhi kondisi syarat $Q_{ren} \leq Q_{kaps}$, penanganan ini berimplikasi pada perubahan arah pengaliran, pengadaan inceptor drain, penutupan 2 outlet lama, penambahan 1 outlet baru dan 1 outlet rekomendasi. Untuk mempertahankan kondisi rencana tersebut perlu adanya pemeliharaan sistem drainase secara berkelanjutan.

Kata kunci : Masalah Genangan, Qkapasitas, Qrencana, Sistem Drainase

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Secara etimologi drainase berasal dari bahasa Inggris *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air dan secara umum sistem drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal (Suripin, 2004).

Perencanaan sistem drainase pada prinsipnya dirancang untuk mengalirkan debit aliran tertentu pada suatu kawasan, terutama pada saat musim hujan. Artinya kapasitas sistem drainase sudah diperhitungkan untuk dapat mengalirkan debit air yang terjadi sehingga kawasan yang

dimaksud tidak mengalami genangan atau banjir, namun pada kenyataannya muncullah masalah drainase di suatu kawasan yang diakibatkan tidak terpenuhinya kondisi tersebut di atas, yakni meningkatnya debit aliran dan terjadinya penurunan kinerja sistem drainase, demikian halnya yang terjadi pada lokasi penelitian yakni di Kelurahan Karame Kecamatan Singkil, berdasarkan observasi lapangan, ditemukannya beberapa titik lokasi rawan genangan.

Permasalahan genangan pada lokasi penelitian diduga disebabkan oleh 2 faktor utama yakni meningkatnya debit limpasan permukaan dan penurunan kinerja saluran yang ada. Peningkatan debit yang terjadi bukan semata-mata oleh terjadinya curah hujan yang tinggi melainkan adanya perubahan tata guna lahan di luar maupun di dalam kawasan penelitian sehingga kuantitas debit yang menjadi debit limpasan semakin tinggi sedangkan penurunan kinerja saluran dapat dilihat dari adanya pendangkalan saluran oleh sedimen, penyumbatan saluran oleh sampah, kerusakan saluran, jalur

pengaliran yang berkelok serta adanya tanaman dan bangunan yang mengganggu sistem drainase yang ada.

Permasalahan banjir dan genangan air tentunya akan berdampak negatif pada kondisi sosial, ekonomi, keamanan, bahkan seluruh aspek kehidupan masyarakat. Oleh karena itu penulis merasa perlu untuk menganalisis kondisi-kondisi tersebut dalam rangka penanganan masalah drainase melalui penelitian dengan judul “*Tinjauan Sistem Drainase di Kelurahan Karame Kecamatan Singkil*”

Perumusan Masalah

Sering terjadi banjir dan genangan di beberapa titik lokasi yang ada pada kelurahan Karame kecamatan Singkil pada saat terjadinya hujan, sehingga aktivitas masyarakat menjadi terganggu.

Pembatasan Masalah

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

1. Lokasi yang ditinjau hanya di wilayah Kelurahan Karame Kecamatan Singkil.
2. Analisis hidrologi untuk mendapatkan debit rencana saluran-saluran di lokasi perencanaan.
3. Analisa hidrolika untuk mendapatkan dimensi hidrolis saluran-saluran di lokasi perencanaan.
4. Akibat luapan DAS Tondano tidak dibahas.

Tujuan Penelitian

Merancang suatu sistem drainase yang dapat mengatasi masalah banjir dan genangan di Kelurahan Karame.

Manfaat Penelitian

Secara umum penelitian ini dapat menjadi pedoman bagi pemerintah Kelurahan Karame Kecamatan Singkil mengenai kondisi drainase saat ini dan pengembangannya di kemudian hari, sehingga masalah drainase kawasan ini dapat tertanggulangi.

Secara khusus dapat memberikan pembelajaran baik secara teori maupun lapangan serta dapat memberikan informasi dan menambah wawasan bagi pemerhati lingkungan mengenai masalah drainase dan penanganannya.

LANDASAN TEORI

Sistem Drainase

Drainase berasal dari bahasa Inggris “*drainage*” yang mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalirkan air. Drainase juga dapat diartikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas

Konsep dan Prinsip Dasar

Konsep utama untuk menangani masalah drainase kota adalah mengusahakan agar air secepatnya dialirkan ke bagian hilir menuju pembuangan terdekat. Prinsip dasar yang digunakan dalam penetapan sistem jaringan drainase adalah dengan menentukan daerah tinggi kemudian daerah pembuangan. Arah aliran mengikuti kemiringan dengan melihat kondisi daerah yang akan dilalui saluran tersebut.

Analisis Hujan Rerata Daerah.

Rata-rata aljabar

Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Metode ini cocok digunakan untuk kawasan yang mempunyai topografi yang rata atau datar. Jadi dapat diasumsikan bahwa semua penakar hujan yang ada mempunyai pengaruh yang sama. Hujan kawasan diperoleh dari persamaan:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (1)$$

dimana:

P₁, P₂, . . . P_n adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan.

1, 2, n dan n adalah banyaknya pos penakar hujan.

Periode Ulang (return period)

Dalam perencanaan drainase sangat perlu ditinjau besarnya curah hujan yang dapat terjadi pada periode ulang tertentu. Periode ulang adalah interval waktu rata-rata nilai variant dari variabel hidrologi akan disamai atau dilampaui (disamai atau tidak dilampaui) satu kali. Kala ulang yang dipakai

berdasarkan luas daerah pengaliran saluran, dan jenis kota yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Periode ulang (*return period*) berdasarkan Tipologi Kota

Kelas kota	Luas Catcment Area (CA) [HA]			
	CA < 10	10 ≤ CA < 100	100 ≤ CA < 500	CA > 500
Metropolitan	2	5	10	25
Besar	2	5	5	15
Sedang	2	5	5	10
Kecil	2	5	2	5

(Sumber: Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum)

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 (sudah merupakan nilai ekstrim atau nilai curah hujan dengan *return period* tertentu) dengan menentukan batas teratas (Xh) dan batas terbawah (Xl).

Data yang terdapat diluar batasan nilai tersebut dinyatakan sebagai data *outlier* (nilai ekstrim bawah, atas, atau kedua-duanya) dapat diketahui dengan menelaah nilai koefisien *skewness* (Cs) data pengamatan dengan menilai koefisien *skewness* syarat uji *outlier*.

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

- Uji *outlier* tinggi lebih dahulu jika Cs Log > 0,4
- Uji *outlier* rendah terlebih dahulu jika Cs Log < -0,4
- Uji *outlier* tinggi dan rendah sekaligus jika..... -0,4 ≤ Cs Log ≤ 0,4

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

a) Outlier Tinggi.

$$\log X_h = \log \bar{X} + Kn..S_{log} \quad (2)$$

Syarat :

X_a > X_h → X_a adalah data *outlier*

X_a < X_h → X_a bukan data *outlier*

b) Outlier Rendah

$$\log X_h = \log \bar{X} - Kn..S_{log} \quad (3)$$

Syarat :

X_b > X_l → X_b adalah data *outlier*

X_b < X_l → X_b bukan data *outlier*.

dengan :

CS_{log} = Koefisien Skewness,

S_{log} = Deviasi standart,

log \bar{X} = Nilai rata-rata log data pengamatan,

Kn = Nilai K (diambil dari tabel outlier test K value), tergantung dari jumlah data yang dianalisis

Xh = Outlier Tinggi,

Xl = Outlier Rendah.

Pemilihan Tipe Distribusi.

Secara teoritis, langkah awal penentuan tipe distribusi dapat dilihat dari parameter-parameter statistik data pengamatan lapangan. Parameter-parameter yang digunakan adalah Cs, Cv, dan Ck. Kriteria pemilihan untuk tiap tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut ini.

1. Tipe distribusi Normal.

$$CS = 0 ; CK = 3$$

2. Tipe distribusi log-Normal.

$$C_s = C_v^3 + 3C_v ; C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$$

3. Tipe distribusi Gumbel.

$$C_s = 1,14 ; CK = 5,40$$

Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, maka kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah: Tipe distribusi Pearson III atau log Pearson III.

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

Debit Rencana.

Perhitungan debit rencana dilakukan dengan menggunakan persamaan rasional (Mullvaney, 1881 dan Kuichling, 1889). Persamaan yang digunakan adalah:

$$Q = 0.00278.C.I.A. \quad (4)$$

dengan : Q = Debit rencana (m³/det)

C = Koefisien runoff

A = Catchment Area (Ha)

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

Intensitas Curah Hujan.

Besarnya intensitas curah hujan yang berbeda-beda disebabkan lamanya curah hujan atau frekuensi kejadiannya. Apabila data yang dimiliki adalah curah hujan jangka panjang (mm/jam), maka perlu ditransformasikan kedalam curah hujan jangka pendek (per jam atau per menit).

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah rumus Mononobe dengan persamaan umum sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{D} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (5)$$

Metode rasional dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata diseluruh kawasan selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi atau $D \geq t_c$, Sehingga Persamaan (5) menjadi :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (6)$$

dengan:

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam),
- D = Durasi hujan (jam),
- R_{24} = Curah hujan maksimum yang terjadi selama 24 jam (mm),
- t_c = Waktu konsentrasi (jam).

Analisa Hidrolika

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

Kapasitas Saluran.

Aliran yang terjadi di setiap saluran belum tentu sesuai dengan yang direncanakan. Namun pada awal perencanaan dapat diasumsikan bahwa yang terjadi adalah aliran seragam dilakukan dengan rumus Manning, yaitu:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

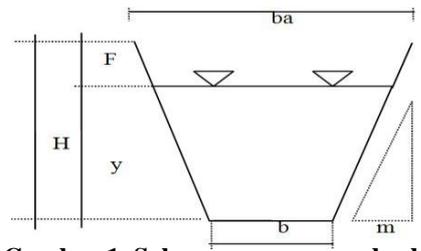
$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

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

- Q = Debit saluran (m³/det)
- A = Luas penampang basah saluran(m²)
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- n = Koefisien kekasaran saluran
- S = Kemiringan dasar saluran

- P = Keliling basah (m)
- V = Kecepatan rata-rata (m/det).

Untuk penampang berbentuk trapesium (Gambar 1.), luas penampang basah (A) dan keliling basah (P)



Gambar 1. Saluran penampang berbentuk trapezium

Dimensi saluran dihitung dengan persamaan:

$$A = (b + m \cdot y) \cdot y \quad (10)$$

$$P = b + 2 \cdot y \cdot \sqrt{1 + m^2} \quad (11)$$

Tinggi total saluran adalah:

$$H = y + F \quad (12)$$

dengan:

- b = lebar dasar saluran (m),
- y = tinggi aliran maksimum yang direncanakan (m),
- m = faktor kemiringan saluran
- F = tinggi jagaan (m).

Perencanaan gorong-gorong diasumsikan sebagai saluran terbuka. Aliran yang terjadi dalam gorong-gorong diasumsikan sebagai aliran seragam. Perhitungan debit kapasitas Untuk gorong-gorong pendek, $L < 20$ meter dengan persamaan :

$$Q = \mu \cdot A \cdot V \quad (13)$$

Perencanaan gorong-gorong dapat diselesaikan dengan geometrik untuk saluran berpenampang persegi.

Luas penampang basah(A) dengan pers.

$$B \cdot y \quad (14)$$

Keliling basah dengan (P) dengan pers.

$$B + 2y \quad (15)$$

Kecepatan aliran (V) dengan persamaan:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

METODOLOGI PENELITIAN

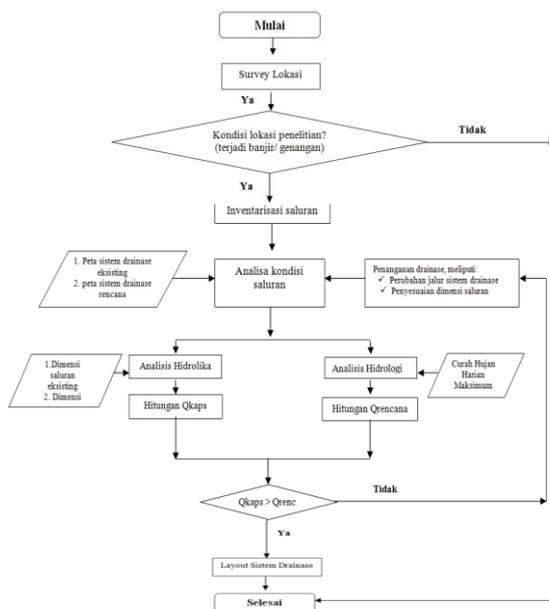
Lokasi Penelitian

Daerah penelitian merupakan bagian dari Kota Manado, yakni terletak di Kecamatan Singkil. Berdasarkan data yang di peroleh

dari kantor kelurahan, Kelurahan Karame memiliki luas 12,33 km² yang dibagi dalam 6 (enam) lingkungan dan terletak pada posisi geografis antara 1° 23' 23"-1°35'39"LU dan 125°1'43"-125°18'13"BT



Gambar 2. Peta lokasi penelitian



Gambar 3. Bagan alir Penelitian

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan suatu studi kasus yang berisikan tinjauan yang didasarkan pada kondisi nyata/aktual serta melalui pengamatan langsung/observasi lapangan yang disertai analisis berdasarkan metode-metode yang ada antara lain :

1. Survei permasalahan di lokasi penelitian
2. Analisis hidrologi untuk mendapatkan debit rencana pada ruas saluran
3. Analisis hidrolika untuk mendapatkan kapasitas pada ruas saluran eksisting

4. Kontrol kapasitas saluran eksisting terhadap debit rencana dengan kriteria ($Q_{kaps} \geq Q_{renc}$) untuk memenuhi dan ($Q_{kaps} \leq Q_{renc}$) untuk tidak memenuhi. Jika tidak memenuhi maka dilakukan penanganan:
 - 1.) Perubahan jalur pengaliran drainase
 - 2.) Penyesuaian dimensi saluran
5. Penyusunan rencana sistem drainase (layout drainase rencana)

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Inventarisasi sistem jaringan drainase eksisting

Inventarisasi sistem jaringan drainase eksisting diperlukan untuk mengetahui kondisi kapasitas, permasalahan pada saluran termasuk dampak akibat permasalahan tersebut. Inventarisasi permasalahan dilakukan secara langsung di lapangan.

Data-data mengenai sistem saluran drainase yang dikumpulkan adalah dimensi saluran, kondisi saluran, permasalahan saluran, penyebab permasalahan dan dampak permasalahan terhadap kawasan penelitian.

Berdasarkan hasil inventarisasi ditemukan kurang lebih 10 titik rawan genangan pada kawasan penelitian yaitu:

1. Area I

- Sekitar saluran primer. Banjir yang terjadi, akibat luapan saluran primer dimana penampang saluran primer telah diperkecil guna memperluas lahan pemukiman ditambah dengan sedimen dan sampah yang ada maka dimensi saluran disinyalir tidak mampu lagi.
- Sekitar saluran pembawa limpasan dari luar kawasan. Kondisi saluran yang rusak dan terumbat sampah menyebabkan air seringkali meluap ke jalan bahkan masuk ke rumah-rumah penduduk.
- Sekitar perempatan dimana saluran ditutup. Hal tersebut disebabkan faktor soaial dan kekurangpahaman masyarakat tentang keberadaan drainase dimana masyarakat tidak menerima air limpasan kawasan luar yang masuk di kawasan penelitian.

2. Area II

- Saluran yang ada dimensinya diperkecil pada saat proyek paving jalan setapak, area ini juga telah mengalami betonisasi di hampir seluruh bagian sehingga kapasitas saluran berkurang dan debit limpasan meningkat.

3. Area III

- Kompleks Gereja Maranatha

Merupakan perluasan genangan di saluran primer yang meluas, mengingat area ini berada pada elevasi yang lebih rendah.

- Kompleks Musolah Darul'arqam

Area ini telah sepenuhnya mengalami betonisasi dan saluran yang ada dimensinya relatif kecil.

- Kompleks Masjid Almaghfirah

Saluran di depan masjid ditutup oleh masyarakat guna memperlebar jalan sehingga aliran air terhambat dan melewati jalan dan menggenang.

satu saluran yakni pada satu ruas saja sehingga sering terjadi genangan.

- Kompleks pasar

Saluran di kawasan pasar ini telah mengalami pendangkalan, keberadaan sampah yang relatif banyak di saluran menyebabkan penyumbatan, banyaknya bangunan non permanen sebagai tempat berjualan yang mengganggu/menghalangi aliran air pada saluran.

Alternatif Penanganan Masalah

1. Tetap memanfaatkan saluran eksisting

Berdasarkan prinsip dasar perencanaan sistem drainase, kondisi eksis dari saluran harus tetap dimanfaatkan semaksimal mungkin. Drainase eksisting dapat dipertahankan jika, ($Q_{kaps} \geq Q_{renc}$).

2. Perubahan jalur sistem drainase

Dengan melihat kondisi yang ada dimana kawasan sekitar lokasi memberikan kontribusi debit yang sangat besar pada lokasi penelitian maka perlu dibuat saluran yang dapat mengakomodir debit limpasan ini sebelum masuk dalam kawasan dan memberikan beban debit yang besar pada saluran-saluran drainase dalam kawasan penelitian, sehingga debit ini dapat secepatnya dibuang ke badan sungai.

3. Penyesuaian dimensi saluran

Saluran dengan kapasitas tertentu yang tidak mampu menampung dan mengalirkan debit yang terjadi dimensinya diperlebar dan atau diperdalam sesuai kondisi lapangan yang dimungkinkan.



Gambar4. Dokumentasi Banjir dan Genangan

4. Area IV

- Area ini merupakan pertemuan beberapa arah aliran dan mempunyai kontur cekung sehingga air seringkali meluap ke jalan, ditambah luapan air saluran jembatan memperluas genangan hingga ke area I.

5. Area VI

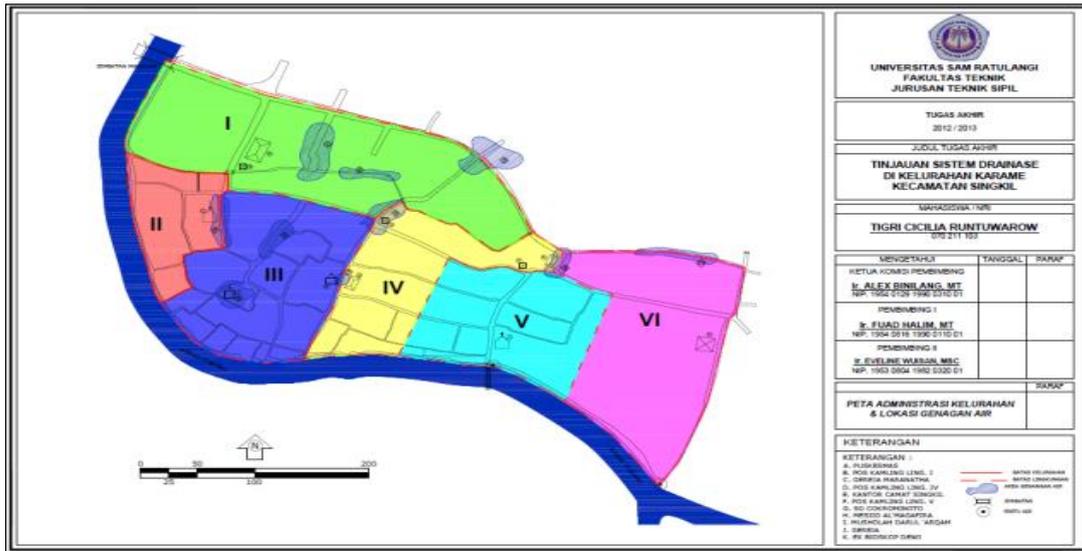
- Kompleks kantor lurah/camat. Area ini merupakan area yang memiliki kontur cekung, saluran yang ada di depan kantor camat ini juga hanya memiliki

Analisis Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi adalah data hujan dengan panjang pengamatan selama 10 tahun yang diperoleh dari stasiun pengamatan Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Kayuwatu dan Winangun yang berada dekat dengan lokasi penelitian.

Analisis Distribusi Peluang

Analisis data curah hujan dilakukan untuk menetapkan besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada kala ulang tertentu. Akurasi hasil analisis tergantung seberapa besar suatu kurva frekuensi peluang tipe distribusi tertentu dapat mewakili suatu distribusi data pengamatan.



Gambar 5. Peta lokasi rawan genangan

Dalam penelitian ini, metode distribusi yang digunakan adalah metode-metode sebagai berikut :

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log Normal
3. Distribusi Gumbel
4. Distribusi Pearson III

Dari Kriteria pemilihan awal kesesuaian tipe distribusi berdasarkan parameter statistik serta tinjauan kesesuaian tipe distribusi dengan cara grafis berdasarkan hasil uji kecocokan (*the goodness of fit test*) diperoleh:

Tabel 2.Rekapitulasi nilai Δ_{max}

Tipe Sebaran	Selisih Peluang (Δ_{max})
Normal	0.122
Gumbel	0.072
Log Normal	0.079
Log Pearson III	0.062

Berdasarkan uji kecocokan distribusi data terhadap distribusi teoritis dengan metode Smirnov-Kolmogorof menunjukkan semua tipe sebaran yang digunakan memenuhi syarat yakni $D < 0,41$.

Maka digunakan hasil analisis log person III dengan Δ_{max} terkecil yakni $X_{tr}=192,216\text{mm}$

Analisis Debit Rencana

Perhitungan debit rencana menggunakan persamaan rasional. Langkah-langkah perhitungan pada saluran S1-S2 ka. adalah sebagai berikut:

$$A = 0,1096 \text{ Ha} \quad S = 0,03392$$

$$L_{\text{Saluran}} = 55,423 \text{ m} \quad C = 0,7$$

$$L_{\text{lahan}} = 45,021 \text{ m} \quad V = 0,4 \text{ m/det}$$

- a. Waktu konsentrasi terdiri dari waktu konsentrasi saluran dan waktu konsentrasi lahan.

➤ Waktu konsentrasi Lahan

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_L \times \frac{n}{\sqrt{S_L}} \right]$$

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times 45,021 \times \frac{0,027}{\sqrt{0,03392}} \right] / 60$$

$$t_0 = 0,26726 \text{ jam}$$

➤ waktu konsentrasi saluran

$$t_d = \left(\frac{L_s}{60V} \right) / 3600$$

$$t_d = \frac{55,423}{60 \times 0,4} = 0,000641 \text{ jam.}$$

➤ Waktu konsentrasi total

$$t_c = t_0 + t_d$$

$$t_c = 0,26726 + 0,2854 = 0,2679 \text{ jam}$$

- b. Intensitas curah hujan dihitung dengan metode Mononobe

$$I = \frac{R_{2,4}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{192,216}{24} \left(\frac{24}{0,2679} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 160,3501 \text{ mm/jam}$$

- c. Debit aliran yang terjadi pada saluran S1-S2 Ka

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

$$Q = 0,00278.0,7.160,3501. 0,1096$$

$$Q = 0,0341997 \text{ m}^3/\text{det}$$

Analisis Debit Kapasitas

Saluran berbentuk trapesium dengan asumsi aliran yang terjadi adalah aliran seragam. perhitungan kapasitas eksisting saluran S1-S2 Ka adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} B &= 0,41 \text{ m} & S &= 0,0339 \\ n &= 0,015 & H &= 0,45 \text{ m} \\ Ba &= 0,55 \text{ m} \end{aligned}$$

- tinggi jagaan (F)
 $y = 0,45 - 0,15 = 0,3 \text{ m}$.
- Hitung kemiringan dinding saluran
 $m = \left(\frac{0,41 - 0,55}{2 \times 0,45} \right) = 0,15556$
- Hitung luas penampang basah
 $A = (0,41 + 0,15556 \times 0,3) \times 0,3 = 0,137 \text{ m}^2$
- Hitung keliling basah
 $P = 0,41 + 2 \times 0,3 \sqrt{1 + 0,15556^2} = 1,017216 \text{ m}$
- Hitung jari-jari hidrolis
 $R = \frac{0,137}{1,017216} = 0,13468$
- Hitung kapasitas debit saluran
 $Q_{kaps} = \frac{1}{0,015} \cdot 0,137 \cdot 0,13468^{2/3} \cdot 0,0339^{1/2}$
 $= 0,44198 \text{ m}^3/\text{det} \leq 1,053 \text{ m}^3/\text{det}$

Karena $Q_{kaps} \leq Q_{renc}$, dapat disimpulkan saluran tidak memenuhi syarat kapasitas.

Maka dilakukan penanganan yakni Perubahan jalur sistem drainase. Gambar 7 dan Gambar 8 memperlihatkan jalur sistem drainase yang mengalami perubahan serta debit yang berlaku.

Penanganan ini dimaksudkan untuk mengarahkan debit limpasan dari luar kawasan langsung ke outlet terdekat (badan sungai) dengan cara perubahan arah pengaliran dari ruas saluran eksisting, penambahan *inceptor drain*, penambahan outlet baru sehingga secara otomatis debit yang bekerja pada kawasan penelitian jumlahnya jauh berkurang. Berdasarkan hasil perhitungan ini, kontrol kembali Q_{renc} terhadap Q_{kaps} untuk melihat kemampuan masing-masing ruas saluran dan gorong-gorong dengan kriteria ($Q_{kaps} \geq Q_{renc}$) untuk memenuhi dan ($Q_{kaps} \leq Q_{renc}$) untuk yang tidak memenuhi.

Penanganan selanjutnya untuk ruas saluran dan gorong-gorong yang tidak memenuhi syarat kapasitas, dilakukan penyesuaian dimensi.

Perhitungan Penyesuaian Dimensi Saluran

Perhitungan penyesuaian dimensi saluran pada dasarnya sama dengan langkah-langkah perhitungan dimensi saluran pada saluran eksisting.

Tinjau untuk saluran (S1-S2 Kanan) Saluran direncanakan dengan koefisien kekasaran saluran 0,015 dengan kemiringan saluran 0,0339.

Tahapan perhitungan yakni

- Ditentukan tipe saluran
Direncanakan saluran dengan dimensi sebagai berikut:
 $B = 0,6 \text{ m}$ $Ba = 0,8 \text{ m}$ $Y = 0,6 \text{ m}$
- tinggi jagaan (F) yang disyaratkan adalah 0,20m sehingga tinggi aliran dihitung :
 $Y_{kaps} = 0,6 - 0,2 = 0,4 \text{ m}$.
- Hitung kemiringan dinding saluran
 $m = \frac{1}{H} \cdot \left(\frac{Ba - B}{2} \right)$
 $m = \frac{1}{0,6} \cdot \left(\frac{0,8 - 0,6}{2} \right) = 0,166667$
- Hitung luas penampang basah dengan
 $A = (B + m \cdot y) \cdot y$
 $A = (0,6 + 0,16667 \times 0,4) \times 0,4 = 0,26667 \text{ m}^2$
- Hitung keliling basah
 $P = B + 2 \cdot y \cdot \sqrt{1 + m^2}$
 $P = 0,6 + 2 \times 0,4 \times \sqrt{1 + 0,16667^2} = 1,41103$
- Hitung jari-jari hidrolis
 $R = \frac{0,266667}{1,411035} = 0,188987$
- hitung kapasitas debit saluran
 $Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$
 $Q_{kaps} = \frac{1}{0,015} \cdot 0,266667 \cdot 0,188987^{2/3} \cdot 0,0339^{1/2}$
 $= 1,078281 \text{ m}^3/\text{det} \geq 1,053066 \text{ m}^3/\text{det}$

Karena ($Q_{kaps} \geq Q_{renc}$), dapat disimpulkan saluran sudah memenuhi syarat kapasitas.

Perhitungan Perubahan Dimensi Gorong-gorong

Gorong-gorong yang direncanakan tetap mengacu pada jenis gorong-gorong eksisting yakni dari pasangan batu dengan pelat beton bertulang di atasnya sebagai penutup, dan merupakan jenis gorong-gorong persegi (*duicker*) namun dimensinya disesuaikan sehingga dapat menampung dan mengalirkan debit pada kawasan penelitian

Perencanaan Gorong-gorong Penampang Persegi

Gorong-gorong direncanakan dengan tinggi 0,7 m dan lebar 0,7 m dengan panjang saluran yaitu 5,5 m, jagaan 0.2 m dan dengan nilai koefisien debit (μ) 0,8 untuk gorong-gorong berbentuk kotak maka diperoleh:

$$A = (H-F) * B$$

$$= 0,5 * 0,7 = 1,2 \text{ m}^2$$

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

$$= 1,093 \text{ m}^3/\text{det} \geq 1,089 \text{ m}^3/\text{det}$$

Karena ($Q_{kaps} \geq Q_{renc}$), dapat disimpulkan gorong-gorong sudah memenuhi syarat kapasitas.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah saluran dan gorong-gorong adalah 167 saluran, 50 gorong-gorong dan 8 outlet eksisting. Berdasarkan hasil analisis kapasitas saluran terhadap debit rencana, diperoleh 66 ruas saluran dan 18 gorong-gorong yang tidak memenuhi syarat ($Q_{kaps} \leq Q_{renc}$)
2. Penanganan ini berupa pembuatan jalur sistem drainase yang mampu mengalihkan debit limpasan dari luar kawasan penelitian sehingga tidak lagi membebani saluran dalam kawasan penelitian. Setelah dilakukan penanganan dengan perubahan jalur sistem drainase ini, terdapat 53 saluran dan 15 gorong-gorong yang masih tidak memenuhi. Penerapan penanganan ini, disertai dengan

penutupan 2 outlet lama dan penambahan 1 outlet baru dan 1 outlet rekomendasi.

3. Penyesuaian dimensi. Penanganan selanjutnya untuk 53 saluran dan 15 gorong-gorong yang tidak memenuhi yakni dilakukan perubahan dimensi hingga memenuhi syarat ($Q_{kaps} \geq Q_{renc}$).

Saran

Untuk meminimalisasi resiko genangan air serta banjir di Kelurahan Karame dikemudian hari maka dapat disarankan secara teknis dan non teknis:

Tindakan teknis :

1. Perlu pemeliharaan saluran drainase secara berkala meliputi pembersihan saluran dari endapan pasir, tanah, sampah, serta tumbuhan yang mengganggu, yang disertai perbaikan ruas saluran dan gorong-gorong yang mengalami kerusakan.
2. Pembuatan kisi-kisi penahan sampah disetiap pintu masuk gorong-gorong, kolam endapan sedimen serta lubang kontrol (man hole) pada jarak tertentu untuk saluran yang diberi penutup.
3. Pembuatan bronjong serta pemasangan pintu air guna mencegah masuknya luapan air anak sungai Tondano di Kelurahan Karame.

Tindakan non teknis:

Perlu adanya penyuluhan kepada masyarakat mengenai penanganan masalah drainase yang merupakan masalah bersama, baik masyarakat di hulu maupun hilir saluran drainase, serta pola perilaku yang dapat merusak sistem drainase yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo., 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta offset. Yogyakarta.
- Chow V. T., 1959. *Open Channel Hydraulik*. McGraw-Hill. NY.
- Imam Subarka., *Hidrologi Untuk Bangunan Air*. Idea Dharma. Bandung.
- Suripin., 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. ANDI. Yogyakarta.