

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BERWAWASAN LINGKUNGAN PADA PERUMAHAN GRAHA GARDENIA KECAMATAN PAKIS KABUPATEN MALANG

Farida Helmi¹, Agus Suhardono², Mohamad Zenurianto³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³.

Email: faridahelmi16@gmail.com¹, agussuhardono66@gmail.com², mzenurianto@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Permasalahan banjir yang terjadi di Perumahan Graha Gardenia Kecamatan Pakis Kabupaten Malang. Banjir terjadi akibat kapasitas drainase tidak dapat menampung debit air hujan. Akibatnya terjadi luapan ke jalan dan menimbulkan banjir di daerah hilir. Banjir terjadi pada tanggal 18/01/2022 pada saat melakukan survey. Tujuan dari pembahasan ini adalah untuk merencanakan ulang sistem drainase, menghitung debit banjir rancangan, menentukan dimensi saluran, alternatif sistem peresapan air hujan, dan menghitung biaya yang dibutuhkan. Data yang dibutuhkan yaitu peta topografi, data curah hujan dari 3 stasiun terdekat yaitu Singosari, Jabung, dan Ciliwung mulai tahun 2011 sampai 2020, data tanah dari lab uji tanah Politeknik Negeri Malang, harga satuan pokok pekerjaan Kabupaten Malang tahun 2021. Data tersebut diolah dengan menggunakan metode Gumbel I, uji kesesuaian dengan metode Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov dengan kala ulang 2 tahun, intensitas hujan dengan metode Mononobe dan debit banjir rancangan dengan metode rasional. Hasil perhitungan diperoleh curah hujan rancangan sebesar 74,387 mm/hari; debit banjir rancangan terbesar 0,101 m³/dt; drainase berwawasan lingkungan menggunakan sumur resapan dengan dimensi 1 meter dengan kedalaman 1,5 meter; dimensi saluran sebesar 0.4 m x 0.5 m; biaya konstruksi sebesar Rp 1.490.712.000,00

Kata Kunci: saluran drainase, sumur resapan, rencana anggaran biaya

ABSTRACT

The problem of flooding that occurred of Graha Gardenia Housing Pakis Sub-District Malang District. The floods occur because the drainage capacity cannot accommodate the rainwater discharge. As a result, it overflows onto the road and causes flooding in the downstream area. The flood occurred on 18/01/2022 during the survey. The purpose of this discussion is to redesign the drainage system, to find out the discharge of planned flooding, determine the dimensions of the channel and alternative rainwater infiltration systems, and to estimate the cost. The data needed are topographic maps, rainfall data from the 3 nearby stations of Singosari, Jabung, and Ciliwung from 2011 to 2020, soil data from soil laboratory of State Polytechnic of Malang, and the work unit price of Malang District 2021. The data is processed using the Gumbel I method, suitability test with Chi-Square method and Smirnov-Kolmogorov by a period of 2 years cycled, rain intensity with the Mononobe method and design flood discharge with the Rational method. The calculation result the design rainfall is 74,387 mm/day; design flood discharge of 0,101 m³/second; environmental drainage using infiltration wells with dimensions of 1 meters with a depth of 1,5 meters; channel dimensions of 0.4 m x 0.5 m; construction costs of IDR. 1,490,712,000.00

Keywords: drainage channel, infiltration well, cost estimate

1. PENDAHULUAN

Perumahan Graha Gardenia merupakan perumahan yang terletak di kecamatan Pakis Kabupaten Malang. Perumahan ini masuk dalam wilayah RW 14 Desa Saptorenggo yang berbatasan dengan Desa Tirtomoyo di sebelah utara, dengan Desa Asrikaton di sebelah selatan, dengan Desa Mangliawan dan Tirtomoyo di sebelah barat, dan Desa Asrikaton di sebelah Timur.

Perumahan ini dibangun pada tahun 2004 dengan lahan seluas ±5,1 Ha. Berdasarkan pengamatan di lapangan saluran drainase mengalami kerusakan, beberapa saluran terbuat dari tanah dan juga terdapat saluran yang belum dibangun. Menurut Luluk (2021) sebagai warga setempat selama ini belum pernah dilakukan rencana ulang untuk saluran drainase. Kapasitas saluran tidak dapat menampung debit air juga dikarenakan adanya perbedaan intensitas hujan yang direncanakan pada tahun 2004 lalu. Akibatnya pada perumahan ini sering terjadi luapan ke jalan dan menimbulkan banjir seperti yang terjadi pada tanggal 18/01/2022. Banjir tersebut juga dikarenakan beberapa saluran mengalami pengecilan dimensi akibat adanya sedimen tanah, rumput liar dan sampah yang masuk ke dalam saluran. Kondisi ini juga diperparah karena keterbatasan daerah resapan air hujan.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dilakukan kaji ulang sistem drainase pada daerah perumahan Graha Gardenia ini.

2. METODE

Metode yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian ini yaitu dimulai dari pengolahan data hujan, evaluasi debit rencana dan eksisting, perhitungan drainase berwawasan lingkungan, perhitungan dimensi saluran drainase serta menghitung RAB yang dibutuhkan.

Analisis Hidrologi

Uji konsistensi dapat dilakukan dengan metode kurva massa ganda (*doublemass curve*). Metode ini dilakukan dengan cara membandingkan hujan kumulatif dari stasiun hujan yang diteliti dengan nilai kumulatif curah hujan rata-rata dari beberapa stasiun hujan lain yang berdekatan. Nilai kumulatif tersebut digambarkan pada sistem koordinat x-y, kurva tersebut diperiksa untuk melihat kemiringan (trend). Jika garis berbentuk lurus, berarti data konsisten. Jika kemiringan patah/berubah, berarti data tidak konsisten perlu dikoreksi dengan mengalikan dengan faktor koreksi.

$$M = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \dots\dots\dots(1)$$

$$F = M2/M1 \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan

F = Faktor koreksi

M1, M2 = Koefisien regresi (kemiringan garis regresi)

n = Jumlah data

x_i = Nilai variable independen yang mempunyai nilai tertentu

y_i = Nilai variable independen yang diprediksi

Menghitung curah hujan rancangan menggunakan metode analisa statistik dengan memilih metode distribusi yang akan digunakan berdasarkan nilai koefisien kepencengan (*skewness*) dan koefisien kepuncakan (*kurtosis*) yang dirumuskan sebagai berikut (Soemarto, 1999):

$$Cs = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots(3)$$

$$Ck = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \dots\dots\dots(4)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

Ck = Koefisien kepuncakan

Cs = Koefisien kemencengan

\bar{X} = Rerata data hujan (mm)

S = Standar deviasi

X = Data Hujan (mm)

Tabel 1. Syarat Penentuan Distribusi

No	Jenis Sebaran	Syarat
1	<i>Gumbel Type I</i>	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002
2	Log Pearson III	Cs ≠ 0

Sumber: Soemarto, 1999

Untuk mengetahui distribusi yang digunakan sudah sesuai atau tidak, maka dilakukan uji kesesuaian distribusi menggunakan metode uji *Smirnov-Kolmogorov* untuk pengujian horizontal dan uji *Chi-Square* untuk pengujian vertikal. Berikut rumus uji simpangan horizontal

Menghitung peluang empiris kejadian

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

P = Peluang

m = Data urutan ke-...

n = Jumlah seluruh data

$$|\Delta P| = |P_{empiris} - P_{teoritis}| \dots\dots\dots(7)$$

Berikut rumus uji simpangan vertikal menggunakan parameter X² sehingga disebut uji *Chi-Square*.

$$X^2 \text{ hit} = \sum \frac{(X_{empiris} - X_{teoritis})^2}{X_{teoritis}} \dots\dots\dots(8)$$

Menurut Suripin (2004) jika data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data harian, maka perhitungan intensitas hujan dapat dilakukan menggunakan rumus mononobe, berikut:

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

- I = Intensitas Hujan (mm/jam)
- R24 = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm/hari)
- t_c = Waktu konsentrasi hujan (jam)

$$t_c = t_0 + t_d \dots\dots\dots (10)$$

nilai t₀ dan t_d dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right]^{0,167} \dots\dots\dots (11)$$

$$t_d = \frac{L_s}{60 \times v} \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan:

- t₀ = waktu yang dibutuhkan untuk air hujan masuk ke saluran (m/menit)
- n = koefisien hambatan (Manning)
- S = kemiringan lahan (%)
- L₀ = panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)
- t_c = waktu konsentrasi hujan (jam)
- t_d = waktu yang dibutuhkan air dari hulu sampai ke hilir saluran (m/menit)
- L_s = panjang lintasan aliran dalam saluran (m)
- v = kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

Selanjutnya adalah menghitung debit banjir rancangan menggunakan metode rasional. Rumus Rasional adalah metode yang paling sederhana dalam memperhitungkan debit banjir rancangan. Perhitungan ini menggunakan rumus sebagai berikut (Suripin, 2004):

$$Q = 0,002778 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

- Q = debit banjir rancangan (m³/detik)
- C_i = koefisien pengaliran (tabel)
- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
- A_i = luas daerah pengaliran (ha)

Debit Air Limbah

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman, rumah makan (restaurant), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Air limbah domestik umumnya mengandung senyawa polutan organik yang cukup tinggi, dan dapat diolah dengan proses pengolahan secara biologis (Yudo dan Setiyono 2008).

Sumur Resapan

Menurut Kusnaedi (2007) sumur resapan memiliki beberapa fungsi yaitu pengendali banjir, melindungi dan memperbaiki (konservasi) air tanah, serta menekan laju erosi.

Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke dalam sumur dan air yang meresap ke dalam tanah (Sunjoto, 1988) dan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H = \frac{Q}{FK} \left(1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right) \dots\dots\dots (14)$$

Faktor geometrik tergantung pada berbagai keadaan sebagaimana dan secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$Q_0 = F \times K \times H \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan:

- H = tinggi muka air dalam sumur (m)
- F = Faktor geometric (m)
- Q₀ = debit resapan (m3/det)
- T = waktu pengaliran (detik)
- K = koefisien permeabilitas (m/det)
- R = jari-jari sumur (m)

Analisis Hidrolika

Kecepatan aliran saluran dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan Manning berikut:

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

Keterangan:

- V = kecepatan aliran (m/detik)
- n = koefisien kekasaran
- s = kemiringan saluran
- R = radius hidrolik

Gaya gravitasi dan gaya inersia yang dinyatakan dengan bilangan *Froude* (Fr). Rumus untuk bilangan *froude* yaitu:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

Keterangan:

- Fr = Bilangan *Froude*
- V = Kecepatan aliran (m/detik)
- G = Gaya gravitasi (m/detik²)
- H = Kedalaman aliran (m)

ebit yang mengalir pada saluran dihitung dengan rumus kontinuitas, yaitu:

$$Q = V \times A \dots\dots\dots (16)$$

Keterangan:

- Q = debit pada saluran (m³/detik)
- V = kecepatan aliran (m/detik)
- A = luas penampang saluran (m²)

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya suatu proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah dan alat, Anggaran biaya sangat berperan penting bagi proses proyek konstruksi dimana memiliki fungsi sebagai pengendali sumber daya seperti material, tenaga kerja, dan pekerjaan lainnya (Bachtiar Ibrahim, 2001).

$$RAB = \sum (Volume \times Harga \text{ Satuan Pekerjaan}) \dots\dots\dots (17)$$

Rumus harga satuan pekerjaan adalah sebagai berikut:

$$HSP = \sum (Koefisien \times Harga \text{ satuan pasar}) \dots\dots\dots (18)$$

Keterangan :

Koefisien = angka pengali

Harga satuan pasar = harga yang berlaku pada saat itu

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peta Jaringan

Berikut merupakan gambar peta jaringan drainase pada Perumahan Graha Gardenia Kecamatan Pakis Kabupaten Malang:



Gambar 1 Peta Jaringan Drainase

Kondisi Saluran Eksisting

Kondisi saluran eksisting Perumahan Graha Gardenia Kecamatan Pakis hasil survey pada tanggal 2 Desember 2021.

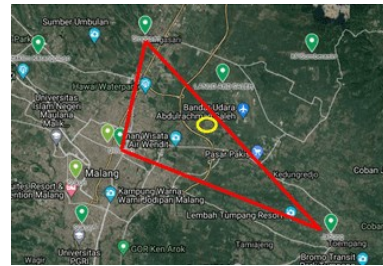
No	Blok	Nomor Saluran	Potongan Melintang Saluran	Foto	Jenis Bangunan	Bahan	Dimensi (m)		Kondisi Bangunan	Lebar Jalan (m)
							b	h		
1	1	1-2			Terbuka	Batu Batu	0,4	0,4	Ditambuh karat	5
2	1	2-4			Tidak terdapat saluran	Tidak ada saluran	-	-	Tidak terdapat saluran	6
3	1	3-4			Terbuka	Batu Batu	0,3	0,4	Terdapat sedimen dan ditambuh rumput liar	4

Gambar 2 Kondisi Saluran Eksisting

Sumber: Hasil Survey, 2021

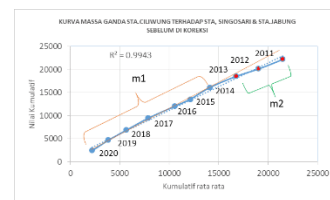
Analisis Hidrologi

Data curah hujan digunakan untuk menentukan nilai debit banjir rencana. Data curah hujan yang digunakan yaitu tiga stasiun hujan terdekat yang mengelilingi Perumahan Graha Gardenia. Data tersebut adalah data curah hujan selama sepuluh tahun terakhir mulai tahun 2011 sampai 2020. Tiga stasiun pencatat hujan yang dijadikan acuan yaitu Stasiun Ciliwung, Stasiun Singosari, dan Stasiun Jabung.



Gambar 3 Peta Stasiun Hujan Terdekat
(Sumber : <http://bit.ly/stasiunhujanjatim>)

Uji konsistensi dilakukan menggunakan metode kurva massa ganda, untuk mengetahui angka-angka yang dianggap tidak konsisten.



Gambar 4 Grafik Kurva Massa Ganda Stasiun Ciliwung terhadap Stasiun Singosari dan Jabung Sebelum Dikoreksi

Stasiun Ciliwung terhadap Stasiun Singosari dan Stasiun Jabung terdapat patahan garis, maka perlu dilakukan koreksi nilai M1 dan M2.

$$M1 = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = \frac{7(655524221) - (56446)(65068)}{7(572380875,5) - (56446)^2} = 1,116$$

$$M2 = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = \frac{3(1170164263) - (57333)(60778)}{3(1106803931) - (57333)^2} = 0,777$$

$$F = \frac{M1}{M2} = \frac{1,116}{0,777} = 1,437$$

Selanjutnya mengalikan faktor koreksi dengan data yang tidak konsisten.

Pemilihan distribusi hujan rancangan menggunakan nilai koefisien kepeccengan (Cs) dan koefisien kepuncakan (Ck). Pada perhitungan diatas didapatkan nilai Cs = 0,804 ≤ 1,1396 dan nilai Ck = 3,668 ≤ 5,4002 maka perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Gumbel Tipe I.

Uji distribusi bertujuan untuk melihat kesesuaian metode distribusi yang digunakan untuk data hujan tersebut

Metode *Smirnov-Kolmogorov* untuk simpangan horizontal
- Cari nilai Do pada Tabel untuk jumlah data 10 dan α= 0,05
nilai Do= 41%

- Jika nilai ΔP < Do, maka distribusi gumbel sesuai 10% < 41%(sesuai)

Metode *Chi-Square* untuk simpangan vertikal

- Hitung nilai *Chi-Square* (X² hit)

$$X^2_{hit} = \frac{\sum (X_{empiris} - X_{teoritis})^2}{X_{teoritis}} = \frac{\sum (114,537 - 114,537)^2}{114,537} = 0,00$$

- Hitung jumlah *Chi-Square* (X^2 hit)

$$\sum X^2_{hit} = 0,000+0,000+0,237+0,291+0,000+0,101$$

$$+0,582+0,163 +0,000+0,554$$

$$= 1,928$$
- Menentukan nilai *Chi-Square*

$$df = n - \text{jumlah variabel} - 1$$

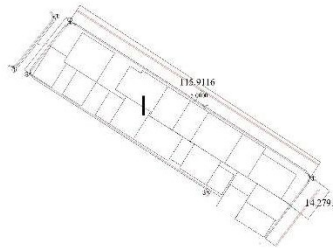
$$= 10 - 2 - 1 = 7$$

Jadi, nilai $X^2_{tabel} = 14,017$ untuk $df = 7$ dan $\alpha = 0,05$
- Jika nilai $X^2_{hitung} < X^2_{tabel}$ maka distribusi gumbel sesuai

$$1,928 < 14,017 \dots \dots \text{(memenuhi)}$$

Analisis Hidrolika

Waktu konsentrasi dihitung dari limpasan jalan dan rumah. Berikut adalah perhitungan waktu konsentrasi pada Blok I saluran 1-2 dari limpasan jalan dan limpasan dari rumah.



Gambar 5 Denah Blok I Saluran 1-2

Perhitungan Waktu Konsentrasi

- Menghitung t_0

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{n}{\sqrt{S}}\right)^{0,167}$$

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}}\right)^{0,167}$$

$$t_0 = 1,001 \text{ menit}$$
- Menghitung t_d

$$t_d = \frac{L_s}{60 \times V}$$

$$t_d = \frac{115,9116}{60 \times 1,5}$$

$$t_d = 1,288 \text{ menit}$$
- Menghitung t_c

$$t_c = t_{0 \max} + t_d$$

$$t_c = 1,001 + 1,288$$

$$t_c = 2,289 \text{ menit} = 0,038 \text{ jam}$$

Intensitas Curah Hujan

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = \frac{74,387}{24} \left(\frac{24}{0,038}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 227,576 \text{ mm/jam}$$

Debit Banjir Rancangan

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$= \frac{(0,058 \times 0,7) + (0,167 \times 0,6)}{0,225}$$

$$= 0,63$$

$$Q = C \times I \times A$$

$$Q = 0,002778 \times 0,63 \times 227,576 \times 0,225$$

$$Q = 0,089 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit Air Kotor

Penentuan debit air limbah berdasarkan tipe rumah

$$Q = \text{Jumlah penduduk} \times Q_{limbah}$$

$$= 38 \text{ orang} \times 0,00000347 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 0,000132 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Perencanaan Sumur Resapan

Material sumur resapan yang digunakan adalah penutup sumur menggunakan beton bertulang tebal 10 cm, dinding sumur menggunakan beton bertulang pracetak tebal 8 cm, pipa PVC Ø4 inch, dan lapisan bawah sumur resapan menggunakan batu belah 20 cm dan ijuk 10 cm. Berikut adalah contoh perhitungan sumur resapan.

- Mencari muka air sumur

$$H = \frac{Q}{F \times K} \left(1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}}\right)$$

$$= \frac{0,0062}{2,2 \times 0,00000126} \left(1 - e^{-\frac{2,2 \times 0,00000126 \times 61,7386}{3,14 \times 0,4^2}}\right)$$

$$= 1 \text{ m}$$

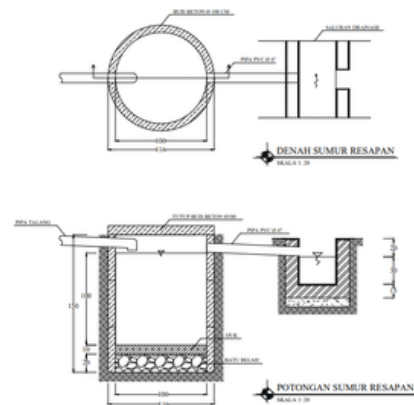
- Menghitung daya resap menggunakan

$$Q_0 = F \times K \times H$$

$$= 2,75 \times 0,00000126 \times 1$$

$$= 0,00000347 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Jadi digunakan sumur dengan diameter 1m dengan kedalaman 1,5 m sesuai dengan gambar rencana berikut.



Gambar 6 Sumur Resapan

Perhitungan Debit Kumulatif

Perhitungan pada saluran 1-2:

$$Q \text{ kumulatif} = Q \text{ hujan} + Q \text{ limbah} + Q \text{ saluran sebelumnya} - Q \text{ sumur}$$

$$Q \text{ hujan} = 0,089 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q \text{ limbah} = 0,000132 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q \text{ sal. Sebelumnya} = 0$$

$$Q \text{ kumulatif} = 0,089 + 0,000132 + 0 - 0,00000693 = 0,0892 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Perhitungan Dimensi Saluran Eksisting

Dalam evaluasi saluran eksisting dapat dilakukan dengan berdasarkan data Q rencana.

Berdasarkan Q rencana

Berikut merupakan contoh perhitungan dimensi saluran pada Blok G saluran 1-2 berdasarkan Q rencana.

1. Q rencana = 0,055 m³/dt
2. Dimensi saluran eksisting
b eksisting = 0,4
h eksisting = 0,3 m
3. Kontrol kecepatan saluran
Syarat : $V_{maks} \geq V \geq V_{min}$
 $2 \text{ m}/\text{dt} \geq 0,4585 \text{ m}/\text{dt} \geq 0,6 \text{ m}/\text{dt} \rightarrow$

(Tidak Memenuhi)

4. Kontrol bilangan Froude
 $Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} < 1$
 $= \frac{0,4585}{\sqrt{9,81 \times 0,3}} < 1$
 $= 0,267 < 1 \rightarrow$ **(Memenuhi)**

Dilihat dari kontrol saluran di atas, dimensi saluran pada Blok G saluran 1-2 bahwa kecepatan saluran tidak memenuhi. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan ulang pada saluran dengan cara Faktor Vr dan Fr ditentukan agar memenuhi.

Perhitungan Dimensi Saluran Baru

Perhitungan dimensi baru berdasarkan Faktor Kecepatan rencana (Vr) dan bilangan Froude (Fr) yang sudah ditentukan untuk perhitungan dimensi baru.

Berikut merupakan contoh perhitungan dimensi saluran pada Blok I saluran 1-2

- a. Menentukan Vr dan Fr
Vr = 1,5 m/s (0,6-2 m/s)
Fr = 0,9 (Subkritis)
- b. Menghitung tinggi (h) saluran eksisting
b eksisting = 0,4
h eksisting = 0,4 – tinggi jagaan minimum
= 0,4 – 0,2
= 0,2 m

- c. Menghitung tinggi (h) basah berdasarkan Vr dan Fr

$$h = \frac{\left(\frac{Vr}{Fr}\right)^2}{g}$$

$$= \frac{\left(\frac{1,5}{0,9}\right)^2}{9,81}$$

$$= 0,28 \text{ m}$$

- d. Menghitung luas penampang basah saluran persegi

$$\text{Luas (A)} = b \times h$$

$$= 0,4 \times 0,28$$

$$= 0,11 \text{ m}^2$$

- e. Menghitung keliling basah saluran persegi

$$P = b + (2 \times h)$$

$$= 0,4 + (2 \times 0,28)$$

$$= 0,97 \text{ m}$$

- f. Menghitung jari-jari hidrolis persegi

$$R = A/P$$

$$= 0,11/0,97$$

$$= 0,12 \text{ m}$$

- g. Menghitung S rencana berdasarkan Faktor Vr

$$S = \left(\frac{n \times Vr}{R^{2/3}}\right)^2$$

$$= \left(\frac{0,015 \times 1,5}{0,12^{2/3}}\right)^2$$

$$= 0,009$$

- h. Menghitung Debit baru

$$Q \text{ kap} = Vr \times A$$

$$= 1,5 \times 0,11$$

$$= 0,170 \text{ m}^3/\text{dt}$$

- i. Menghitung bilangan froude (Fr)

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} = \frac{1,5}{\sqrt{9,81 \cdot 0,28}} = 0,900$$

- j. Kontrol debit saluran

Debit hitungan harus lebih besar dari debit rencana atau sama dengan debit rencana . Dengan debit rencana sebesar 0,089 m³/dt, maka :

$$Q \text{ kap} \geq Q \text{ rencana}$$

$$0,170 \geq 0,089 \rightarrow$$
 (Memenuhi)

- k. Kontrol bilangan Froude

Untuk kontrol aliran pada saluran ditentukan dengan bilangan Froude < 1, bilangan Froude pada saluran ini yaitu:

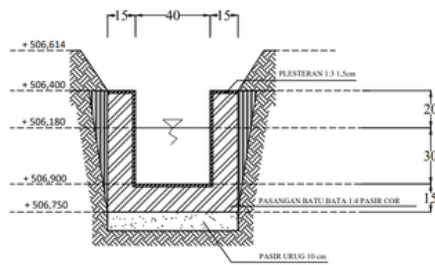
$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} < 1$$

$$= \frac{1,5}{\sqrt{9,81 \cdot 0,3}} < 1$$

$$= 0,874 < 1 \rightarrow$$
 Subkritis (Memenuhi)

Dilihat dari kontrol saluran di atas, dimensi baru pada Blok I saluran 1-2 bahwa Debit dan bilangan Froude sudah memenuhi.

Berikut merupakan gambar hasil perhiungan dimensi saluran baru.

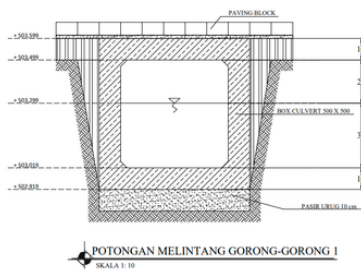


Gambar 7 Potongan Melintang Saluran I 1-2

Bangunan Pelengkap

1. Gorong-Gorong

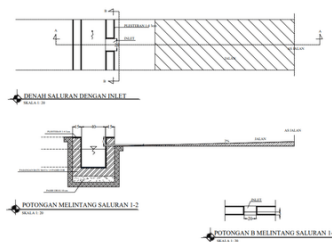
Dengan menggunakan perhitungan yang sama seperti perhitungan dimensi saluran. Maka dapat diketahui gorong-gorong 1 yang akan digunakan adalah menggunakan box culvert ukuran 50 x 50 cm.



Gambar 8 Potongan Melintang Gorong-Gorong 1

2. Curb Inlet

Panjang saluran (Ld) = 115,912 m
 Lebar bukaan (L) = 0,2 m
 Tinggi air (d) = 0,05 m
 Q jalan = 0,0256 m³/dt
 Debit yang mampu ditampung :
 Q inlet = $0,36 \times g \times d^{3/2} \times L$
 = $0,36 \times 9,81 \times 0,05^{3/2} \times 0,2$
 = 0,0079 m³/dt
 Jumlah kebutuhan inlet = Q jalan / Q inlet
 = 0,0256 / 0,0079
 = 3,25 → 4 inlet



Gambar 9 Denah Inlet Saluran 1-2

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya pekerjaan drainase adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan, upah, alat, serta biaya – biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan tersebut. Pembangunan saluran drainase pada proyek ini membutuhkan biaya sebesar Rp 1.490.712.000,00

4. KESIMPULAN

Kondisi saluran eksisting pada perumahan ini tidak dapat menampung debit dan juga kecepatan yang direncanakan, dan juga terdapat beberapa yang masih belum terdapat saluran drainase, dan masih berupa tanah. Berdasarkan perhitungan evaluasi saluran eksisting dari 48 saluran terdapat 37 saluran yang tidak memenuhi atau 77%. Sehingga perlu dilakukan redesign secara keseluruhan. Debit banjir rancangan terbesar dengan menggunakan metode rasional kala ulang 2 tahun pada blok H saluran 1-7 yaitu sebesar 0,101 m³/dt. Dimensi saluran yang digunakan bervariasi. Dari hasil perhitungan didapat dimensi terkecil yaitu dengan lebar 0,3 meter dan tinggi 0,5 meter. Dimensi terbesar yaitu dengan lebar 0,5 meter dan tinggi 0,6 meter. Sistem peresapan air yang digunakan adalah sumur resapan menggunakan bus beton dengan diameter 1 meter dan kedalaman 1,5 meter. Total biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan saluran drainase yaitu sebesar Rp 1.490.712.000,00

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ibrahim, H. Bachtiar. 2001. *Real dan Estimate Real of Cost*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- [2] Kusnaedi. 2007. *Sumur Resapan untuk pemukiman perkotaan dan pedesaan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- [3] Soemarto. 1999. *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- [4] Sunjoto. 1987. *Sistem Drainase Air Hujan yang Berwawasan Lingkungan*. Yogyakarta: Teknik UGM.
- [5] Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- [6] Yudo, S & Setiyono. 2008. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Rumah Susun Karang Anyar*. Jakarta: Jurnal Teknik Lingkungan