

PENINGKATAN KINERJA SISTEM SALURAN DRAINASE KECAMATAN KERTOSONO KABUPATEN NGANJUK

Baiq Husnul Khotimah¹, Kustamar², Nenny Roostrianawaty³

¹*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan bendungan sigura-gura no.2 malang, Jawa timur*

Email: baiqinung@gmail.com

²*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan bendungan sigura-gura no.2 malang, Jawa timur*

Email: kustamar@yahoo.co.id

³*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan bendungan sigura-gura no.2 malang, Jawa timur*

Email: nennyroos.nr@gmail.com

ABSTRAK

Sistem drainase yang tidak berfungsi secara maksimal sebagai salah satu masalah utama terjadinya genangan di Kawasan Kertosono Kabupaten Nganjuk ini. Permasalahan ini akibat dari kinerja sistem drainase yang tidak berlangsung sebagaimana fungsi dari drainase tersebut. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dilakukan analisis untuk peningkatan sistem pada saluran-saluran di Kawasan Kertosono. Analisis yang digunakan yaitu dengan menganalisis curah hujan 10 tahun terakhir menggunakan metode Log Pearson Type III dan Metode E.J Gumbel. Berdasarkan hasil analisis kapasitas eksisting, didapatkan 2 saluran yang tidak dapat menampung debit saluran. Saluran primer Jl. Ngronggot dengan debit yang tidak tertampung oleh saluran sebesar 0,160 m³/dtk dan saluran Jl. Urip sumuharjo ka sebesar 0,024 m³/dtk. Saluran-saluran yang tidak memenuhi syarat dilakukan peningkatan saluran drainase dengan sumur resapan dan dengan pelebaran saluran. Dari hasil analisa biaya konstruksi, peningkatan kinerja sistem drainase yang paling ekonomis yaitu dengan sumur resapan.

Kata kunci : saluran drainase, genangan, debit saluran, kertosono.

1. PENDAHULUAN

Mayoritas kawasan perkotaan di Indonesia memiliki masalah genangan air saat musim hujan. Genangan air terjadi apabila sistem yang berfungsi untuk menampung genangan itu tidak mampu mengalirkan debit yang masuk akibat kapasitas sistem yang menurun, debit aliran air yang meningkat atau kombinasi dari keduanya.

Kawasan Kecamatan Kertosono Kabupaten Nganjuk merupakan salah satu kawasan yang mengalami permasalahan genangan tersebut. Permasalahan ini akibat dari kinerja sistem drainase yang tidak berlangsung sebagaimana fungsi dari drainase tersebut.

Permasalahan yang sangat signifikan yaitu penumpukan sedimen, vegetasi liar pada saluran,

sampah yang terbawa aliran air (saat hujan) ataupun sampah yang dengan sengaja dibuang oleh masyarakat di badan saluran mengakibatkan menurunnya kinerja dari saluran drainase sehingga menyebabkan saluran-saluran menjadi tersumbat (penyempitan saluran). Sifat acuh tak acuh terhadap masalah inilah yang menyebabkan permasalahan drainase menjadi sangat kompleks, padahal masalah ini juga berdampak pada masyarakat itu sendiri.

Sistem drainase di Kecamatan Kertosono ini perlu dilakukan evaluasi dan peningkatan terhadap kinerja sistem drainase untuk masa yang akan datang sehingga tidak terjadi lagi genangan pada saluran.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Analisa 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) dengan pengertian seperti itu berarti ilmu hidrologi mencakup hampir semua masalah yang terkait dengan air, meskipun kemudian dalam perkembangannya ilmu hidrologi lebih berorientasi pada suatu bidang tertentu saja.

Adapun aspek-aspek hidrologi yang perlu dikaji antara lain :

Curah Hujan Rata-Rata Daerah

Adapun metode yang digunakan untuk menentukan hujan rata-rata disuatu daerah, yaitu :

a. Cara Rata-Rata Aljabar

$$R = \frac{1}{n} [R_1 + R_2 + \dots + R_n] \dots \dots (2.1.)$$

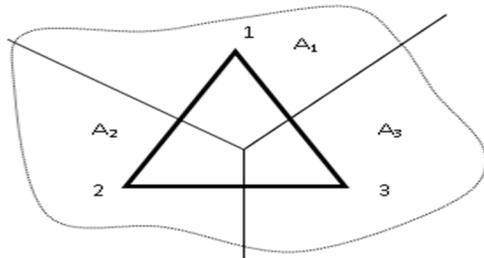
Keterangan :

R = Curah hujan daerah

n = jumlah titik atau pos pengamatan

$R_1 + R_2 + \dots + R_n$ = curah hujan di tiap titik pengamatan

b. Cara Poligon Thiessen



Gambar 2.1 cara polygon thiesen

Sehingga perhitungan hujan rata-rata pada suatu stasiun daerah aliran sungai dapat dirumuskan:

$$P = \frac{P_1.A_1 + P_2.A_2 + P_3.A_3 + \dots + P_n.A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots \dots (2.2.)$$

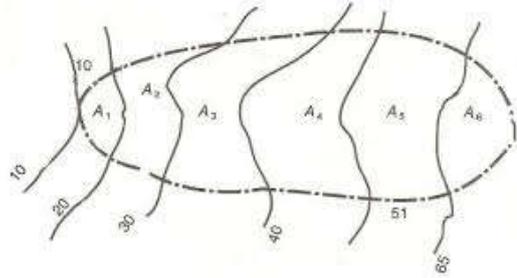
Keterangan :

P = Hujan rata-rata (mm).

P_1, P_2, \dots, P_n = jumlah hujan masing-masing stasiun yang diamati (mm).

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas sub-area yang mewakili masing-masing stasiun hujan (km²).

c. Cara Ishohyet



Gambar 2.3 Metode Ishoyet

Sehingga perhitungan hujan rata-rata pada suatu daerah aliran sungai dapat dirumuskan:

$$P = \frac{\frac{d_0+d_1}{2}A_1 + \frac{d_1+d_2}{2}A_2 + \frac{d_n+d_n}{2}A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots (2.3.)$$

Keterangan :

A = $A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$ = luas area total

d = tinggi curah hujan rata-rata

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = curah hujan pada isohyet 0, 1, 2, ..., n.

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = luas bagian area yang dibatasi oleh garis isohyet.

Waktu Konsentrasi

Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940). Dalam perjalanan limpasan air hujan, air melalui dua fase yaitu fase lahan dan fase saluran. Waktu konsentrasi adalah jumlah dari fase lahan dan fase saluran sehingga perumusannya menjadi:

Waktu Konsentrasi disaluran :

$$t_c = t_0 + t_d \dots \dots (2.12.)$$

Fase pada saat dilahan (t_0) adalah:

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \left(\frac{n}{\sqrt{S}} \right) \right]$$

Keterangan :

L = Jarak dari tempat terjauh ke saluran drainase (panjang saluran dalam meter)

S = kemiringan rata-rata daerah aliran (kemiringan dalam saluran)

n = Nilai koefisien tanah perkerasan

Fase saat di saluran adalah :

$$t_d = \left(\frac{L_s}{60V} \right) \dots \dots (2.14.)$$

L_s = Panjang saluran

Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah kedalaman air hujan atau tinggi air hujan per satuan waktu (Suripin, 2004). Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan

berlangsung, intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya, makin tinggi pula intensitasnya. Jika yang tersedia adalah data curah hujan jangka pendek maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Talbot, Sherman dan Ishiguro. Namun apabila data hujan jangka pendek/menitan tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe (Suripin, 2004).

Rumus Monorobe :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.15.)$$

Keterangan :

- R₂₄ = Curah hujan rancangan (mm)
- T_c = Waktu Konsentrasi (jam)
- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- t = Lamanya curah hujan (jam)

Koefisien Pengaliran

Koefisien Pengaliran adalah suatu nilai koefisien yang menunjukkan persentase kualitas curah hujan yang menjadi aliran permukaan dari curah hujan total setelah mengalami infiltrasi.

Untuk mendapatkan hasil perhitungan yang sama dengan keadaan dilapangan maka ditambahkan suatu koefisien pengaliran. Nilai-nilai dikoefisien pengaliran didapat dari pengamatan dimedan, sedangkan dalam perhitungan hidrologi yang dipakai adalah data curah hujan akibat adanya pengurangan.

Debit Rencana

Metode Rasional didasarkan pada persamaan berikut:

$$Q = .B.I.A \dots\dots\dots(2.16.)$$

$$Q = 0,278 C.I.A \dots\dots\dots (2.17.)$$

Keterangan :

- Q = Debit rencana (m3/detik)
- = Koefisien pengaliran
- B= Koefisien penyebar hujan
- C = Koefisien run off (tak berdimensi)
- I = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
- A= Catchman Area (luas daerah aliran sungai) (ha)

Kapasitas Saluran

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

Kapasitas debit saluran :
 $Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2.18.)$

Kecepatan aliran:
 $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2.19.)$

Jari-jari hidrolis :
 $R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.20.)$

Luas penampang basah :
 $A = b \cdot h \dots\dots\dots(2.21.)$

Keliling basah :
 $P = b + 2h \dots\dots\dots(2.22.)$

Keterangan :

- 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)

Teori Jumlah Pendudukan

a. Analisa Perkiraan Jumlah Penduduk

Dalam memperkirakan jumlah penduduk untuk masa sekarang diambil berdasarkan jumlah penduduk yang didapatkan dari pihak terkait. Dengan 3 metode berikut, dapat diperkirakan jumlah penduduk pada tahun yang akan direncanakan.

1. Metode Aritmatika

Metode ini memperkirakan pertumbuhan penduduk dengan jumlah yang sama untuk setiap tahun.

$$P_n = P_o \cdot (1 + r.n) \dots\dots\dots(2.47.)$$

2. Metode Geometri

Metode ini memperkirakan pertumbuhan penduduk yang menggunakan dasar bunga-berbunga, jadi angka pertumbuhan pendudukan sama setiap tahun.

$$P_n = P_o \cdot (1 + r)^n \dots\dots\dots(2.48.)$$

3. Metode Eksponensial

Metode ini memperkirakan pertumbuhan penduduk secara terus menerus setiap tahun dengan angka pertumbuhan yang konstan.

$$P_n = P_o \cdot e^{r.n} \dots\dots\dots(2.49.)$$

Keterangan :

- P_n = jumlah penduduk pada tahun n
- P_o = jumlah penduduk pada awal tahun
- n = periode waktu dalam tahun
- r = angka pertumbuhan penduduk

Debit Air Buangan

Untuk menghitung besarnya debit buangan rumah tangga digunakan rumus:

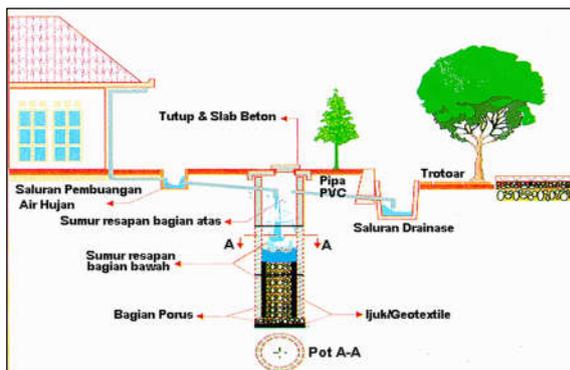
$$Q = P \times D \times A \quad \dots\dots\dots(2.50.)$$

Keterangan :

- Q = debit rata-rata
- P = kebutuhan air bersih (Liter/unit/hari)
- A = luas area (Ha)
- D = kepadatan penduduk

Tinjauan Sumur Resapan

Sumur resapan berfungsi memberikan imbuhan air secara buatan dengan cara menginjeksikan air hujan ke dalam tanah. Sasaran lokasi adalah daerah peresapan air di kawasan budidaya, permukiman, perkantoran, pertokoan, industri, sarana dan prasarana olah raga serta fasilitas umum lainnya.



Sumber : Said, N.I., Indriatmoko, H., Raharjo, N., & Herlambang, A. (2015) *Teknologi Konservasi Air Tanah Dengan Sumur Resapan*. Jakarta : Direktorat Teknologi Lingkungan.

Gambar 2.9 Pola Aliran Air Sumur Resapan

Manfaat sumur resapan adalah:

1. Mengurangi aliran permukaan sehingga dapat mencegah / mengurangi terjadinya banjir dan genangan air.
2. Mempertahankan dan meningkatkan tinggi permukaan air tanah.
3. Mengurangi erosi dan sedimentasi
4. Mengurangi / menahan intrusi air laut bagi daerah yang berdekatan dengan kawasan pantai
5. Mencegah penurunan tanah (*land subsidence*)
6. Mengurangi konsentrasi pencemaran air tanah.

3. METODOLOGI

Inventarisasi Data

Untuk memulai suatu perencanaan jaringan saluran drainase, perlu dikumpulkan data penunjang agar hasil dapat dipertanggung jawabkan. Adapun data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Data kapasitas saluran eksisting (data primer)
- b. Peta lokasi studi, data curah hujan harian maksimum, data peta topografi, data jumlah penduduk, peta tata guna lahan, peta jaringan drainase yang sudah ada (data sekunder).

Pengumpulan data :

1. Data kapasitas saluran eksisting
Data kapasitas saluran eksisting didapat dari pengukuran langsung dilapangan yang dilakukan di kecamatan kertosono kabupaten nganjuk. Data ini digunakan untuk mengevaluasi saluran yang ada, agar dapat diketahui apakah saluran tersebut masih mampu menampung debit rancangan.
2. Peta lokasi studi
Peta lokasi studi diperoleh dari Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPEDA) Nganjuk. Peta lokasi studi ini diperlukan untuk mengetahui letak lokasi yang akan dijadikan objek penelitian.
3. Data curah hujan
Data curah hujan didapat dari Dinas Pengairan Kabupaten Nganjuk. Data ini diperlukan untuk menghitung debit rancangan.
4. Data peta topografi
Data peta topografi diperoleh dari Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPEDA) Nganjuk. Peta ini digunakan untuk menentukan arah aliran, dan menentukan luas daerah pengaliran.
5. Peta tata guna lahan
Peta tata guna lahan diperoleh dari Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPEDA) Nganjuk. Peta ini digunakan untuk mengetahui lahan di daerah lokasi penelitian berkaitan dengan kerapatan tanah yang mempengaruhi besarnya aliran permukaan.
6. Data jumlah penduduk
Data jumlah penduduk diperoleh dari Biro Pusat Statistik Kabupaten Nganjuk. Data ini digunakan untuk menghitung besarnya air buangan dalam menghitung dimensi saluran.
7. Peta jaringan drainase yang sudah ada
Peta jaringan drainase yang sudah ada diperoleh dari Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPEDA) kota Nganjuk. Peta Jaringan drainase untuk mengetahui daerah mana yang harus dibuat saluran baru.

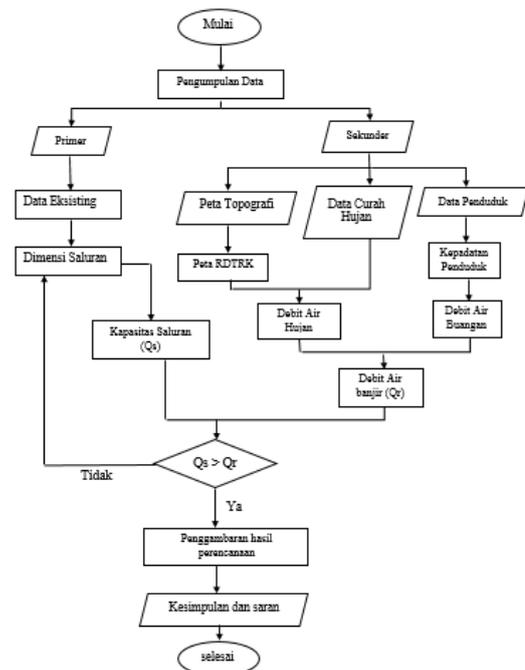
Pengolahan data

Pengolahan data melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Penentuan blok layanan
Penentuan pengaliran dengan memperhatikan topografi lokasi penelitian, letak bangunan-bangunan yang ada dan tata guna lahan. Penamaan blok layanan dan saluran proses ini dimaksudkan untuk memudahkan proses analisa terhadap masing masing ruas/saluran dan blok layanan pada saat perhitungan debit air hujan dan air buangan.
2. Perhitungan kapasitas saluran eksisting
 - i. Berdasarkan pengukuran lapangan didapatkan data dimensi saluran berupa lebar dasar saluran, dan tinggi saluran (h).
 - ii. Kemudian data tersebut diolah menggunakan kriteria perencanaan hidrolika untuk mendapatkan nilai kapasitas saluran eksisting.
3. Perhitungan debit air hujan
 - a. Hitung luas tiap zona dari masing-masing blok layanan
 - b. Tentukan koefisien pengaliran permukaan berdasarkan RDTRK
 - c. Tetapkan waktu konsentrasi untuk masing-masing blok layanan
 - d. Hitung intensitas curah hujan
 - e. Tentukan curah hujan andalan
 - f. Hitung debit air hujan tiap zona menggunakan persamaan rasional
4. Perhitungan debit air buangan
 - a. Tetapkan data perencanaan lain berupa luas daerah cakupan, kepadatan penduduk, debit air buangan rata-rata dan luas blok cakupan
 - b. Hitung debit air buangan untuk masing-masing blok layanan
5. Penentuan debit air banjir
 - a. Debit banjir merupakan penjumlahan dari debit air yang diakibatkan oleh hujan dengan debit air yang diakibatkan oleh buangan penggunaan manusia
 - b. Penjumlahan debit ini dilakukan untuk masing-masing saluran yang bersesuaian dan kemudian dijumlahkan secara kumulatif merujuk kepada arah pengaliran dari bagian hulu ke bagian hilir saluran
6. Evaluasi kinerja sistem drainase
 - a. Evaluasi terhadap kapasitas saluran dilakukan dengan membandingkan hasil debit saluran dengan debit rencana. Kapasitas saluran dinilai masih mampu melayani debit air yang mungkin terjadi apabila nilai debit saluran > debit rencana dan sebaliknya kapasitas saluran dinilai tidak mampu lagi melayani debit air yang mungkin terjadi apabila nilai debit saluran < debit rencana

- b. Evaluasi terhadap jaringan pengaliran dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui sistem drainase yang digunakan, melihat kondisi jaringan drainase yang akan mencerminkan kinerja sistem yang ada dan persoalan luapan/genangan pada lokasi penelitian
- c. Evaluasi terhadap tata letak dan pelengkap bangunan drainase dilakukan dengan melihat elevasi mulut saluran terhadap jalan raya, pipa air buangan dan *inlet* yang menuju saluran drainase
- d. Evaluasi terhadap perilaku masyarakat dilakukan dengan memberikan gambaran secara umum terhadap keadaan atas masalah yang terjadi di lokasi penelitian yang disebabkan oleh perilaku masyarakat.
- e. Jika debit air melebihi kapasitas saluran eksisting maka perlu adanya perencanaan saluran baru.
7. Perbaikan dimensi atau Penambahan saluran baru
 - a. perencanaan bentuk penampang
 - b. hitung dimensi saluran drainase rencana
 - c. hitung debit air rencana
8. Penggambaran hasil perencanaan.

BAGAN ALIR



Gambar 3.1 Bagan alir

4. Analisa dan Pembahasan

Analisa hidrologi

Dalam studi ini, data curah hujan yang digunakan hanya 1 stasiun hujan yaitu stasiun kertosono. Sehingga tidak dilakukan Uji Konsistensi dikarenakan tidak ada stasiun pembanding.

Tabel 4.1 Stasiun hujan kertosono

Tinggi Hujan (mm)	
Tahun	Sta. Kertosono
2009	125
2010	85
2011	86
2012	95
2013	145
2014	105
2015	120
2016	110
2017	100
2018	44

Uji Kesesuaian E.J. Gumbel

Menghitung Hujan Rancangan (X_t)

$$X_t = \bar{x} + K x S$$

$$\begin{aligned} X_{t \text{ 2tahun}} &= 101,5 + (-0,09761 \times 27,355) \\ &= 98,8300173 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{t \text{ 5tahun}} &= 101,5 + (1,09597 \times 27,355) \\ &= 131,4801 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{t \text{ 10tahun}} &= 101,5 + (1,76679 \times 27,355) \\ &= 153,09 \text{ mm} \end{aligned}$$

Uji Smirnov Kolmogorov pada E.J. Gumbel

Banyak data (n) = 10

Taraf signifikan (α) = 0,05

maks = 0,423

Maka didapatkan ditabel kritis Uji Smirnov - Kolmogorov nilai $cr = 0,41$ karena perbandingan nilai maks = 0,423 > $cr = 0,41$ maka disimpulkan bahwa pengujian Smirnov Kolmogorov pada hipotesa smirnov kolmogorov metode E.J.Gumbel **TIDAK DITERIMA.**

Uji Chi-Kuadrat Pada E.J Gumbel

$$X^2 = \frac{\sum(O_i - E_i)^2}{E_i} = 2,5$$

Banyak data (n) = 10

Taraf signifikan = 5%

Derajat kebebasan :

DK = K-P-L
= 5-2-1
= 2

Untuk DK=2 dan $\alpha = 5\%$ maka harga X^2 Standart = 5,991 (dari tabel) sehingga :

X^2 yang dihitung $< X^2$ standart = 2,5 < 5,991 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa uji chi kudrat pada metode Log Pearson Type III **DITERIMA.**

Uji Kesesuaian Distribusi Log Pearson Type III

- Log X 2tahun = 1,992453 mm
= 1,992453 (Anti Log)
= 98,27736 mm
- Log X 5tahun = 2,107789 mm
= 2,107789 (Anti Log)
= 128,17082 mm
- Log X 10tahun = 2,16668 mm
= 2,16668 (Anti Log)
= 146,78557 mm

Uji Smirnov – Log Pearson Type III

Nomor urut data = m
Banyak data (n) = 10
Taraf signifikan (α) = 0,05
maks = 0,202

Maka didapatkan ditabel kritis Uji Smirnov - Kolmogorov nilai $cr = 0,41$ karena perbandingan nilai maks = 0,202 < $cr = 0,41$ maka disimpulkan bahwa pengujian Smirnov Kolmogorov pada hipotesa smirnov kolmogorov metode Log Pearson Type III **DITERIMA.**

Uji Chi-Kuadrat Pada Log pearson Type III

$$X^2 = \frac{\sum(O_i - E_i)^2}{E_i} = 2,5$$

Banyak data (n) = 10

Taraf signifikan = 5%

Derajat kebebasan :

DK = K-P-L
= 5-2-1
= 2

Untuk DK=2 dan $\alpha = 5\%$ maka harga X^2 Standart = 5,991 (dari tabel) sehingga :

X^2 yang dihitung $< X^2$ standart = 2,5 < 5,991 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa uji chi kudrat pada metode Log Pearson Type III **DITERIMA.**

Kesimpulan Uji Kesesuaian Distribusi

Dari hasil perhitungan perbandingan pada pengujian di atas, data curah hujan yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya adalah data curah hujan hasil perhitungannya dapat diterima. Oleh karena itu metode yang yang digunakan adalah metode **Log Pearson Type III.**

Debit Aliran Rencana

Perhitungan debit air hujan

Saluran primer Jl. Ngronggot

Luas Daerah Pengaliran (A) = 26000 m²

Panjang saluran (L) = 921,16 m

Kemiringan dasar rata-rata saluran (s) = 0,003

Waktu konsentrasi (T_c)

$$T_c = \frac{0,0195}{60} \times \left(\frac{L}{\sqrt{s}}\right)^{0,77}$$
$$T_c = \frac{0,0195}{60} \times \left(\frac{921,16}{\sqrt{0,003}}\right)^{0,77} = 0,58 \text{ jam}$$

Intensitas curah hujan (I)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_c}\right)^{0,67}$$
$$= \frac{146,7856}{24} \times \left(\frac{24}{0,58}\right)^{0,67}$$

= 73,001 mm/jam = 0,000203 m/dtk

Koefisien pengaliran (C) = 0,42

Debit Air hujan

$$Q_{ranc} = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$
$$= 0,278 \cdot 0,42 \cdot 0,000203 \cdot 26000$$
$$= 0,06200 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Setelah melakukan perhitungan debit limpasan pada tiap-tiap saluran, selanjutnya melakukan perhitungan komulatif debit yaitu apabila ada debit aliran dari sub saluran yang masuk ke sub saluran yang lain, sehingga debit aliran air pada sub yang dilalui mengalami penambahan.

Contoh perhitungan pada saluran primer Jl. Ngronggot :

$$Q_{Komulatif} = Q_{Jl.Ngronggot} + Q_{Jl.bangsri ka} +$$
$$Q_{Jl.bangsri ki} + Q_{Jl.imam bonjol ka} +$$
$$Q_{Jl.imam bonjol ki} + Q_{Jl.tembarak X ka} +$$
$$Q_{Jl.tembarak X ki} + Q_{Jl.tembarak VII ka} +$$
$$Q_{Jl.tembarak VII ki}$$

$$Q_{komulatif \text{ jl. Ngronggot}} = 0,0620 + 0,0124 + 0,0124$$
$$+ 0,188 + 0,126 + 0,0309 + 0,0309 + 0,05514 + 0,0561$$
$$= 0,574 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Debit air kotor

Perkiraan Pertumbuhan Penduduk

Didapatkan dari BPS :
 $P_0 = 56885$ jiwa

$e = 2,718$ (koefisien eksponensial)
 $r = 0,09$ (ratio pertumbuhan penduduk)
 $n = 10$ tahun

Maka :

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n}$$
$$= 56885 \cdot 2,718^{0,09 \cdot 10}$$
$$= 139901 \text{ jiwa}$$

Jadi, didapatkan pertumbuhan penduduk pada tahun 2028 adalah 139901 jiwa.

Debit air buangan

$$Q = \frac{P_n \cdot 80\% \cdot Q_{keb}}{A}$$

Diketahui :

$$P_n = 139901 \text{ org}$$
$$Q_{keb} = 100 \text{ lt/hr/org}$$
$$A = 1736 \text{ km}^2$$

Maka :

$$Q = \frac{139901 \cdot 80\% \cdot 100}{1736}$$
$$= 0,0746188 \text{ lt/dtk/km}^2$$
$$= 0,00007 \text{ m}^3/\text{dtk/km}^2$$

Jadi besarnya debit buangan / km² adalah sebesar 0,00007 m³/dtk.

Sedangkan untuk besarnya debit buangan untuk masing-masing saluran dihitung dengan rumus :

$$Q_{air \text{ kotor}} = Q \times \text{luas daerah layanan}$$

Sebagai contoh diambil saluran diambil Jl. ngronggot dengan luas 0,026 km².

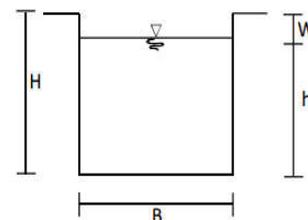
Maka besarnya debit air pada saluran tersebut adalah:

$$Q_{air \text{ kotor}} = 0,00007 \times 0,026 = 0,00000194 \text{ m}^3/\text{dtk}.$$

Debit total (Q_{ranc})

$$Q_r = Q_{air \text{ hujan komulatif}} + Q_{air \text{ kotor}}$$
$$= 0,5738 + 0,00000194$$
$$= 0,573802 \text{ m}^3/\text{dtk}.$$

Perhitungan kapasitas saluran drainase eksisting



Contoh saluran Jl. Ngronggot

$$\begin{aligned} \text{lebar dasar saluran (B)} &= 0,6 \text{ m} \\ \text{Tinggi muka air (h)} &= 0,5 \text{ m} \\ \text{Tinggi Jagaan (W)} &= 10\% \cdot h \\ &= 10\% \cdot 0,5 = 0,05 \text{ m} \\ \text{kemiringan saluran (S)} &= 0,003 \\ \text{koefisien kekerasan manning (n)} &= 0,013 \text{ (untuk beton)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang basah saluran (A)} &= B \times h \\ &= 0,6 \times 0,5 \\ &= 0,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling penampang basah saluran (P)} &= B + 2 \cdot h \\ &= 0,6 + 2 \cdot 0,5 \\ &= 1,6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{0,3}{1,6} \\ &= 0,1875 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran dasar saluran (V)} &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,013} \times 0,1875^{2/3} \times 0,003^{1/2} \\ &= 1,379 \text{ m/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas saluran (Qsaluran)} &= A \times V \\ &= 0,3 \times 1,379 \\ &= 0,414 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Analisa Kecukupan Saluran Drainase

Contoh perhitungan untuk mengetahui kapasitas saluran drainase.

$$\begin{aligned} \text{Selisih debit saluran} &= Q_{ks} - Q_{ranc} \\ &= 0,414 - 0,574 \\ &= -0,160 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diatas adalah negatif (-). Dengan begitu saluran drainase pada saluran primer jl. Ngronggot tidak mampu menampung debit rancangan. Sehingga perlunya perbaikan saluran drainase agar tidak terjadi luapan.

Solusi Terhadap Masalah Genangan

Solusi untuk saluran Jl. Ngronggot

Solusi untuk saluran ini dicoba dengan 2 cara untuk membandingkan peningkatan saluran yang ekonomis, yaitu dengan merencanakan sumur resapan atau dengan pelebaran dimensi saluran.

- Dengan cara penambahan sumur resapan

Direncanakan :

$$\begin{aligned} \text{Diameter sumur resapan (D)} &= 140\text{cm} = 1,4 \text{ m} \\ \text{Jari-jari sumur (R)} &= 70\text{cm} = 0,7 \text{ m} \\ \text{Kedalaman rencana sumur (H)} &= 500\text{cm} = 5 \text{ m} \\ \text{Koefisien permeabilitas tanah (K)} &= 0,0005 \text{ cm/dtk} \\ &= 5 \times 10^{-4} \text{ m/dtk} \\ \text{Faktor geometri (F)} &= 5,5 \times R \\ &= 5,5 \times 0,7 \\ &= 3,85 \text{ m} \\ \text{Waktu pengaliran (T)} &= 2,5 \text{ jam} = 9000 \text{ detik} \end{aligned}$$

Kapasitas Sumur

$$\begin{aligned} V_{sumur} &= \pi \cdot R^2 \cdot H \\ &= 3,14 \times 0,7^2 \times 5 \\ &= 7,693 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Debit Air Masuk Sumur

$$\begin{aligned} Q_{sumur} &= \frac{H \cdot F \cdot K}{1 - e^{-\left[\frac{F \cdot K \cdot T}{\pi \cdot R^2}\right]}} \\ &= \frac{3,85 \times 3,85 \times 0,0005}{1 - \exp\left[\frac{3,85 \times 0,0005 \times 9000}{3,14 \times 0,7^2}\right]} \\ &= 0,009625 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Debit Resap Sumur

$$\begin{aligned} Q_{resap} &= F \times K \times H \\ &= 3,85 \times 0,0005 \times 5 \\ &= 0,009625 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Waktu Resap Air Ke Dalam Tanah

$$\begin{aligned} t_{resap} &= \frac{V_{sumur}}{Q_{resap}} \\ &= \frac{7,693}{0,009625} \\ &= 799,2727 \text{ detik} = 13\text{jam } 32\text{menit} \end{aligned}$$

Waktu Pengisian Air Sumur

$$\begin{aligned} t_{pengisian} &= \frac{V_{sumur}}{Q_{sumur}} \\ &= \frac{7,693}{0,009625} \\ &= 799,2624 \text{ detik} = 13\text{jam } 32 \text{ menit} \end{aligned}$$

Jumlah Sumur Yang Diperlukan

$$\begin{aligned}n &= \frac{Q'_{\text{Genangan}}}{Q'_{\text{Sumur resapan}}} \\ &= \frac{0.0602}{0.009625} \\ &= 16,623 = 17 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{total sumur}} &= Q_{\text{tampung}} \times \text{jumlah sumur} \\ &= 0,009625 \times 17 \\ &= 0,1636 \text{ m}^3/\text{dtk}\end{aligned}$$

- Dengan pelebaran saluran
Cara kedua dengan pelebaran saluran untuk membandingkan peningkatan sistem saluran yang ekonomis.

$$\text{Tinggi saluran (h)} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar dasar saluran (b)} = 0,8 \text{ m}$$

Sebagai awal perhitungan dihitung nilai A (luas Penampang basah saluran) untuk saluran jenis segi empat :

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang basah segi empat (A)} &= b \times h \\ &= 0,8 \times 0,5 \\ &= 0,4 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Keliling basah segi empat (P)} &= b + 2h \\ &= 0,8 + 2 \times 0,5 \\ &= 1,8 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{0,4}{1,8} \\ &= 0,22 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan aliran (V)} &= \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,025} 0,22^{2/3} 0,003^{1/2} \\ &= 1,545 \text{ m/dtk}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Debit aliran (Q)} &= V \cdot A \\ &= 1,545 \times 0,4 \\ &= 0,618 \text{ m}^3/\text{dtk}\end{aligned}$$

Kapasitas Saluran yang baru dianalisa terhadap debit rencana apakah hasilnya telah sesuai dengan $(Q_r) < (Q_p)$.

Diketahui :

$$\text{Debit Rencana (} Q_r \text{)} = 0,574 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\text{Debit Saluran (} Q_p \text{)} = 0,618 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Didapat $(Q_r) < (Q_p)$, $0,618 < 0,574$. maka dimensi saluran yang baru dapat diterima.

PEMBAHASAN

Pembahasan ini bertujuan untuk membahas hasil analisa dari perhitungan diatas.



Saluran Jl. Tembarak

Gambar 4.1 saluran yang bersedimen dan banyak sampah

Dilapangan terdapat banyak sampah dan sedimen diselokan dikhawatirkan mengakibatkan pengendapan pada saluran sehingga saluran tidak beroperasi dengan maksimal. Perlu dilakukan pembersihan rutin sehingga tidak terjadi pengendapan pada saluran.



Gambar 4.2 saluran Jl. Urip sumuharjo

Solusi pada saluran Jl. Urip sumuharjo yaitu dengan pendimensian ulang pada penampang saluran. Dimensi saluran sebelumnya berbentuk trapesium, dan akan direncanakan ulang menjadi saluran berbentuk persegi. Setelah dianalisa dengan pendimensian ulang, debit saluran menjadi lebih besar dari debit rencana sehingga saluran tidak lagi terjadi luapan. Estimasi anggaran biaya konstruksi yang

diperlukan untuk pelebaran saluran adalah Rp 272.198.682,00.

Saluran Jl. Ngronggot dicoba dengan 2 cara yaitu dengan sumur resapan atau dengan pelebaran saluran.

a. Jika dengan sumur resapan, untuk 1 sumur resapan dengan diameter 1,4 m dan kedalaman 5 m diperlukan waktu pengisian sumur resapan selama 13jam 32menit sampai air sumur resapan penuh dengan kedalaman muka air tanah. Jika jangka waktu antar hujan terjadi kurang dari 13jam 32menit maka sumur tidak dapat menampung air hujan. Setelah itu, air akan keluar dari sumur menuju saluran drainase, sehingga untuk 17 sumur resapan dapat mengurangi debit genangan sebesar $0,1636 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Dari hasil analisa, perhitungan total biaya konstruksi yang diperlukan senilai Rp 3.028.500,00/sumur. Saluran primer Jl. Ngronggot membutuhkan 17 buah sumur, maka total biaya keseluruhan adalah senilai Rp 51.484.500,00.

b. Jika dengan pelebaran saluran, diperhitungkan lebar saluran yang awalnya 0,6 m direncanakan ulang dengan lebar 0,8 m. Maka, dengan dimensi yang baru direncanakan, Maka debit saluran menjadi $Q_{\text{saluran}} > Q_{\text{rancangan}} = 0,618 < 0,574 \text{ m}^3/\text{dtk}$ sehingga kapasitas saluran memenuhi. Dengan biaya konstruksi dan pembersihan lahan sebesar Rp 2.272.621.154.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil analisa, maka terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan dari hasil analisa ini secara keseluruhan adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis dan perhitungan studi ini terdapat 31 saluran yang terbagi atas 4 daerah tangkapan hujan (DTA). Hasil perhitungan kapasitas eksisting dapat dilihat pada lampiran.
2. Berdasarkan hasil analisa, dari 31 saluran terdapat 2 saluran yang tidak memenuhi debit saat ini yaitu saluran primer Jl. Ngronggot dengan debit yang tidak tertampung oleh saluran sebesar $0,160 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan saluran Jl. Urip sumuharjo ka sebesar $0,024 \text{ m}^3/\text{dtk}$.
3. - Solusi untuk saluran Jl. Urip sumuharjo ka yaitu dengan pelebaran saluran. Maka debit saluran menjadi $Q_{\text{saluran}} > Q_{\text{rancangan}} = 0,377 > 0,220 \text{ m}^3/\text{dtk}$ sehingga kapasitas saluran memenuhi. Dengan total konstruksi sebesar Rp 272.198.682,00.
- Solusi untuk saluran Jl. Ngronggot yang paling ekonomis yaitu dengan sumur resapan. Saluran Jl. Ngronggot membutuhkan 17 buah sumur resapan dengan estimasi biaya konstruksi sebesar Rp 51.484.500,00.

SARAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan maka terdapat saran yang dapat disimpulkan dari hasil perencanaan ini :

1. Sebaiknya membuat sistem drainase berwawasan lingkungan, dalam hal ini digunakan sumur resapan. Sumur resapan dibangun guna mengurangi debit air hujan yang akan mengalir ke saluran drainase sehingga tidak terjadi lagi peluapan pada saluran dan tidak memerlukan perbaikan (pendimensian ulang) sehingga tidak terjadi genangan disekitar bahu jalan.
2. Sebaiknya dilakukan pengerukan selokan air secara berkala. Tujuannya, agar selokan air tidak terjadi pendangkalan akibat lumpur yang mengendap sehingga tidak mengganggu sistem kerja saluran drainase.
3. Perlu adanya penyuluhan disetiap daerah tentang larangan membuat sampah di saluran drainase dan perlu dibuat agenda mingguan kerja bakti di setiap RT untuk membersihkan selokan dan lingkungan sekitar.
4. Selain itu juga perlu dibuatnya tempat sampah di samping sepanjang jalan agar menjadi tempat penampungan sementara agar sampah yang ada tidak dibuang ke saluran drainase.
5. Pembangunan sumur resapan hendaknya mengikuti standart yang ada pada SNI-03-2453-2002 tentang tata cara perencanaan sumur resapan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. *Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan*. Jakarta : SK SNI 03-2459 puslitbang jalan. Balitbang PU.
- Asy', Ari Ali. 2018. *Peningkatan Kinerja Sistem Drainase Kota Malang Pada Kawasan Jalan Soekarno Hatta*. Malang : Institut Teknologi Nasional Malang.
- Aulia Isramaulana. 2014. *Rencana anggaran biaya untuk sumur resapan masjid besar kota banjarbaru*. Universitas lambung mangkurat.
- Fadel, Zakaria Abbas. 2019. *Studi Perencanaan Jumlah Dan sebaran Sumur Injeksi Sebagai Upaya Penanggulangan Genangan Air Di Daerah Gadingkasri – Bareng Kecamatan Klojen Kota Malang*.

- Gabriella, Ayu Kusuma. 2013. *Evaluasi Terhadap Kinerja Sistem Drainase Ruas Jalan Basuki Rahmat*.
- Hamdani, Lubis. *Perencanaan Saluran Drainase (Studi Kasus Desa Rambah)*. Riau : Universitas Pasir Pengaraian.
- Irma, Suryanti. 2013. *Kinerja Sistem Jaringan Drainase Kota Semarang Di Kabupaten Klungkung*.
- Luthfi, Yusniar. 2014. *Kajian Pengembangan Sistem Drainase Kota Mojokerto*.
- MC GUEN. 1989. *Sistem Drainase Perkotaan Berkelanjutan*. Hal : 80-81.
- Ruchiat, Suandana. *Kinerja Sistem Drainase Kota Pontianak (Studi Kasus Kota Pontianak)*. Pontianak : Universitas Tanjungpura.
- Said, N.I., Idriatmoko., H., Raharjo, N., & Herlambang,A.
- www.kelair.bppt.go.id/Sitpa/Artikel/Sumur/Sumur.html: *Teknologi Konservasi Air Tanah Dengan Sumur Resapan*, Jakarta : Direktorat Teknologi Lingkungan .
- Subarkah Imam. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*.
- Sunjoto. 1991. *Faktor Geometrik Sumur Resapan*.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan Berkelanjutan* yogyakarta : penerbit Andi