

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BERWAWASAN LINGKUNGAN PADA KAWASAN JALAN PELTU SUJONO-SUSANTO KOTA MALANG

Musrifatunnisa¹, Sutikno², Winda Harsanti³

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: musrifatunnisa87@gmail.com¹, sutikno.civil@gmail.com², wharsanti@gmail.com³

ABSTRAK

Perencanaan ulang drainase diperlukan agar tidak terjadi banjir pada kawasan Jalan Peltu Sujono-Susanto Kota Malang. Banjir terjadi akibat dari saluran drainase yang tidak dapat menampung besarnya limpasan air hujan. Genangan air ini mengganggu aktivitas warga, sepeda motor dan mobil pengguna jalan mogok saat melintasi kawasan tersebut. Tujuan dari skripsi ini adalah mengetahui sistem jaringan dan kapasitas eksisting drainase kawasan, mengetahui debit saluran bangunan drainase, merancang saluran drainase dan drainase berwawasan lingkungan, mengetahui dimensi saluran drainase, dan menghitung biaya konstruksi. Data yang dibutuhkan yaitu kondisi eksisting saluran drainase, peta topografi, site plan, data curah hujan dari 3 stasiun terdekat: Ciliwung, Sukun, dan Petungsewu tahun 2011 sampai 2020, jumlah penduduk, data tanah dan harga satuan pekerjaan Kota Malang tahun 2021. Metode dari penelitian ini adalah survey dan observasi kondisi eksisting saluran drainase, mengolah data curah hujan menggunakan metode Gumbel I, uji kesesuaian dengan metode Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov dengan kala ulang 5 tahun, intensitas hujan dengan metode Mononobe, debit banjir rancangan dengan metode rasional dan mendesain saluran drainase. Hasil perhitungan diperoleh curah hujan rancangan 5 tahun sebesar 85,887 mm/hari; debit banjir rancangan sebesar 1,355 m³/dt; drainase berwawasan lingkungan menggunakan sumur resapan dengan diameter 1 meter dengan kedalaman 1,5 meter; dimensi saluran terbesar 1,5 m x 1,8 m; biaya konstruksi sebesar Rp. 2.607.636.000,00.

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

ABSTRACT

Drainage redesign is needed to prevent flooding of the area Jalan Peltu Sujono-Susanto Malang District. Flood occur as a result of drainage channels that cannot accommodate the amount of rainwater runoff. This puddle of water disrupts the activities of residents, motorcycles and cars of road users breaking down while crossing the area. The purposes of this thesis is to determine the network system and the existing drainage capacity of the area, to determine the discharge of drainage building channels, to design drainage and drainage channels with environmental perspective, to determine the dimensions of drainage channels, and to calculate construction costs. The data needed are the existing condition of drainage channels, topographic maps, site plans, rainfall data from the 3 closest stations: Ciliwung, Sukun, and Petungsewu from 2011 to 2020, population, land data and work unit prices for Malang Distric in 2021. The method of This research is a survey and observation of the existing condition of drainage channels, processing rainfall data using the Gumbel I method, conformity test using the Chi-Square and Smirnov-Kolmogorov methods with a 5 year return period, rainfall intensity using the Mononobe method, design flood discharge using the rational and design of drainage channels. The calculation results obtained that the 5-year design rainfall of 85.887 mm/day; design flood discharge of 1,355 m³/s; environmentally sound drainage using infiltration wells with a diameter of 1 meter and a depth of 1.5 meters; largest channel dimensions of 1.5 m x 1.8 m; construction costs of IDR. 2,607,636,000.00.

Keywords: drainage channel, infiltration well, cost estimate

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk di Kota Malang setiap tahunnya terus bertambah menyebabkan perubahan fungsi lahan sehingga berkurangnya lahan kosong untuk resapan air hujan. Jika musim hujan tiba dengan intensitas tinggi mengakibatkan terjadinya banjir, banjir terjadi karena debit atau volume air yang mengalir pada suatu saluran drainase melebihi kapasitas pengalirannya. Dalam sepuluh tahun terakhir ini, luas area dan frekuensi banjir semakin bertambah dengan kerugian yang makin besar (Rosyidie, 2013).

Pada dekade akhir ini semakin meningkatnya intensitas air hujan sering terjadi bencana banjir di daerah Kota Malang salah satunya pada kawasan Jalan Peltu Sujono yang terletak di Kecamatan Sukun, Kota Malang, Provinsi Jawa Timur. Dari Kompas TV (1/12/2021) menyebutkan “Genangan air di jalan kerap terjadi saat musim hujan, terlebih jika curah hujan cukup tinggi”. Banjir yang terjadi di Jalan Peltu Sujono Kota Malang terjadi pada saat musim hujan tinggi sehingga air membanjiri jalan tersebut. Air berasal dari drainase yang meluap hingga ke jalan sehingga mengganggu aktivitas warga dan tak jarang sepeda motor bahkan mobil pengguna jalan mogok saat melintasi kawasan tersebut. Dalam mengatasi permasalahan tersebut perlu mengatur kembali sistem drainase dan sistem peresapan air hujan menggunakan sumur resapan.

Perencanaan ulang saluran drainase ini dapat meminimalisir dan mencegah banjir pada kawasan Jalan Peltu Sujono-Susanto Kota Malang serta dapat memenuhi kebutuhan debit pada saluran yang akan direncanakan dan sesuai dengan syarat perencanaan sehingga dapat meningkatkan kualitas saluran drainase dan tidak akan terjadi banjir pada saat hujan lebat.

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

Metode Normal Ratio adalah salah satu metode yang digunakan untuk mencari data yang hilang. Metode perhitungan yang digunakan cukup sederhana yakni dengan memperhitungkan data curah hujan di stasiun hujan yang berdekatan untuk mencari data curah hujan yang hilang di stasiun tersebut. Variabel yang diperhitungkan pada metode ini adalah curah hujan harian di stasiun lain dan jumlah curah hujan 1 tahun pada stasiun lain tersebut. Rumus Metode Normal Ratio untuk mencari data curah hujan yang hilang sebagai berikut Sri Harto, (1993):

$$dx = \frac{1}{n} \sum \left(\frac{di}{Ani} \cdot Anx \right) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- dx : data hujan harian di Sta.x yang hilang
- di : data hujan hujan harian di stasiun sekitar Sta.x pada tahun yang sama
- Anx : tinggi hujan harian rata-rata seluruh tahun di Sta.x
- Ani : tinggi hujan harian rata-rata seluruh tahun di stasiun sekitar Sta.x
- n : banyaknya stasiun di sekitar Sta.x

Kemudian dilanjutkan dengan 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.

$$M = \frac{n \sum xi \cdot yi - (\sum xi)(\sum yi)}{n \sum xi^2 - (\sum xi)^2} \dots \dots \dots (2)$$

$$F = M2/M1 \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan

- F = Faktor koreksi
- M1, M2 = Koefisien regresi (kemiringan garis regresi)
- n = Jumlah data
- xi = Nilai variable independen yang mempunyai nilai tertentu
- yi = 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):

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

$$Ck = \frac{n^2 \sum (xi - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \dots \dots \dots (5)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{X})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (6)$$

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>	$Cs \leq 1,1396$
2	Log Pearson III	$Ck \leq 5,4002$ $Cs \neq 0$

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

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

P = Peluang

m = Data urutan ke-...

n = Jumlah seluruh data

$$|\Delta P| = |P_{empiris} - P_{teoritis}| \dots\dots\dots (8)$$

Berikut rumus uji simpangan vertikal menggunakan parameter X^2 sehingga disebut uji *Chi-Square*.

$$X^2 \text{ hit} = \sum \frac{(x_{empiris} - x_{teoritis})^2}{x_{teoritis}} \dots\dots\dots (9)$$

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:

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

R24 = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm/hari)

t_c = Waktu konsentrasi hujan (jam)

$$t_c = t_0 + t_d \dots\dots\dots (11)$$

nilai t_0 dan t_d dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right]^{0,167} \dots\dots\dots (12)$$

$$t_d = \frac{L_s}{60 \times V} \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

t_c = waktu konsentrasi (jam)

t_0 = waktu terlama yang dibutuhkan oleh air hujan untuk mengalir di atas permukaan tanah kesaluran yang terdekat (jam)

t_d = waktu yang diperlukan bagi air mulai dari masuk di ujung hulu dan mengalir hingga hilir (jam)

L_0 = panjang lintasan aliran di atas permukaan daerah pengaliran (m)

n_d = koefisien hambatan karena kekasaran permukaan daerah pengaliran

S = kemiringan permukaan daerah pengaliran (%)

L_s = panjang lintasan aliran di saluran (m)

V = kecepatan aliran di saluran (m/dt)

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):

$$Q = C \times I \times A \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan:

Q = debit banjir rancangan (m^3/dt)

C = koefisien pengaliran

I = Intensitas curah hujan (m/detik)

A = Luas daerah pengaliran (m^2)

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

Sumur resapan difungsikan untuk menampung air hujan di muka tanah, di permukaan jalan atau gang dan meresap ke dalam tanah (Hasmar, 2012:51).

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:

$$H = \frac{Q}{FK} \left(1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right) \dots\dots\dots (15)$$

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

$$Q_0 = F \times K \times H \dots\dots\dots (16)$$

Keterangan:

H = tinggi muka air dalam sumur (m)

F = Faktor geometric (m)

Q_0 = debit resapan (m^3/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 hidrolis

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:

$$Q = V \times A \dots \dots \dots (17)$$

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).

$$RAB = \Sigma (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Saluran Eksisting

Kondisi saluran eksisting Jalan Peltu Sujono-Susanto di Kelurahan Ciptomulyo hasil survey pada tanggal 5 Desember 2021.

No	No. Saluran	Pot. Melintang saluran	Foto Saluran	Jenis Bang	Bahan	Dimensi Bangunan (cm)		Kondisi Bangunan	Kemiringan saluran
						b	h		
1	1-2			Terbuka	Bata Bata	45	35	Terdapat sodiran	0.0010
2	3-2			Terbuka	Bata Bata	60	40	Terdapat sodiran	0.0009
3	4-5			Tutup	Beton	100	100		0.0009

Gambar 1. Kondisi Saluran Eksisting

Analisis Hidrologi

Data curah hujan diambil dari tiga stasiun hujan terdekat yang mengelilingi Kecamatan Sukun untuk Kawasan Jalan Peltu Sujono-Susanto. Data yang diambil dari ketiga stasiun

tersebut adalah data curah hujan selama 10 tahun terakhir. Data Curah hujan pada stasiun Ciliwung terdapat data hilang pada tanggal 5 Januari 2018. Maka perlu dilakukan pengisian data yang hilang menggunakan metode normal ratio.

Tabel 2. Dtaa Curah Hujan 5 Januari 2018

N	TAHUN	STA. CILIWUNG	STA. SUKUN	STA. PETUNGSEWU
1	2020	1,000	0,000	3,000
2	2019	0,000	0,000	2,000
3	2018	???	53,000	5,000
4	2017	9,000	0,000	0,000
5	2016	10,000	0,000	0,000
6	2015	0,000	0,000	10,000
7	2014	89,000	12,000	100,000
8	2013	0,000	10,000	60,000
9	2012	3,000	3,000	5,000
10	2011	2,000	0,000	0,000
RATA-RATA		12,667	7,800	18,500

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

$$dx = \frac{1}{n} \Sigma \left(\frac{di}{Ani} \cdot Anx \right)$$

$$dciliwung \text{ 5 januari 2018} = \frac{1}{2} x \left(\left(\frac{53}{7,8} x 12,667 \right) + \left(\frac{5}{18,5} x 12,667 \right) \right) = 44,746 = 45 \text{ mm/hari}$$

Jadi, curah hujan Stasiun Ciliwung pada tanggal 5 Januari 2018 sebesar 45 mm/hari.

Uji konsistensi dilakukan menggunakan metode kurva massa ganda, untuk mengetahui angka-angka yang dianggap tidak konsisten. Uji konsistensi stasiun sukun terhadap stasiun ciliwung dan petungsewu terdapat patahan garis, maka perlu dilakukan koreksi nilai M1 dan M2.

$$M1 = \frac{n \Sigma xi.yi - (\Sigma xi)(\Sigma yi) - 6(465278952.5) - (47562.5)(48025)}{n \Sigma xi^2 - (\Sigma xi)^2} = \frac{6(452976998.8) - (47562.5)^2}{6(452976998.8) - (47562.5)^2} = 1,1137$$

$$M2 = \frac{n \Sigma xi.yi - (\Sigma xi)(\Sigma yi) - 4(1491603175.5) - (74033)(79241)}{n \Sigma xi^2 - (\Sigma xi)^2} = \frac{4(1390684620.5) - (79241)^2}{4(1390684620.5) - (79241)^2} = 1,2212$$

$$F = M2/M1 = \frac{1,114}{1,221} = 1,096564$$

Selanjutnya mengalikan faktor koreksi dengan data yang tidak konsisten.

Pemilihan distribusi hujan rancangan menggunakan nilai koefisien kepengangan (Cs) dan koefisien kepuncakan (Ck). Pada perhitungan diatas didapatkan nilai Cs = -0,727 ≤ 1,1396 dan nilai Ck = 4,173 ≤ 5,4002 maka perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Gumbel Tipe I. Selanjutnya menghitung distribusi curah hujan rancangan menggunakan metode Gumbel Tipe I sebagai berikut:

Kala ulang 5 tahun:

$$d_{\text{rancangan}} = \bar{d} + (Yt - Yn) \cdot \frac{S}{Sn}$$

$$d_{\text{rancangan}} = 72,585 + (1,500 - 0,4952) \cdot \frac{12,572}{0,9496} = 85,887 \text{ mm/hari}$$

Uji distribusi bertujuan untuk melihat kesesuaian metode distribusi yang digunakan untuk data hujan tersebut Pengujian menggunakan dua metode yaitu metode Smirnov-Kolmogorov untuk simpangan horizontal dan metode Chi-Square untuk simpangan vertikal.

Metode Smirnov-Kolmogorov untuk simpangan horizontal

Tabel 3. Uji Simpangan Horizontal

No	X empiris	P empiris	P Teoritis	ΔP
1	87,343	9,091%	18.800%	9,709%
2	86,101	18,182%	18.182%	0,000%
3	84,773	27,273%	20.000%	7,273%
4	78,805	36,364%	36.364%	0,000%
5	72,667	45,455%	45.455%	0,000%
6	71,260	54,545%	54.545%	0,000%
7	70,000	63,636%	60.000%	3,636%
8	68,333	72,727%	64.500%	8,227%
9	58,901	81,818%	81.818%	0,000%
10	47,667	90,909%	98.600%	7,691%
			ΔP Max	9,709%



Gambar 2. Skema Jaringan Drainase

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

– Cari nilai Do pada Tabel untuk jumlah data 10 dan $\alpha = 0,05$
 nilai Do= 41%

– Jika nilai $\Delta P < Do$, maka distribusi gumbel sesuai 9,709% < 41%(sesuai)

Metode *Chi-Square* untuk simpangan vertikal

Tabel 4. Uji Simpangan Vertikal

No.	Peluang Teoritis	Chi Square
1	97,300	1,019
2	86,101	0,000
3	82,000	0,094
4	78,805	0,000
5	72,667	0,000
6	71,260	0,000
7	68,000	0,059
8	62,000	0,647
9	58,901	0,000
10	55,700	1,159
Jumlah		2,977

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

– Hitung nilai Chi-Square (χ^2)

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

$$= \frac{\sum(87.343 - 97.300)^2}{97.300}$$

$$= (1,091 + 0,000 + 0,094 + 0,000 + 0,000 + 0,000 + 0,059 + 0,067 + 0,000 + 1,159) = 2,977$$

– 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
 $2,977 < 14,017$ (sesuai)

Analisis Hidrolika

Skema jaringan drainase yang direncanakan pada kawasan Jalan Peltu Sujono-Susanto yaitu sebagai berikut:

Perhitungan Waktu Konsentrasi

a. Menghitung t_0

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

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times 139,6075 \times \frac{0,015}{\sqrt{0,015}} \right]^{0,167}$$

$$t_0 = 1,947 \text{ menit}$$

b. Menghitung t_d

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

$$t_d = \frac{425.342}{60 \times 1.5}$$

$$t_d = 4,726 \text{ menit}$$

c. Menghitung t_c

$$t_c = t_0 \text{ max} + t_d$$

$$t_c = 1,947 + 4,726$$

$$t_c = 6,673 \text{ menit} = 0,111 \text{ jam}$$

Intensitas Curah Hujan

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

$$I = \frac{85,887}{24} \left(\frac{24}{0,111} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 128,743 \text{ mm/jam} = 0.00003576 \text{ m/dt}$$

Debit Banjir Rancangan

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

$$= \frac{(0.7 \times 1701,369) + (0.6 \times 61151,246)}{(1701,369 + 61151,246)}$$

$$= 0,603$$

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

$$Q = 0,603 \times 0.00003576 \times 62852,615$$

$$Q = 1,354725 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Debit Air Kotor

Penentuan volume air limbah didasarkan pada jenis bangunan Pertokoan

$$Q = \text{Jumlah penduduk} \times \text{Volume air limbah}$$

$$= 24 \times 0,00000116 = 0,000028 \text{ m}^3/\text{dt}$$

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 kedalaman sumur

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

$$= \frac{0,0060}{2,2 \times 0,00000176} \left(1 - 2,718^{-\frac{2,75 \times 0,00000176 \times 65,614}{3,14 \times 0,4^2}}\right)$$

$$= 0,4989 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

– Menghitung daya resap menggunakan

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

$$= 2,75 \times 0,00000176 \times 1$$

$$= 0,00000484 \text{ m}^3/\text{dt} = 17,424 \text{ liter/jam}$$

Perhitungan Debit Kumulatif

Perhitungan pada saluran 1-2:

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

$$Q \text{ hujan} = 1,355 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q \text{ limbah} = 0,000222 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q \text{ sal. sebelumnya} = 0,2399 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q \text{ sal. sumur} = 0,00001452 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q \text{ kumulatif} = 1,355 + 0,000222 + 0,2399 - 0,00001452$$

$$= 1,5949 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Perhitungan Dimensi Saluran Eksisting

Berikut merupakan perhitungan dimensi saluran eksisting pada saluran nomor 1-2:

a. Menghitung luas penampang basah saluran persegi

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

$$h = 0,10 \text{ m}$$

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

$$= 0,45 \times 0,10$$

$$= 0,045 \text{ m}^2$$

b. Menghitung keliling basah saluran persegi

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

$$= 0,45 + (2 \times 0,10) = 0,650 \text{ m}$$

c. Menghitung jari-jari hidrolis persegi

$$R = A/P$$

$$= 0,045 / 0,650$$

$$= 0,069 \text{ m}$$

d. Menghitung kecepatan aliran saluran eksisting

$$\text{Veksisting} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times \sqrt{S}$$

$$= \frac{1}{0,015} \times 0,069^{2/3} \times \sqrt{0,001}$$

$$= 0,355 \text{ m/dt}$$

e. Kontrol kecepatan saluran

Kecepatan aliran dengan bahan batu bata tidak boleh melebihi kecepatan maksimum yaitu 2 m/dt, sedangkan kecepatan minimumnya yaitu 0,6 m/dt.

Syarat: $V_{maks} \geq V_{hit} \geq V_{min}$

$$2 \text{ m/dt} \geq 0,355 \text{ m/dt} \geq 0,6 \text{ m/dt} \rightarrow (\text{Tidak Memenuhi})$$

f. Kontrol bilangan Froude

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

$$Fr = \frac{V \text{ eksisting}}{\sqrt{g \times h}} < 1$$

$$= \frac{0,355}{\sqrt{9,81 \times 0,1}} < 1$$

$$= 0,359 \rightarrow (\text{Memenuhi})$$

g. Menghitung debit saluran

$$Q \text{ eksisting} = V \text{ eksisting} \times A$$

$$= 0,355 \times 0,045$$

$$= 0,016 \text{ m}^3/\text{dt}$$

h. Kontrol debit saluran

Debit hitungan harus lebih besar dari debit rencana atau sama dengan debit rencana. Debit rencana sebesar 1,595 m³/dt maka:

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

$$0,016 \geq 1,595 \rightarrow (\text{Tidak Memenuhi})$$

Dilihat dari kontrol saluran di atas, dimensi pada saluran 1-2 tidak dapat menampung debit dan tidak memenuhi. Oleh karena itu, saluran 1-2 diperlukan perencanaan ulang pada dimensi saluran.

Perhitungan Dimensi Saluran Baru

Perencanaan dimensi baru berdasarkan ketersediaan lahan di lapangan. Berikut langkah perhitungan dimensi saluran baru pada saluran 1-2 yaitu:

a. Menghitung luas penampang basah saluran persegi

$$b = 1,000 \text{ m}$$

$$h = 1,336 \text{ m} \text{ (hasil goal seek dengan } Q \text{ hitungan dan } Q_{rencana})$$

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

$$= 1,000 \times 1,336$$

$$= 1,336 \text{ m}^2$$

b. Menghitung keliling basah saluran persegi

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

$$= 1,000 + (2 \times 1,336)$$

$$= 3,672 \text{ m}$$

c. Menghitung jari-jari hidrolis persegi

$$R = A/P$$

$$= 1,336 / 3,672$$

$$= 0,364 \text{ m}$$

d. Menghitung kemiringan saluran

$$s_{rencana} = \frac{(\text{elevasi awal} - \text{kedalaman galian}) - (\text{elevasi akhir} - \text{kedalaman galian})}{L_s}$$

$$= \frac{(427,214 - 0) - (426,789 - 0,100)}{425,342} = 0,0012$$

e. Menghitung kecepatan aliran saluran eksisting

$$V_{hitung} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times \sqrt{s} = \frac{1}{0,015} \times 0,364^{2/3} \times \sqrt{0,0012} = 1,194 \text{ m/dt}$$

f. Kontrol kecepatan saluran

Kecepatan aliran dengan bahan batu bata tidak boleh melebihi kecepatan maksimum yaitu 2 m/dt, sedangkan kecepatan minimumnya yaitu 0,6 m/dt.

Syarat: $V_{maks} \geq V_{hit} \geq V_{min}$

$$2 \text{ m/dt} \geq 1,194 \text{ m/dt} \geq 0,6 \text{ m/dt} \rightarrow (\text{Memenuhi})$$

g. Kontrol bilangan Froude

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

$$Fr = \frac{v_{hitung}}{\sqrt{g \times h}} < 1 = \frac{1,194}{\sqrt{9,81 \times 1,336}} < 1 = 0,330 \rightarrow (\text{Memenuhi})$$

h. Menghitung debit saluran

$$Q_{hitung} = V_{hitung} \times A = 1,194 \times 1,336 = 1,595 \text{ m}^3/\text{dt}$$

i. Kontrol debit saluran

Debit hitungan harus lebih besar dari debit rencana atau sama dengan debit rencana. Debit rencana sebesar 1,595 m^3/dt maka:

$$Q_{hitung} \geq Q_{rencana} \\ 1,595 \geq 1,595 \rightarrow (\text{Memenuhi})$$

j. Menghitung tinggi jagaan

Penentuan tinggi jagaan dapat dilihat pada Tabel 2.15 sesuai dengan data debit saluran. Pada saluran 1-2 debit kapasitas saluran sebesar 1,595 maka tinggi jagaan sebesar 0,25 m.

k. Menghitung elevasi muka air

$$\text{Elevasi Awal} = \text{Elevasi tanah rencana awal} - \text{tinggi jagaan} = 427,214 - 0,250 = 426,964$$

$$\text{Elevasi Akhir} = \text{Elevasi muka air awal} - (s_{rencana} \times L_s) = 426,964 - (0,0012 \times 425,342) = 426,439$$

l. Menghitung elevasi dasar saluran

$$\text{Elevasi Awal} = \text{Elevasi muka air awal} - h = 426,964 - 1,336 = 425,628$$

$$\text{Elevasi Akhir} = \text{Elevasi muka air akhir} - h = 426,439 - 1,336 = 425,103$$

m. Menghitung elevasi atas saluran

$$\text{Elevasi Awal} = \text{Elevasi muka air awal} + \text{tinggi jagaan}$$

$$= 426,964 + 0,25 = 427,214$$

$$\text{Elevasi Akhir} = \text{Elevasi muka air akhir} + \text{tinggi jagaan} = 426,439 + 0,25 = 426,689$$

n. Kontrol Muka Air

$$\text{Kontrol muka air awal} = \text{Elevasi muka air awal} - \text{elevasi tanah rencana awal} = 426,964 - 427,214 = -0,25$$

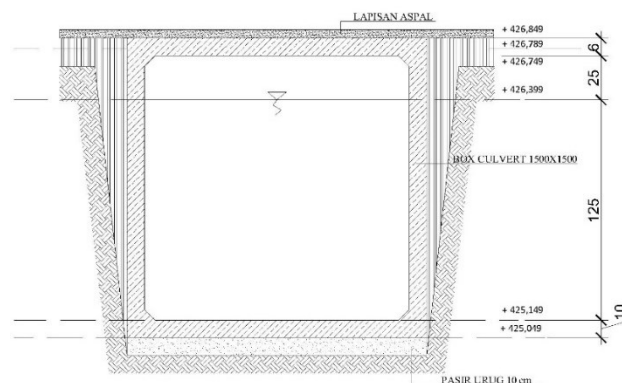
$$\text{Kontrol muka air akhir} = \text{Elevasi muka air akhir} - \text{elevasi tanah rencana akhir} = 426,439 - 426,689 = -0,25$$

Maksud nilai (-) ini artinya elevasi muka air dibawah dari elevasi tanah asli.

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 150 x 150 cm.



Gambar 3. Potongan Melintang Gorong-Gorong 1

2. Curb Inlet

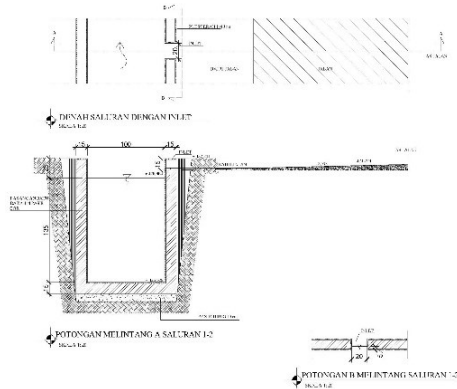
$$Q_{jalan} = 0,0474 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Debit yang mampu ditampung

$$Q_{inlet} = 0,36 \times g \times d^{3/2} \times L = 0,36 \times 9,81 \times 0,05^{3/2} \times 0,2 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Jumlah kebutuhan inlet pada saluran 1-2

$$\text{Jumlah inlet} = Q_{jalan} / Q_{inlet} = 0,0474 / 0,0079 = 6,01 = 7 \text{ inlet}$$



Gambar 4. Denah Inlet Saluran 1-2

3. Bangunan Terjun

Bangunan terjun merupakan bangunan saluran terbuka yang terjal berfungsi untuk menyalurkan air menuruni kemiringan yang besar dengan tujuan mengurangi energi dan kecepatan aliran. Berikut dimensi bangunan terjun saluran 8-9

Tabel 5. Dimensi Bangunan Terjun Saluran 8-9

z <	q	yi	yd	L1	L2	L3	t1	t2	t3
0,50	m ² /s	m	m	m	m	m	m	m	m
m	0.069	0.44	0.57	1.0	0.88	4.17	0.67	0.32	0.47

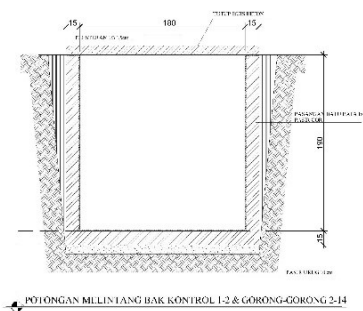
Gambar 5. Potongan Bangunan Terjun Saluran 8-9

4. Bak Kontrol

Ukuran bak kontrol disesuaikan dengan lebar saluran yang terbesar di antara semua saluran yang bertemu ditambah dengan jarak 20 cm sampai 30 cm. Dimensi bak kontrol pertemuan saluran nomor 1-2 dengan gorong gorong 2-14 sebagai berikut:

Ukuran dimensi bak kontrol pertemuan saluran tersebut yaitu: Lebar (b) = Lebar saluran terbesar + 0,3 meter
 = 1,5 + 0,3 = 1,8 meter

Tinggi (H) = Tinggi saluran terbesar + 0,3 meter
 = 1,6 + 0,3 = 1,9 meter



Gambar 6. Potongan Bak Kontrol 1-2 dan Gorong-Gorong 2-14

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. 2.607.636.000,00.

4. KESIMPULAN

Kondisi saluran eksisting di saluran nomor 1-2, 3-2, 14-12, 14-15,19-20, 18-21, 21-20, 23-13, 29-30, 39-40, 40-36, dan 37-38 kurang mampu menampung debit yang direncanakan dan di saluran nomor 7-6, 6-5, 8-9, 9-10, 10-11, 12-13, 25-26 dan 33-32 masih belum terdapat saluran drainase, dan masih berupa tanah sehingga diperlukan perencanaan ulang drainase. Debit banjir rancangan terbesar dengan menggunakan metode rasional kala ulang 5 tahun pada saluran 1-2 yaitu 1,355 m³/dt. Dimensi saluran direncanakan berbentuk persegi dengan dimensi beragam, dari hasil perhitungan didapat dimensi terkecil lebar 0,4 meter dan tinggi 0,3 meter. Dimensi terbesar didapatkan lebar 1,5 meter dan tinggi 1,8 meter. Sistem peresapan air adalah sumur resapan menggunakan buis beton dengan diameter 1 meter dan kedalamannya 1,5 meter. Total biaya yang diperlukan dalam perencanaan ulang saluran drainase sebesar Rp. 2.607.636.000,00.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harto, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Hasmar, Halim. 2012. *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: UII Press.
- [3] Ibrahim, H. Bachtiar. 2001. *Real dan Estimate Real of Cost*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- [4] Rosyidie. 2013. *Muskuloskeletal*. Jakarta: Trans Info Media.
- [5] Soemarto. 1999. *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- [6] Sunjoto. 1987. *Sistem Drainase Air Hujan yang Berwawasan Lingkungan*. Yogyakarta: Teknik UGM.
- [7] Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- [8] Yudo, S & Setiyono. 2008. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Rumah Susun Karang Anyar*. Jakarta: Jurnal Teknik Lingkungan