

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE PADA KAWASAN DUSUN BANARAN, DESA BUMIAJI, KECAMATAN BUMIAJI, KOTA BATU

Hauna Wafiq Mazaya¹, Medi Efendi²

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

Email: haunawm2018@gmail.com¹ medipolinema@gmail.com²

ABSTRAK

Alih fungsi lahan pertanian menjadi pemukiman padat di Dusun Banaran telah mengurangi kemampuan tanah untuk menyerap air. Saluran drainase yang ada tidak memadai untuk menampung debit air yang terus meningkat, sehingga sering terjadi banjir. Oleh karena itu, perlu adanya perencanaan ulang sistem drainase untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sistem drainase yang ada saat ini, mendesain saluran drainase baru dan infrastruktur pendukungnya, serta menghitung biaya pembangunannya. Data yang diperlukan meliputi data curah hujan dari tiga stasiun terdekat yaitu Tinjumoyo, Ngujung, dan Ngaglik (2015-2024), data kependudukan, peta topografi wilayah studi, data dimensi eksisting, dan harga satuan pekerjaan di Kota Batu pada tahun 2024. Data diolah dengan menggunakan distribusi Log Pearson III dengan periode ulang perencanaan 5 tahun untuk curah hujan rancangan dan metode Mononobe untuk perhitungan intensitas hujan. Debit total dihitung dari limpasan dari jalan, permukiman, dan limbah yang mengalir ke sistem drainase. Dimensi saluran ditentukan dengan menggunakan rumus aliran seragam. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebagian besar saluran drainase perlu didesain ulang. Curah hujan rancangan untuk periode ulang 5 tahun adalah 68,879 mm. Untuk periode ulang 5 tahun, debit limpasan total berkisar antara 0,0004 m³/detik hingga 0,2188 m³/detik di sisi kanan dan 0,0019 m³/detik hingga 0,3550 m³/detik di sisi kiri. Dimensi saluran terkecil adalah 0,2m x 0,2m, dan yang terbesar adalah 1,2m x 1,2m. Sistem drainase ramah lingkungan, termasuk sumur resapan (diameter 0,5 m, kedalaman 0,5 m), memiliki estimasi total anggaran biaya sebesar Rp8.226.894.359,00.

Kata Kunci: saluran drainase, sumur resapan, anggaran biaya

ABSTRACT

The conversion of agricultural land into dense settlements in Banaran Hamlet has reduced the soil's ability to absorb water. Existing drainage channels are inadequate for the increasing discharge, resulting in frequent flooding. Therefore, it is necessary to replan the drainage system to overcome this problem. This study aims to assess the current drainage systems, design new drainage channels and supporting infrastructure, and calculate construction costs. Required data includes rainfall data from three nearby stations—Tinjumoyo, Ngujung, and Ngaglik (2015–2024), population data, a topographic map of the study area, existing dimension data, and unit prices for construction in Batu City in 2024. Data were processed using the Log Pearson III distribution with a 5-year planning return period for design rainfall and the Mononobe method for rain intensity calculation. Total discharge was calculated from runoff from roads, settlements, and sewage flowing into the drainage system. Channel dimensions were determined using the uniform flow formula. Evaluation results suggest that most of the drainage channels need to be redesigned. The design rainfall for a 5-year return period is 68,879 mm. For a 5-year return period, total runoff discharge ranges from 0,0004 m³/second to 0,2188 m³/second on the right side and 0,0019 m³/second to 0,3550 m³/second on the left side. The smallest channel dimension is 0,2 m × 0,2 m, and the largest is 1,2 m × 1,2 m. Environmentally friendly drainage systems, including infiltration wells (0,5 m diameter, 0,5m depth), have an estimated total cost of Rp8.226.894.359,00.

Keywords: drainage channel, infiltration wells, cost estimate

1. PENDAHULUAN

Drainase merupakan salah satu bangunan pelengkap pada ruas jalan dalam memenuhi salah satu persyaratan teknis prasarana jalan. Perubahan penggunaan lahan dari kawasan pertanian menjadi permukiman bahkan tempat wisata mengakibatkan berubahnya sistem saluran yang semula berfungsi sebagai saluran irigasi menjadi saluran drainase yang dapat menimbulkan limpasan air ke jalan.

Kondisi ini sangat memprihatinkan bagi pengguna jalan jika limpasan air terus berlanjut pada jalan tersebut, karena dapat menimbulkan terkikisnya badan jalan dan hanyutnya material. Material yang tertinggal dalam saluran akan mengakibatkan pendangkalan dan buntunya saluran. Material yang tercecer di jalan juga membahayakan lalu lintas dan menurunkan tingkat keamanan berkendara.

Pada kawasan Dusun Banaran, Kecamatan Bumiaji merupakan salah satu kawasan yang memiliki titik lokasi luapan air di atas permukaan jalan ketika hujan tiba. Untuk menanggulangi dampak dari genangan air yang terjadi, maka kawasan Dusun Cangar, Desa Bumiaji, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu memerlukan perencanaan ulang saluran drainase.

Tujuan penyusunan penelitian ini yaitu untuk mengetahui kondisi daya tampung saluran drainase eksisting, curah hujan rancangan, dimensi saluran drainase yang direncanakan agar tidak terjadi genangan serta menghitung rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan ulang saluran drainase pada kawasan Dusun Cangar, Desa Bumiaji, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu.

Data yang diperlukan pada perencanaan ini adalah Data yang diperlukan meliputi data curah hujan dari tiga stasiun terdekat yaitu Tinjumoyo, Ngujung, dan Ngaglik (2015-2024), data kependudukan, peta topografi wilayah studi, data dimensi eksisting, dan harga satuan pekerjaan di Kota Batu pada tahun 2024.

2. METODE

Data Curah Hujan

Data hujan yang digunakan yaitu curah hujan harian maksimum tahunan dari minimal berasal dari tiga stasiun hujan yang mempengaruhi atau berada di sekitar lokasi yang diteliti dengan jangka waktu minimal 10 tahun terakhir. Data hujan ini selanjutnya akan diuji konsistensi.

Uji Konsistensi

Uji konsistensi data dilakukan untuk mengetahui kebenaran data curah hujan. Uji konsistensi dapat dilakukan dengan metode kurva massa ganda dengan langkah berikut:

- Menentukan stasiun dasar dan pembanding,
- Menghitung kumulatif data curah hujan tiap tahun pada stasiun dasar lalu plot ke kurva massa ganda,

- Menghitung rata-rata data curah hujan tahunan pada stasiun pembanding, lalu hitung kumulatif data rata-rata kemudian plot ke kurva massa ganda,
- Mengecek kurva massa ganda apabila terjadi patahan pada garis linier maka hitung nilai M1 dan M2 yang didapat dari perhitungan regresi linier.

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

$$F = \frac{M1}{M2} \quad (2)$$

- Mengalikan data yang dikoreksi dengan factor koreksi lalu membuat grafik Kembali hingga tidak terjadi patahan.

Curah Hujan Daerah

Menggunakan metode rata-rata aljabar untuk daerah topografi yang rata atau datar dengan luas wilayah DAS < 500 km². Berikut rumus metode aljabar:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (3)$$

Keterangan:

- P = Tinggi curah hujan (mm)
 P₁, P₂, ..., P_n = Curah hujan yang tertakar pada pos (mm)
 N = Jumlah stasiun pengukur hujan

Distribusi Curah Hujan Rancangan

Distribusi curah hujan dapat dilakukan dengan metode Gumbel atau Log Pearson III.

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2) S^3} \quad (4)$$

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (x - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) S^4} \quad (5)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (6)$$

Keterangan:

- Ck = Koefisien kepuncakan
 Cs = Koefisien kemencengan
 $\bar{X}$ = Rerata data hujan (mm)
 S = Standar deviasi
 X = Data hujan (mm)

Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi diperlukan untuk mengukur tingkat kesesuaian distribusi teoritis tertentu.

- Metode Smirnov-Kolmogorov

$$\Delta P = |P(\text{empiris}) - P(\text{teoritis})| \quad (7)$$

- Metode Chi-Square

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode Uji Chi-Square adalah sebagai berikut:

$$X^2_{\text{hit}} = \sum (d_{\text{empiris}} - d_{\text{teoritis}})^2 / d_{\text{teoritis}} \quad (8)$$

Keterangan:

$$X^2 = \text{Parameter Chi-Square}$$

d_{empiris} = d berdasarkan kertas distribusi

d_{teoritis} = d berdasarkan teoritis

P_n = Jumlah penduduk

W = Debit buangan per orang (lt/org/dtk).

Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan merupakan kekerasan hujan per satuan waktu. Menurut Suripin (2004) jika data hujan yaitu data harian, perhitungan menggunakan rumus mononobe:

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

Keterangan:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

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

tc = Waktu konsentrasi hujan (jam)

Berikut adalah rumus untuk menghitung waktu konsentrasi (tc). Langkah awal dalam perhitungan tc yaitu dengan lebih dahulu menghitung waktu air mengalir di area limpasan.

$$t_c = t_o + t_d \quad (10)$$

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right)^{0,167} \quad (11)$$

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

Keterangan:

t_o = waktu air hujan masuk ke saluran (menit)

N = koefisien hambatan (*Manning*)

S = kemiringan lahan (%)

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

t_c = waktu konsentrasi hujan (jam)

t_d = waktu air dari hulu sampai ke hilir saluran (menit)

L_s = panjang lintasan aliran dalam saluran (m)

v = kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan dihitung dengan menggunakan metode rasional dengan rumus:

$$Q = C \times I \times A \quad (13)$$

Keterangan:

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

C = koefisien pengaliran

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (ha)

Debit Air Limbah

Kuantitasnya air limbah dapat diasumsikan 50%-70% dari rata-rata pemakaian air bersih (120-140 liter/orang/hari). Debit air limbah dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q = P_n \times W \quad (14)$$

Dimana:

Debit Resapan

Debit resapan merupakan banyaknya volume air yang dapat meresap ke dalam tanah melalui bangunan resapan tiap satuan waktu. Rumus untuk menghitung debit resapan yaitu:

$$Q_0 = 5,5 R K H \quad (15)$$

Keterangan:

Q_0 = debit resapan (m^3/dt)

H = tinggi muka air dalam sumur (m)

K = koefisien permeabilitas (m/det)

R = jari-jari sumur (m)

Perencanaan Dimensi Saluran

Perencanaan dimensi saluran menggunakan rumus aliran seragam dengan asumsi memiliki kecepatan konstan terhadap jarak. Rumus unsur-unsur geometris penampang persegi sebagai berikut:

$$A = b \times h \quad (16)$$

$$P = b + 2h \quad (17)$$

$$R = A/P \quad (18)$$

Dimana:

A = luas penampang saluran (m^2)

P = keliling basah saluran (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

Perhitungan kecepatan aliran saluran menggunakan rumus Manning:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (19)$$

Dimana:

v = kecepatan aliran (m/detik)

n = koefisien kekasaran/manning

R = jari-jari hidrolik (m)

S = kemiringan dasar saluran

Bangunan Terjun

Perhitungan bangunan terjun dihitung dengan rumus-rumus berikut:

– Debit per satuan lebar (q)

$$q = \frac{Q_{\text{rencana}}}{0,81 b_1} \quad (20)$$

Dimana:

q = debit per satuan lebar (m^2/dt)

Q_{rencana} = debit rencana (m^3/dt)

b_1 = lebar saluran (m)

– Kedalaman kritis (h_c)

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad (21)$$

Dimana:

h_c = kedalaman kritis di saluran (m)

g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/dt}^2$)

- Koefisien pengali (c)

$$C_1 = 2,5 + 1,1 \frac{hc}{z} + 0,7 \left(\frac{hc}{z} \right)^3 \quad (22)$$

Dimana:

C_1 = koefisien

Z = tinggi terjunan (m) → sudah direncanakan

- Panjang terjunan ruas pertama

$$L_1 = 3 \times z \quad (23)$$

Dimana:

L_1 = panjang terjunan ruas pertama (m)

- Panjang kolam olak

$$L_2 = c\sqrt{z \cdot hc} + 0,25 \quad (24)$$

Dimana:

L_2 = panjang peredam energi (m)

- Tinggi ambang ujung

$$a = 0,5 \times hc \quad (25)$$

Dimana:

a = tinggi endsill (m)

- Jarak pondasi pada ruas pertama

$$t = 0,5 (h+z) \quad (26)$$

Dimana:

t = jarak pondasi pada ruas pertama (m)

(Sumber: Hasil Penggambaran Pribadi)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan Daerah

Perhitungan curah hujan daerah menggunakan metode rata-rata aljabar, dikarenakan luas DAS kurang dari 500 km^2 . Data yang digunakan adalah rekapitulasi data curah hujan maksimum dalam setahun dari tiga stasiun yang digunakan, yaitu Stasiun Ngaglik, Ngujung, dan Tinjumoyo.

Tabel 1. Data Hasil Perhitungan Curah Hujan Daerah

Tahun	Curah Hujan Daerah (mm/hari)
2015	55,333
2016	45,767
2017	58,518
2018	57,621
2019	50,282
2020	73,522
2021	47,167
2022	58,631
2023	57,427
2024	76,871

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Curah Hujan Rancangan

Dalam perencanaan ini perhitungan menggunakan metode distribusi *Gumbel type 1* dan metode distribusi *Log Pearson Type III*. Pada perhitungan didapatkan $C_s = 0.8651 \leq 1,1396$ dan $C_k = 4,1019 \leq 5,4002$ maka perhitungan curah hujan rancangan yang digunakan yaitu menggunakan metode *Gumbel Type 1*, sesuai dengan syarat ketentuan yaitu $C_s \leq 1,1396$ dan $C_k \leq 5,4002$. Juga dengan menggunakan metode *Log Pearson Type III*, sesuai dengan syarat ketentuan $C_s \neq 0$. Curah hujan rancangan menggunakan metode *Log Pearson Type III* dengan kala ulang 5 tahun, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\log d_{\text{rancangan}} = \log \bar{d} + G.S = 1,759 + (0,804).(0,0733) = 1,817$$

$$d_{\text{rancangan}} = 10^{\log \bar{d}_{\text{rancangan}}} = 10^{1,817} = 65,686 \text{ mm/hari}$$

Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi ini dimaksudkan untuk melihat apakah metode distribusi yang digunakan sudah sesuai untuk data hujan tersebut. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Smirnov-Kolmogorov* untuk simpangan horizontal dan metode *Chi-Square* untuk simpangan vertikal.

Tabel 2. Perhitungan Metode *Smirnov-Kolmogorov*

UJI SIMPANGAN HORIZONTAL					
	X empiris	P empiris (%)	Bacaan	P teoritis (%)	[D p]
1	76,871	9,09	94,00	6,00	3,10
2	73,522	18,18	91,41	8,59	9,59
3	58,631	27,27	57,65	42,35	15,08
4	58,518	36,36	57,26	42,74	6,37

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Flowchart Penelitian

UJI SIMPANGAN HORIZONTAL

	X empiris	P empiris (%)	Bacaan	P teoritis (%)	[D p]
5	57,621	45,45	54,21	45,79	0,33
6	57,427	54,55	53,54	46,46	8,09
7	55,333	63,64	45,49	54,51	9,13
8	50,282	72,73	23,03	76,97	4,24
9	47,167	81,82	11,18	88,82	7,00
10	45,767	90,91	7,32	92,68	1,77
			Max	=	15,08%
			n	=	10
			a	=	5%
			Do	=	41%
			Do	Sesuai	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Pada pengujian simpangan horizontal distribusi *Log Pearson Type III* dengan metode *Smirnov-Kolmogorov* ini didapatkan bahwa nilai $|\Delta P| \text{ maks} < Do$, yaitu sebesar 15,08% < 41%(sesuai/memenuhi). Dari dua distribusi tersebut, dapat disimpulkan bahwa distribusi *Log Pearson Type III* lebih cocok digunakan karena memiliki nilai selisih maksimum terkecil (15,08%) yang terjadi pada curah hujan 58,631 mm, yaitu pada urutan data nomor 3.

Tabel 3. Perhitungan Metode *Chi-Square*

P	T	Interval		Ei	Oi	Oi-Ei	(Oi-Ei) ² /Ei	
20%	5,00	>	65,6864	2	2	0	0,00	
40%	2,50	59,3949	-	65,6864	2	0	-2	2,00
60%	1,67	54,1000	-	59,3949	2	5	3	4,50
80%	1,25	49,6400	-	54,1000	2	1	-1	0,50
		<	49,6400	2	2	0	0,00	
NILAI CHI KUADRAT		0,497			X ² hitung		1,40	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil perhitungan Uji *Chi-Square* untuk Distribusi *Log Pearson Type III* yang dilakukan, nilai *Chi-Square* yang diperoleh (=1,40), lebih kecil dari nilai *Chi-Square* Kritik (=5,99) sehingga dapat disimpulkan bahwa Distribusi *Log Pearson Type III* memenuhi dan bisa diterima. Didapatkan curah hujan rancangan dengan metode *Log Pearson Type III* dengan kala ulang 5 tahun yaitu 65,686 mm.

Debit Banjir Rancangan

Pada perhitungan debit banjir rancangan, metode yang digunakan yaitu metode Rasional. Metode Rasional berlaku jika luas daerah aliran sungai kurang dari 300 ha. Debit Banjir Rancangan yang dihitung adalah debit limpasan dari jalan, pemukiman, dan limbah. Kumulatif dari debit tersebut

kemudian yang akan menjadi besaran debit yang harus bisa dialirkan oleh saluran yang menampungnya.

a. Debit banjir jalan

Langkah perhitungan pertama adalah dengan menghitung intensitas curah hujan dengan **persamaan 9**, lalu menghitung debit rancangan dari jalan dengan **persamaan 13**. Koefisien pengaliran (C) untuk jalan adalah 0,8 dengan luas daerah pengaliran (A) adalah 77,79 m². Berikut perhitungan intensitas hujan dan debit rancangan jalan pada saluran STA B-A sisi kanan:

$$R_{24} = 65,686 \text{ mm/hari}$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{\frac{2}{3}} = \frac{65,686}{24} \left[\frac{24}{0,024} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$= 274,282 \text{ mm/jam}$$

$$= 0,0000762 \text{ m/detik}$$

$$Q_{\text{jalan}} = C \times I \times A = 0,8 \times 0,0000762 \times 77,79$$

$$= 0,0047 \text{ m}^3/\text{dt}$$

b. Debit banjir pemukiman

Langkah perhitungan pertama adalah dengan menghitung intensitas curah hujan dengan **persamaan 9**, lalu menghitung debit rancangan dari jalan dengan **persamaan 13**. Koefisien pengaliran (C) untuk jalan adalah 0,4 dengan luas daerah pengaliran (A) adalah 5994,055 m². Berikut perhitungan intensitas hujan dan debit rancangan jalan pada saluran STA B-A sisi kanan:

$$R_{24} = 65,686 \text{ mm/hari}$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{\frac{2}{3}} = \frac{65,686}{24} \left[\frac{24}{0,037} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$= 204,831 \text{ mm/jam}$$

$$= 0,0000569 \text{ m/detik}$$

$$Q_{\text{pemukiman}} = C \times I \times A = 0,4 \times 0,0000569 \times 5994,055$$

$$= 0,1364 \text{ m}^3/\text{dt}$$

c. Debit limbah

Debit limbah dapat dihitung menggunakan **persamaan 14**, dihitung dari jumlah penduduk dan besar volume limbah yang dibuang. Berikut perhitungan debit limbah pada saluran STA B-A sisi kanan:

$$Q_{\text{limbah}} = P_n \times W$$

$$= (68 \times 0,00000347) + (8 \times 0,00000116) + (4 \times 0,00000116)$$

$$= 0,00023611 + 0,00000926 + 0,00000463$$

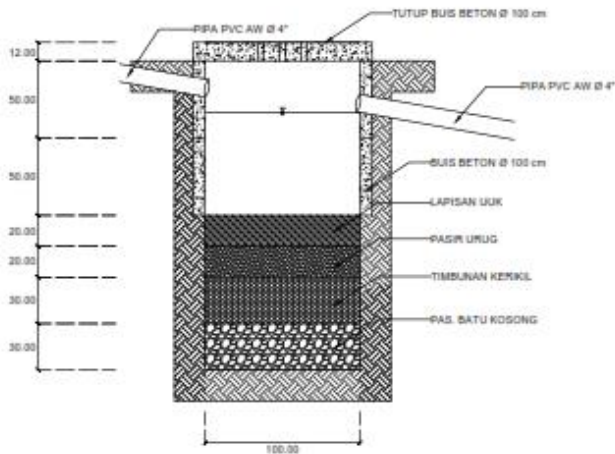
$$= 0,00025000 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Sumur Resapan

Sumur resapan direncanakan paling dekat dengan lokasi yang terjadi genangan pada saat hujan yang disesuaikan dengan data eksisting. Berdasarkan data didapatkan koefisien permeabilitas tanah (K) pada daerah penelitian sebesar 0,00000621 m/detik dengan kedalaman muka air tanah 768,63

m (lebih dalam dari 2,5 m). Didapatkan debit resap sumur resapan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{\text{sumur resapan}} &= F \times K \times H \\ &= 2,75 \times 0,00000621 \times 0,4 \\ &= 0,00000853875 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$



Gambar 2 Sumur Resapan
(Sumber: Hasil Penggambaran Pribadi)

Dimensi Saluran Eksisting

Lebar saluran (b) 0,25 meter dan kedalaman saluran (h) 0,17 meter. Luas penampang melintang air (A) = 0,04 m²; keliling basah (P) = 0,58 m; radius hidrolis saluran (R) = 0,0714 m. Kecepatan aliran dengan bahan batu kali harus memenuhi kecepatan izin antara 0,6 m/detik sampai 2 m/detik. Dengan (v) = 0,9899 m/detik, maka kecepatan tidak memenuhi syarat. Kontrol aliran pada saluran ditentukan dengan bilangan Froude < 1 (aliran sub kritis), $Fr = 0,774 < 1$ (memenuhi). Debit hitungan harus lebih besar dari debit rencana atau sama dengan debit rencana. Dengan debit rencana sebesar 0,1483 m³/dt, maka debit rencana tidak memenuhi debit rancangan sebesar 0,1483 m³/dt. Maka dari itu, diperlukan perencanaan ulang pada dimensi saluran.

Perencanaan Ulang Saluran

Perencanaan saluran rencana menggunakan bahan pasangan beton K-250 Ready Mix. Dimensi baru saluran ditentukan dengan cara coba-coba. Berdasarkan ketersediaan lahan di lapangan, lebar saluran (b) dan kedalaman saluran (h) bisa mengikuti pada saluran eksisting apabila kontrol nya memenuhi, jika tidak memenuhi maka bisa dengan cara mengganti dimensinya. Berikut contoh perhitungan perencanaan dimensi saluran baru pada saluran B-A pada sisi kanan. Lebar saluran (b) = 0,600 m; $h_{\text{air}} = 0,400$ m; $Q_{\text{rencana}} = 0,1414$ m³/detik. Didapatkan luas penampang basah saluran persegi (A) = 0,240 m², juga keliling basah saluran persegi (P) = 1,400 m, juga jari – jari hidrolis persegi (R) = 0,171 m,

juga kemiringan saluran ($S_{\text{saluran}} = 0,005$, juga beda tinggi saluran ($\Delta H_{\text{saluran}} = 0,262$ m, dengan Kontrol kecepatan saluran ($V_{\text{rencana}} = 1,400$ m/detik. Syarat kecepatan aliran dengan bahan beton harus memenuhi kecepatan izin minimum yaitu 0,6 m/detik, sedangkan kecepatan izin maksimumnya yaitu 3 m/detik.

Syarat:

$$\begin{aligned} V_{\min} &\leq V_{\text{rencana}} && \leq V_{\max} \\ 0,6 \text{ m/detik} &\leq 1,400 \text{ m/detik} && \leq 3 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

→ (V_{rencana} memenuhi V_{izin})

Kontrol jenis aliran, bilangan Froude (Fr)

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

$$\begin{aligned} Fr &= \frac{V_{\text{rencana}}}{\sqrt{g \times h}} < 1 \\ &= \frac{1,400}{\sqrt{9,81 \times 0,400}} < 1 \\ &= 0,7067 < 1 \end{aligned}$$

→ (Fr Memenuhi syarat)

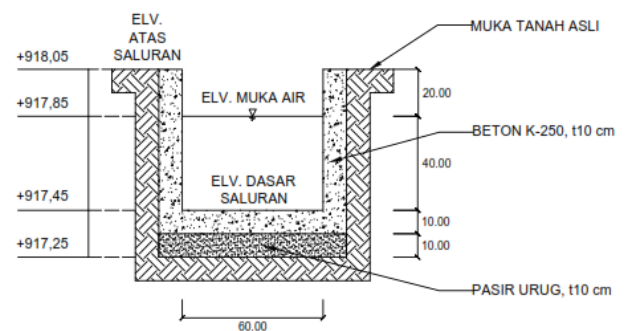
Menghitung tinggi jagaan

$$\begin{aligned} fb &= 1/3 \times h \\ &= 1/3 \times 0,6 \\ &= 0,200 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung tinggi saluran baru (H)

$$\begin{aligned} H &= h + \text{tinggi jagaan} \\ &= 0,400 + 0,200 \\ &= 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi didapatkan dimensi saluran baru dengan lebar (b) = 0,6 m dan tinggi (H) = 0,6 m.



Gambar 3 Saluran Baru
(Sumber: Hasil Penggambaran Pribadi)

Perhitungan Gorong-Gorong

Dalam perencanaan ini bentuk penampang gorong-gorong direncanakan berbentuk persegi dengan menggunakan box culvert. Sehingga untuk dimensi box culvert direncanakan sesuai dengan dimensi yang ada pada pabrikasi. Berikut contoh perhitungan pada gorong-gorong 8. Lebar saluran (b) = 0,500 m; $h_{\text{air}} = 0,333$ m; $Q_{\text{rencana}} = 0,1414$ m³/detik. Didapatkan luas penampang basah saluran persegi (A) = 0,167 m², juga keliling basah saluran persegi (P) = 1,167 m,

juga jari – jari hidrolis persegi (R) = 0,143 m, juga kemiringan saluran (S_{saluran}) = 0,006, juga beda tinggi saluran ($\Delta H_{\text{saluran}}$) = 0,017 m, dengan Kontrol kecepatan saluran (V_{rencana}) = 1,386 m/detik. Syarat kecepatan aliran dengan bahan beton harus memenuhi kecepatan izin minimum yaitu 0,6 m/detik, sedangkan kecepatan izin maksimumnya yaitu 3 m/detik.

Syarat:

$$\begin{aligned} V_{\min} &\leq V_{\text{rencana}} && \leq V_{\max} \\ 0,6 \text{ m/detik} &\leq 1,386 \text{ m/detik} && \leq 3 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

→ (V_{rencana} memenuhi V_{izin})

Kontrol jenis aliran, bilangan Froude (Fr)

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

$$\begin{aligned} Fr &= \frac{V_{\text{rencana}}}{\sqrt{g \times h}} < 1 \\ &= \frac{1,386}{\sqrt{9,81 \times 0,333}} < 1 \\ &= 0,7664 < 1 \end{aligned}$$

→ (Fr Memenuhi syarat)

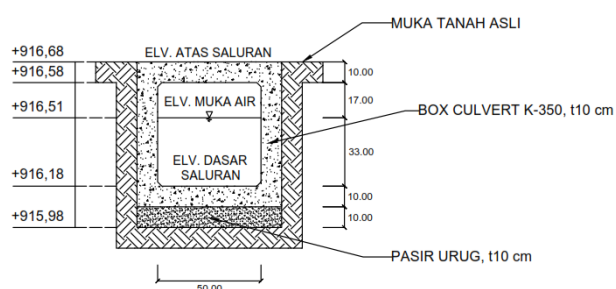
Menghitung tinggi jagaan

$$\begin{aligned} fb &= 1/3 \times h \\ &= 1/3 \times 0,5 \\ &= 0,167 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung tinggi saluran (H)

$$\begin{aligned} H &= h + \text{tinggi jagaan} \\ &= 0,333 + 0,167 \\ &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi didapatkan dimensi gorong-gorong dengan lebar (b) = 0,5 m dan tinggi (H) = 0,5 m.



Gambar 4 Gorong-Gorong
(Sumber: Hasil Penggambaran Pribadi)

Bangunan Terjun

Pada perencanaan direncanakan bangunan terjun tegak. Berikut langkah perhitungan bangunan terjun tegak, dengan contoh pada saluran B-A pada sisi kanan:

a. Debit per satuan lebar (q)

$$q = \frac{Q_{\text{hitung}}}{0,8 b_1} = \frac{0,1920}{0,8 \times 0,6} = 0,40 \text{ m}^2/\text{detik}$$

b. Kedalaman kritis (h_c)

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{0,40^2}{9,81}} = 0,254 \text{ m}$$

c. Koefisien pengali (c)

$$\begin{aligned} c &= 2,5 + 1,1 \cdot \frac{h_c}{z} + 0,7 \left(\frac{h_c}{z} \right)^3 \\ &= 2,5 + 1,1 \cdot \frac{0,254}{0,3} + 0,7 \left(\frac{0,254}{0,3} \right)^3 \\ &= 3,85 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Panjang terjunan ruas pertama

$$L_1 = 3 \times z = 3 \times 0,3 = 0,6 \text{ m}$$

e. Panjang kolam olak

$$\begin{aligned} L_2 &= c \sqrt{z \cdot h_c} + 0,25 \\ &= 3,85 \sqrt{0,3 \cdot 0,254} + 0,25 \\ &= 1,31 \text{ m} \end{aligned}$$

f. Tinggi ambang ujung (a)

$$a = 0,5 \times h_c = 0,5 \times 0,254 = 0,13 \text{ m}$$

g. Jarak pondasi pada ruas pertama

$$t = 0,5 \times (h + z) = 0,5 \times (0,254 + 0,3) = 0,28 \text{ m}$$

Rencana Anggaran Biaya

Langkah-langkah menghitung Rencana anggaran biaya (RAB) dengan contoh pekerjaan pembongkaran adalah sebagai berikut:

1. Menghitung volume pekerjaan

Contoh pada pekerjaan pembongkaran saluran. Pada pekerjaan ini dilakukan pembongkaran saluran eksisting yang nantinya akan dibangun saluran baru. Contoh perhitungan pada pembongkaran saluran eksisting STA B-A sisi kanan.

$$\text{Panjang saluran (L)} = 56,58 \text{ m}$$

$$\text{Lebar saluran (b)} = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi saluran (H)} = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Tebal pasangan (t)} = 0,10 \text{ m}$$

Volume bongkaran

$$= ((b + (2 \times t)) \times t \times L) + (2 \times (h \times t \times L))$$

$$\begin{aligned} &= ((0,25 + (2 \times 0,10)) \times 0,10 \times 56,58) + (2 \times (0,25 \times 0,10 \times 56,58)) \\ &= 5,375 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Menghitung analisa harga satuan pekerjaan

Harga dasar upah, alat, dan bahan didapatkan dari Dinas PUPR Sumber Daya Air Kota Batu Tahun 2024.

3. Menghitung rencana anggaran biaya.

Anggaran biaya untuk pembongkaran, yaitu:

$$\text{RAB} = \text{Volume} \times \text{harga satuan}$$

$$= 959,69 \text{ m}^3 \times \text{Rp}35.421,00 / \text{m}^3$$

$$= \text{Rp}33.993.152,00$$

Biaya yang diperlukan untuk pekerjaan pembongkaran lahan pada lokasi proyek yaitu sebesar Rp33.993.152,00.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan saluran drainase yang telah dilakukan pada Kawasan Dusun Banaran, Desa Bumiaji, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebagian besar saluran eksisting berupa saluran terbuka. Kondisi saluran eksisting di beberapa titik kurang mampu menampung debit yang direncanakan, dan di beberapa titik masih belum terdapat saluran drainase, adapun beberapa eksisting masih berupa tanah, sehingga diperlukan perencanaan ulang drainase.
2. Total debit limpasan berasal dari jalan, pemukiman, dan debit limbah dengan kala ulang 5 tahun memiliki debit yang bervariasi mulai dari 0,0004 m³/detik hingga debit terbesar 0,2188 m³/detik untuk sisi kanan. Debit limpasan pada sisi kiri memiliki nilai terkecil 0,0019 m³/detik hingga debit terbesar 0,3550 m³/detik.
3. Perencanaan saluran drainase berwawasan lingkungan berupa sumur resapan yang ditempatkan pada beberapa titik yang rawan genangan air yang susah surut di saat hujan guna menanggulangi banjir. Direncanakan sumur resapan dengan tipe diameter 1 m dan kedalaman 0,5 m yang dapat menampung debit 0,00000853875 m³/detik. Juga sumur resapan dengan tipe diameter 1 m dan kedalaman 1 m yang dapat menampung debit 0,00001707750 m³/detik.
4. Saluran direncanakan menggunakan bahan beton. Dimensi saluran yang dibutuhkan bervariasi. Dari hasil perhitungan didapat dimensi terkecil lebar 0,2 meter dan tinggi 0,2 meter. Dimensi terbesar didapatkan lebar 1,2 meter dan tinggi 1,2 meter.
5. Total biaya yang diperlukan dalam perencanaan saluran drainase sebesar Rp8.226.894.359,00. (termasuk PPN 10%).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ade Kurnia Harahap, M., Judijanto, L., Wibawa Karya Guna, B., Jasman, & Samanlangi, I. (2024). Innovative Approaches to Urban Drainage System: A Review. *Indonesia Journal of Engineering and Education Technology (IJEET)*, 2(2), 257–266.
- [2] Anggrahini. (1997). *Hidrolika Saluran Terbuka*. Surabaya: Citra Media.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. (2006). *Pd. T-02-2006-B Pedoman Konstruksi dan Bangunan Perencanaan*

Sistem Drainase Jalan. Departemen Pekerjaan Umum.

- [4] Departemen Pekerjaan Umum, D. J. S. D. A. (1986). KP-04 Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan. Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- [5] Hasmar, Halim. (2012). *Drainasi Terapan*. Yogyakarta: UII Press.
- [6] Safitri, R., Purisari, R., & Mashudi, M. (2019). Pembuatan Biopori dan Sumur Resapan untuk Mengatasi Kekurangan Air Tanah di Perumahan Villa Mutiara, Tangerang Selatan. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 5(1), 39–47.
- [7] Soemarto, C. D., (1999). *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [8] Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI.
- [9] Syarifudin, A. (2017). *Drainase Perkotaan Berwawasan Lingkungan*. Penerbit Andi.