

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE DENGAN KOLAM RETENSI PEMUKIMAN DUSUN BALONGKORE KECAMATAN WONOASRI KABUPATEN MADIUN

Muhammad Rifa'i^{1*}, Moh. Charits², Medi Efendi³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi¹, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: muhammadrifai201749@gmail.com¹, mohcharits2021@gmail.com², medipolinema@gmail.com³

ABSTRAK

Dusun Balongkore Kecamatan Wonoasri Kabupaten Madiun memiliki luas area pemukiman 16,72 ha, dilalui oleh gunung Wilis membuat kondisi permukaan tanah menurun. Ketika hujan turun dan dalam waktu yang cukup panjang, banjir dan genangan terjadi di area ini. Akhir-akhir ini, drainase ramah lingkungan dan berkelanjutan sangat diperlukan untuk tetap menjaga kapasitas sungai agar tidak meluap. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan debit banjir, menentukan desain baru saluran drainase dan mendesain kolam retensi, dan untuk menghitung estimasi biaya perencanaan. Data yang diperlukan diantaranya data curah hujan dari 3 stasiun hujan terdekat yaitu Babadan, Wates and Dawuhan pada tahun 2013-2022, peta topografi, data tanah dan harga satuan pekerjaan Kabupaten Madiun 2022. Data tersebut diolah dengan menggunakan metode Gumbel Tipe I dengan kala ulang 25 tahun untuk mengetahui curah hujan rancangan. Berdasarkan perhitungan curah hujan rancangan, dengan menggunakan metode rasional untuk menentukan debit banjir rencana untuk menentukan dimensi saluran dan kolam retensi. Estimasi rencana biaya dihitung berdasarkan dimensi saluran dan kolam retensi. Dari hasil perhitungan diperoleh curah hujan rancangan dengan kala ulang 25 tahun sebesar 131,73 dan debit banjir rancangan bervariasi, mulai dari 0,0011 m³/detik hingga 0,7322 m³/detik; dimensi saluran bervariasi dengan menggunakan beton *pre-cast U-Ditch*, dimensi terkecil yang diperoleh dengan lebar 0,4 meter dan tinggi 0,6 meter. Dimensi terbesar yang diperoleh dengan lebar 1,2 meter dan tinggi 1,4 meter, untuk inlet direncanakan memiliki lebar bukaan inlet 0,2 meter, dan untuk bak kontrol direncanakan dengan dimensi 1 x 1 meter dengan kedalaman 1 meter; dimensi kolam retensi sebesar 60 x 60 m dengan kedalaman (h) 0,5 meter. Estimasi rencana biaya perencanaan ulang saluran drainase sebesar Rp. 4.103.570.101,00,- dan penerapan drainase berwawasan lingkungan berupa kolam retensi sebesar Rp. 1.293.954.634,00,-.

Kata kunci : evaluasi; saluran drainase; retensi

ABSTRACT

Dusun Balongkore Kecamatan Wonoasri Kabupaten Madiun has 16.72 ha of area, which is passed by Wilis Mount make the land condition sloped down. When the heavy rain falls in a long time, flood occurred in this area. Recently, the sustainability of the drainage was needed to keep the river capacity not to overflow. The purpose of this thesis is to determine the flood discharge, to find out the new design of drainage channels, to design the retention pond, and to find out the estimate cost. The required data were rainfall from 3 nearest stations of Babadan, Wates and Dawuhan in 2013-2022, topography map, soil data and work unit price of Kabupaten Madiun in 2022. The rainfall data are proceed using Gumbel Type I method to calculate rainfall design with 25-year of time return. Based on the rainfall design calculation, using rasional method design flood discharge is calculated to design the drainage channels dimension and retention pond. The estimate cost is calculated based on the dimension of drainage channels and retention pond. The re-design results 131.72 mm/day of rainfall design for 25-year of time return and variated in 0.0011 m³/second up to 0.7322 m³/second of flood discharge. The result of redesign channel various from 1.2 m x 1.4 m the largest dimension and 0.4 x 0.6 m the smallest of drainage channel dimension using pre-cast concrete U-Ditch. 0.5 m of height and 60 x 60 m the dimension of retention pond. At Rp. 4.103.570.101,00,- cost estimate for re-design construction and Rp. 1.293.954.634,00,- cost estimate for retention pond construction.

Keywords : re-design; drainage channel; retention

1. PENDAHULUAN

Dusun Balongkore terletak di Desa Ngadirejo, Kecamatan Wonoasri Kabupaten Madiun memiliki luas area permukiman yaitu 16,72 hektar. Kabupaten Madiun merupakan salah satu daerah yang melewati Gunung Wilis, selain Kabupaten Nganjuk, Kabupaten Kediri, Kabupaten Tulungagung dan Kabupaten Ponorogo. Hal ini menyebabkan topografi Kabupaten Madiun, khususnya di area Dusun Balongkore, Desa Ngadirejo, Kecamatan Wonoasri menjadi cenderung datar dan memungkinkan banyak genangan karena air hujan yang mengalir dari dataran yang lebih tinggi

Saluran drainase di wilayah Dusun Balongkore dapat dikatakan kurang memadai. Kondisi ini dapat ditandai dengan sering terjadinya banjir apabila air hujan turun secara lebat dan dalam waktu yang cukup lama. Untuk mencegah dampak banjir akibat kurang maksimalnya drainase pada daerah ini diperlukan perencanaan drainase dengan memperhatikan syarat-syarat perencanaan, kontrol saluran, dan komponen saluran yang akan dibangun.

Dalam merencanakan saluran drainase diperlukan beberapa langkah perencanaan dimulai dari merencanakan sistem dan layout jaringan drainase, kemudian menghitung waktu konsentrasi hujan yang berikutnya akan mempengaruhi debit banjir rancangan sehingga dapat direncanakan bentuk dan bahan saluran atau gorong-gorong dan pada akhirnya dapat dihitung dimensi saluran dan bangunan drainase lainnya. Sehubungan dengan hal diatas, maka diperlukan perencanaan ulang drainase di Dusun Balongkore Kabupaten Madiun dengan harapan kajian ini dapat bermanfaat bagi masyarakat yang terdampak banjir apabila hujan di daerah tersebut.

2. METODE

Data Curah Hujan

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

Uji Konsistensi

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

1. Menentukan satu stasiun utama sebagai stasiun dasar pengamatan.
2. Menentukan stasiun lainnya sebagai pembanding.

3. Menghitung komulatif data curah hujan pada stasiun utama (dy).
4. Menghitung rata-rata data curah hujan dan komulatif stasiun-stasiun pembanding (dx).
5. Membuat grafik lengkung massa ganda dengan (dx) sebagai basis dan (dy) sebagai ordinat.
6. Menentukan trend baru dan trend lama. Trend baru (m1) merupakan data yang diasumsikan dalam garis lurus, sedangkan trend lama (m2) yaitu data yang diasumsikan tidak dalam garis lurus. Untuk menghitung nilai gradient dari trend baru dan trend lama dengan menggunakan rumus berikut ini:

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

7. Menghitung nilai faktor koreksi menggunakan rumus:

$$F = \frac{m_1}{m_2} \quad (2)$$

8. Mengoreksi data dengan cara mengalikan data yang akan diasumsikan tidak dalam garis lurus faktor koreksi lalu membuat grafik datanya. Pengujian ini dilakukan untuk tiap stasiun terhadap stasiun-stasiun lainnya.

Analisis 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:

$$R = \frac{1}{n}(RA + RB + \dots + R_n) \quad (3)$$

Keterangan :

R = Tinggi curah hujan daerah

RA, RB, R_n, = curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm)

n = banyaknya pos penakar

Curah Hujan Rancangan

Distribusi curah hujan rancangan terhadap data hujan yang tersedia dapat dilakukan dengan metode *Gumbel* atau *Log Pearson III*.

Tabel 1 Nilai Cs dan Ck sesuai dengan Nilai Distribusi

Jenis Sebaran	Syarat
Gumbel tipe I	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002
Log Person Tipe III	Cs ≠ 0

Sumber: Badan Standardisasi Nasional 2415, 2016

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

Keterangan:

Cs = Koefisien kepeccengan

- Ck = Koefisien kepuncakan
 N = Jumlah data
 Sd = Standar deviasi
 X = Data curah hujan (mm)
 \bar{X} = Data rata-rata curah hujan (mm/hari)

Uji Kesesuaian Distribusi

Untuk mengukur tingkat kesesuaian distribusi serangkaian data hujan dengan distribusi teoritis tertentu, diperlukan Pengujian Kesesuaian distribusi. Perbedaan maksimum yang ada tidak boleh lebih besar dari perbedaan krtisi yang diijinkan. Terdapat 2 jenis pengujian kesesuain distribusi, yaitu Uji *Smirnov-Kolmogorov* dan Uji *Chi-Square*.

a. Uji *Smirnov-Kolmogorov*

$$\Delta P = P_{\text{empiris}} - P_{\text{teoritis}} \quad (5)$$

b. Uji *Chi-Square*

$$\chi^2_{\text{hit}} = \frac{\sum_{t=1}^n (X_{\text{empiris}} - X_{\text{teoritis}})^2}{X_{\text{teoritis}}} \quad (6)$$

Keterangan :

- χ^2_{hit} = Nilai *Chi-Square* terhitung
 X_{teoritis} = Frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelas
 X_{empiris} = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama
 n = Jumlah sub kelompok dalam satu kelompok

Intensitas Hujan

dalam kajian ini, untuk mendapatkan intensitas hujan selama waktu konsentrasi digunakan rumus mononobe:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_c}\right)^{\frac{2}{3}} \text{ mm/jam} \quad (7)$$

$$T_c = T_0 - T_d \quad (8)$$

$$T_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{s}}\right)^{0,167} \quad (9)$$

$$T_d = \frac{L}{60v} \quad (10)$$

Keterangan:

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
 T_c = Lamanya atau durasi curah hujan (jam)
 R_{24} = Curah hujan rencana dalam suatu periode ulang (mm)
 T_0 = Waktu *in-let* (menit)
 T_d = Waktu aliran dalam saluran (menit)
 L_0 = Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)
 L = Panjang saluran (m)
 nd = Angka kekasaran permukaan lahan (tabel)
 s = Kemiringan daerah pengaliran atau kemiringan tanah
 V = Kecepatan rata-rata aliran dalam saluran (m/dt)

Debit Banjir Rancangan

Menggunakan metode rasional dengan rumus:

$$Q_{\text{Air Hujan}} = 0.002778 C I A \quad (11)$$

Keterangan:

- Q = Debit limpasan (m³/det)
 C = Koefesien pengaliran (tabel)
 I = Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
 A = Luas daerah pengaliran (km²)

Perencanaan Dimensi Saluran

Perencanaan penampang melintang saluran yang ekonomis sesuai dengan bentuk saluran dapat dihitung menggunakan rumus unsur-unsur geometris penampang. Rumus unsur-unsur geometris penampang persegi sebagai berikut:

$$A = b \times h \quad (12)$$

$$P = b + 2h \quad (13)$$

$$R = A/P \quad (14)$$

Keterangan :

- A = luas penampang basah (m²)
 P = keliling basah saluran (m)
 R = Jari-jari hidrolis (m)

Kecepatan Aliran

Untuk menghitung kecepatan aliran saluran dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan Manning berikut:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

Keterangan :

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

Debit Saluran

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

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

Keterangan :

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

Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan adalah ketinggian yang diukur dari permukaan air maksimum sampai permukaan tanah. Ditujukan untuk mencegah kenaikan muka air yang berlebihan. Sesuai dengan KP 03 Kriteria Perencanaan Bagian Saluran

(2013:68) dalam (Seisar, Sandoarta et al., 2021), dijelaskan bahwa jagaan (freeboard) suatu saluran dimana jagaan ini adalah jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi rencana. Berikut tabel nilai tinggi jagaan menurut besarnya nilai debit.

Tabel 2 Tinggi Jagaan

Debit m ³ /dt	Tinggi Jagaan	
	Dengan Pasangan m	Tanpa Pasangan m
< 0,5	0,20	0,40
0,5 – 1,5	0,20	0,50
1,5 – 5,0	0,25	0,60
0,5 – 10,0	0,30	0,75
10,0 – 15,0	0,40	0,85
> 15,0	0,50	1,00

Sumber: (KP 03 Kriteria Perencanaan Bagian Saluran)

Inlet

Untuk mengalirkan air hujan dari jalan menuju kedalam saluran drainase, dibutuhkan inlet. Inlet dapat dihitung menggunakan:

$$Q_i = 0,36 \times g \times d^{\frac{3}{2}} \times L \tag{17}$$

Dimana:

L : lebar bukaan inlet (m)

g : gaya gravitasi (m/s²)

d : kedalaman air dalam curb inlet (m)

Tinggi genangan diasumsikan maksimal 1/2 dari lebar jalan.

Bangunan Terjun

Perhitungan bangunan terjun dihitung dengan rumus-rumus berikut:

- Debit per satuan lebar (q)

$$q = \frac{Q_{rencana}}{0,81 b_1} \tag{18}$$

Dimana:

q : debit persatuan lebar (m²/dt)

Qd : debit rencana (m³/dt)

b₁ : lebar saluran (m)

- Kedalaman kritis (hc)

$$hc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \tag{19}$$

hc : kedalaman kritis di saluran (m)

g : percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)

- Koefisien penggali (c)

$$C_1 = 2,5 + 1,1 \frac{hc}{z} + 0,7 \left(\frac{hc}{z}\right)^3 \tag{20}$$

Dimana:

c₁ : koefisien

z : tinggi terjunan (m) → sudah direncanakan

- Panjang terjunan ruas pertama

$$L_1 = 3 \times z \tag{21}$$

Dimana:

L₁ : panjang terjunan ruas pertama (m)

- Panjang kolam olak

$$L_2 = c\sqrt{z \cdot hc} + 0,25 \tag{22}$$

Dimana:

L₂ : panjang peredam energi (m)

- Tinggi ambang ujung (a)

$$a = 0,5 \times hc \tag{23}$$

a : tinggi endsill (m)

- Jarak pondasi pada ruas pertama

$$t = 0,5 (h + z) \tag{24}$$

Dimana:

t : jarak pondasi pada ruas pertama (m)

Rencana Anggaran Biaya

Langkah-langkah menghitung rencana anggaran biaya (RAB) adalah sebagai berikut:

1. Menghitung volume pekerjaan.
2. Menghitung analisa harga satuan pekerjaan.
3. Menghitung rencana anggaran biaya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan ulang saluran drainase dilakukan pada area pemukiman Dusun Balongkore Kecamatan Wonoasri Kabupaten Madiun dengan luas daerah 16,72 ha.

Kondisi Eksisting Drainase

Saluran yang ada pada ruas jalan area pemukiman Dusun Balongkore Kecamatan Wonoasri dapat dikatakan minim, terlihat dari banyaknya saluran yang sudah rusak dan tidak dapat berfungsi dengan baik. Di beberapa titik terlihat tanggul atau dinding saluran yang roboh dan perlu dilakukan perbaikan. Banyak juga saluran yang terdapat endapan tanah dan ditumbuhi rumput serta terdapat sampah yang menjadi penghambat bagi saluran ketika mengalirkan air.

Tabel 3 Kondisi Eksisting Saluran

Nama Saluran	Foto Jalan	Foto Saluran	Jenis Bang.	Dimensi Bang.
A - E			Saluran Tepi Jalan	b = 50 cm H = 26 cm
H - S			Saluran Tepi Jalan	b = 50 cm H = 38 cm

Data Curah Hujan

Data diambil dari tiga stasiun yang mengelilingi dan dekat dengan lokasi studi. Tiga stasiun hujan tersebut antara lain stasiun Wates, stasiun Babadan, dan stasiun Dawuhan. Data

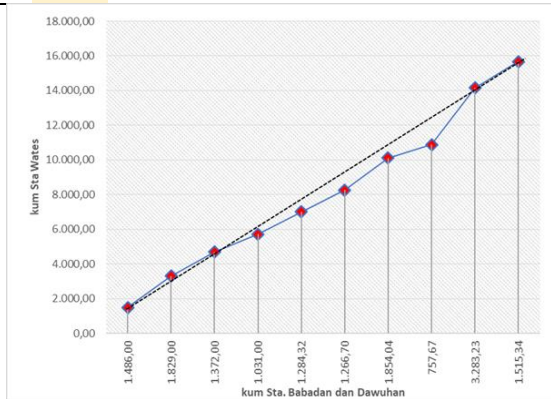
yang dipakai adalah data curah hujan harian dari tahun 2013 sampai 2022.

Uji Konsistensi

Uji konsistensi stasiun Wates terhadap stasiun Babadan dan stasiun Dawuhan menunjukkan terjadi patahan pada grafik. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi. Koreksi dilakukan pada garis M2 yaitu data tahun 2013 sampai dengan 2018.

Tabel 4 Kurva Massa Ganda Sta. Wates terhadap Sta. Babadan dan Sta. Dawuhan yang sudah dikoreksi
Curah Hujan Maksimum Setahun (d)
(mm)

Tahun	kum.dx Sta. Wates		di		rata" Sta. B,D	kum di (Sta. B,D)
	Sta. W	Sta. W	Sta. Babadan / Sta.B	Sta. Dawuhan / Sta.D		
2022	1486	1486	1938	1961	1949,5	1949,5
2021	1829	3315	2168	2545	2356,5	4306
2020	1372	4687	1580	1517	1548,5	5854,5
2019	1031	5718	1251	1501	1376	7230,5
2018	1284,3	7002,32	1864	1948	1906	9136,5
2017	1266,7	8269,02	2987	2735	2861	11997,5
2016	1854,0	10123,05	1642	1782	1712	13709,5
2015	757,67	10880,72	2031	1708	1869,5	15579
2014	3283,2	14163,96	2252	2511	2381,5	17960,5
2013	1515,3	15679,3	1317	1381	1349	19309,5



Gambar 1 Grafik Analisa Kurva Massa Ganda Sta. Wates terhadap Sta. Babadan dan Sta. Dawuhan Yang Sudah Dikoreksi

Karena grafik sudah terlihat lurus dan nilai Faktor Koreksi pada grafik telah mencapai nilai 1 maka tidak perlu dilakukan koreksi kembali.

Curah Hujan Daerah

Data yang digunakan adalah data curah hujan maksimum setahun, selama 10 tahun terakhir mulai tahun 2013 sampai dengan tahun 2022. Data diambil dari stasiun hujan terdekat yang tersebar di daerah studi yaitu stasiun Wates, stasiun Babadan, stasiun Dawuhan. Untuk data hujan pada tahun yang tidak konsisten, data yang digunakan yaitu data hasil dikoreksi dalam uji konsistensi.

Tabel 5 Data Hujan Rata-rata

Tahun	drata-rata
2013	110,70
2014	83,44
2015	40,97
2016	71,79
2017	59,36
2018	64,67
2019	60,00
2020	86,00
2021	94,00
2022	78,33
Rata-rata	74,93

Curah Hujan Rancangan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh nilai Cs = 0,129 dan nilai Ck = 4,0543 maka perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Gumbel Tipe 1. Dengan kala ulang 25 tahun, maka :

$$d_{ranc} = drata-rata + (Yt - Yn) \cdot S/Sn$$

$$d_{ranc} = 74,93 + (3,1985 - 0,4952) \cdot 19,9543/0,9496$$

$$d_{ranc} = 131,732 \text{ mm/hari}$$

Uji Kesesuaian Distribusi

Tabel 6 Perhitungan Metode Smirnov Kolmogorov

X	P EMPIRIS (%)	P TEORITIS (%)	[Δ P]
110,702	9,0909	14,000	4,909
94,000	18,1818	18,500	0,318
86,000	27,2727	31,000	3,727
83,437	36,3636	37,500	1,136
78,333	45,4545	48,000	2,545
71,786	54,5455	59,500	4,955
64,667	63,6364	68,500	4,864
60,000	72,7273	78,000	5,273
59,357	81,8182	84,700	2,882
40,972	90,9091	89,200	1,709
		ΔP Max	5,273

Dengan nilai $N = 10$ dan $\alpha = 5\%$ maka didapat nilai $Do = 41\%$. dari hasil perhitungan dapat disimpulkan $5,273\% < 41\%$. Karena nilai $\Delta P < Do$, maka distribusi metode gumbel dapat diterima.

Tabel 7 Perhitungan Metode Chi-Square

X EMPIRIS	P EMPIRIS	X TEORITIS	X ² HIT
110,702	9,091%	113,333	0,0611
94,000	18,182%	92,500	0,0243
86,000	27,273%	81,667	0,2299
83,437	36,364%	82,500	0,0107
78,333	45,455%	75,000	0,1481
71,786	54,545%	60,833	1,9720
64,667	63,636%	54,167	2,0354
60,000	72,727%	48,750	2,5962
59,357	81,818%	44,167	5,2246
40,972	90,909%	36,250	0,6151
		Jumlah	12,9173

Didapat nilai X^2_{tabel} berdasarkan nilai df dan derajat kepercayaan (α) $a = 5\%$; nilai $X^2_{tabel} = 14,067$. Karena nilai $X^2_{hit} \leq X^2_{tabel}$ ($12,9173 < 14,067$), maka distribusi menggunakan metode gumbel dapat diterima.

Intensitas Curah Hujan

Diketahui dari gambar topografi panjang lintasan aliran permukaan (L_0) untuk jalan yaitu 3,205 meter dan permukiman 36,827 meter. Kekasaran permukaan daerah pengaliran (nd) yaitu 0,013 untuk lapisan semen, aspal, dan beton. Kemiringan jalan pada umumnya dipakai 0,02. Sedangkan untuk permukiman memiliki kemiringan 0,078. Dengan panjang saluran 98,267 meter, maka hasil perhitungan waktu konsentrasi dan juga intensitas hujan:

Tabel 8 Hasil perhitungan t_0 , t_d , t_c dan intensitas hujan

Perhitungan	Jalan	Pemukiman
t_0 (menit)	0,929	1,967
t_d (menit)	1,092	1,092
t_c (jam)	0,034	0,051
I (mm/jam)	437,860	332,126

Debit Banjir Rancangan

Didapat luas daerah pengaliran (A) jalan 0,0315 ha dan pemukiman 0,3619 ha. Koefisien pengaliran (C) untuk jalan sebesar 0,7 (perkerasan aspal dan beton) dan pemukiman

sebesar 0,4 (perkampungan). Maka debit air hujan pada saluran:

$$Q_{jalan} = 0,002778 (0,7) (437,860 \text{ mm/jam}) (0,0315 \text{ ha}) = 0,0268 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q_{permukiman} = 0,002778 (0,4) (332,126 \text{ mm/jam}) (0,3619 \text{ ha}) = 0,1336 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Debit Air Kotor

Menggunakan metode aritmatika

Tabel 9 Tabel Perhitungan Debit Air Kotor

daerah perumahan tipe tertentu untuk keluarga tunggal		V Limbah cair 220	
P0	r	n	Pn
5873	0,0124	10	6603
Jumlah Penduduk	Volume Limbah Cair	Q limbah	Q limbah
Jiwa	liter/orang/hari	liter/hari	m ³ /dt
6603	220	1452660	0,0168

Digunakan pendekatan dengan perbandingan luas area yang ditinjau dengan luas area keseluruhan

$$Q_{air\ kotor} = Q_{limbah} \times (\text{Area tinjau} / \text{Area Keseluruhan})$$

$$Q_{air\ kotor} = 0,0168 \times (16614,979 / 167.200,000)$$

$$Q_{air\ kotor} = 0,0017 \text{ m}^3/\text{dt}$$

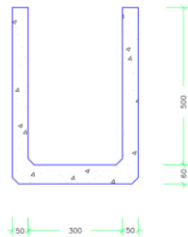
Dimensi Saluran Eksisting

Lebar saluran (b) 0,3 meter dan kedalaman saluran (h) 0,2 meter. Luas penampang melintang air (A) = 0,06 m²; keliling basah (P) = 0,7 m; radius hidrolis saluran (R) = 0,0857 m. Kecepatan aliran dengan bahan batu kali harus memenuhi kecepatan ijin antara 0,6 m/detik sampai 2 m/detik. Dengan (v) = 2,3610 m/dt maka kecepatan tidak memenuhi syarat. Untuk kontrol aliran pada saluran juga ditentukan dengan bilangan Froude < 1 . Dengan $Fr = 1,3762$ maka aliran dalam saluran juga tidak memenuhi. Debit hitungan harus lebih besar dari debit rencana. Dengan debit rencana sebesar 0,0499 m³/dt dan debit hitung sebesar 0,1417 m³/dt, maka debit hitungan memenuhi. Dimensi pada saluran I-Q tidak dapat memenuhi kontrol karena kecepatan aliran melebihi kecepatan ijin dan merupakan jenis aliran super kritis. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan ulang pada dimensi saluran.

Perencanaan Ulang Saluran

Untuk perencanaan saluran rencana jenis bahan yang digunakan adalah beton (U-Ditch), lebar saluran (b) ditetapkan 0,3 meter, sedangkan kedalaman saluran (h) direncanakan. Perencanaan menghasilkan nilai h saluran minimal sebesar

0,5 , diambil h sebesar 0,5 meter. Kecepatan aliran dalam saluran (v) = 2,0375 m/dt. Kecepatan aliran dengan bahan beton harus memenuhi kecepatan ijin antara 0,6 m/dt sampai dengan 3 m/dt. Untuk kontrol aliran pada saluran juga ditentukan dengan bilangan Froude < 1 . Nilai Fr didapat sebesar 0,920, maka Fr memenuhi syarat.



Gambar 2 Desain Saluran Rencana

Inlet

Inlet yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu curb inlet. Jika Kemiringan jalan (s) = 0,02, lebar bukaan (L) = 0,2 m, tinggi air (d) = 0,0823 m. Maka debit yang ditampung:

$$\begin{aligned} Q_{\text{inlet}} &= 0,36 \text{ g h}^{3/2} L \\ &= 0,36 \cdot 9,81 \cdot 0,0823^{3/2} \cdot 0,2 \\ &= 0,0167 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Bangunan Terjun

Bangunan terjun yang akan digunakan yaitu bangunan terjun tegak, dipilih karena rata-rata bangunan terjun direncanakan memiliki tinggi kurang dari 1,5 meter. Jika diketahui $b = 0,4$ meter; $h = 0,6$ meter; $Q_{\text{renc}} = 0,1961 \text{ m}^3/\text{dt}$; $Z = 1,5$ meter, maka didapat hasil debit per satuan lebar (q) = 0,605 m^3/dt ; kedalaman kritis (h_c) = 0,334 meter; koefisien pengali (c) = 2,753; panjang terjunan ruas pertama (L_1) = 4,500 meter; panjang kolam olak (L_2) = 2,199 meter; tinggi ambang ujung (a) = 0,167 meter; jarak pondasi ruas pertama (t) = 1,050 meter.

Kolam Retensi

Perencanaan kolam retensi ini akan dibangun pada satu wilayah dengan permukiman tepatnya pada lahan kosong tepi sawah dengan luas *catcment area* 167.200 m^2 . Lokasi ini terletak pada elevasi 66,971 - 66,692 m. kolam retensi ini akan menjadi kolam buatan dengan ukuran 60 x 60 m kedalaman 0,5 m.

$$\begin{aligned} Q_{\text{kapasitas}} &= 0,1442 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q_s &= 80\% \times Q_{\text{kapasitas}} = 0,2308 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \Delta Q &= Q_{\text{kapasitas}} - Q_s - Q_{\text{saluran}} \\ \Delta Q &= 0,2885 - 0,1442 - 1,12202 \\ \Delta Q &= - 0,978 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$V_1 = \Delta Q \times t = 0,978 \times (1 \times 60 \times 60) = 352,00 \text{ m}^3$$

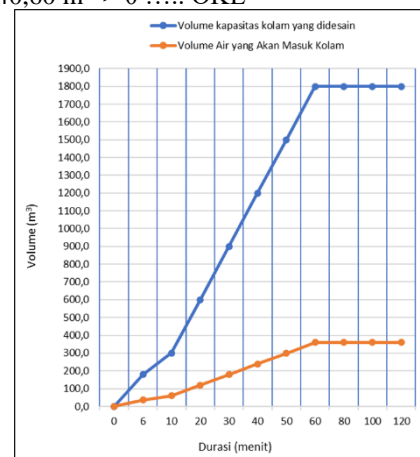
$$\begin{aligned} Q &= \frac{C \times I \times A}{3,6} \\ Q &= \frac{0,45 \times \frac{R^{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \times A}{3,6} \\ Q &= \frac{0,45 \times \frac{131,73}{24} \times \left(\frac{24}{1}\right)^{\frac{2}{3}}}{\frac{1.000.000}{3,6}} \times 3600 \\ Q &= 0,02055 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$V_2 = Q \times t = 0,02055 \times (1 \times 60 \times 60) = 7,3983 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{\text{min}} &= V_1 + V_2 \\ V_{\text{min}} &= 352,00 + 7,3983 \\ V_{\text{min}} &= 359,40 \text{ (dengan hujan maksimum 1 jam)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{kap}} &= A \times h \\ V_{\text{kap}} &= 3600 \times 0,5 \\ V_{\text{kap}} &= 1.800,00 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_{\text{kapasitas}} - V_{\text{min}} \\ \Delta V &= 1.800,00 - 359,40 \\ \Delta V &= 1.440,60 \text{ m}^3 > 0 \dots \text{ OKE} \end{aligned}$$



Gambar 3 Hubungan Volume Kapasitas dan Volume Air yang Harus Ditampung Kolam Retensi

$$\begin{aligned} T &= \frac{V_{\text{kapasitas total}}}{V_{\text{yang harus ditampung/jam}}} \\ T &= \frac{1.800,00}{359,40} \end{aligned}$$

$T = 5,01$ jam ≈ 5 jam dengan hujan berturut-turut selama 1 jam sehari

Rencana Anggaran Biaya

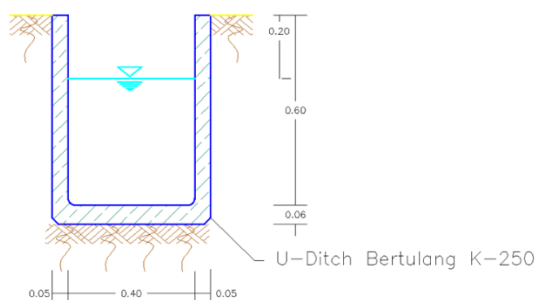
Langkah-langkah menghitung rencana anggaran biaya (RAB) adalah sebagai berikut:

1. Menghitung volume pekerjaan.
2. Menghitung analisa harga satuan pekerjaan.
3. Menghitung rencana anggaran biaya.

Berikut adalah Langkah-langkah dalam merencanakan biaya.

1. Menghitung volume pekerjaan

Contoh perhitungan volume pekerjaan galian saluran A-E dengan panjang saluran = 78,879 m.



Gambar 4 Potongan Melintang Saluran Drainase
 Vol galian = $(0,6 + 0,06) \times (0,4 + (2 \times 0,05)) \times 78,879$
 = $11,25 \text{ m}^3$

2. Mengitung Harga Satuan Pekerjaan

Harga dasar upah, alat dan bahan didapatkan dari Dinas PUPR SDA Kabupaten Madiun Tahun 2022 yang ditunjukkan pada tabel dibawah:

Tabel 10 Harga Satuan Pekerjaan

A.1.1 Pekerjaan tanah secara manual dan semi mekanis (Normatif)				
T.01 AHSP pembersihan dan pengupasan permukaan tanah				
T.01.a 1 m2 pembersihan dan striping/kosrekan				
URAIAN	KOEF	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
Tenaga				
Pekerja	0,060	O.H	80.000,00	4.800,0
Mandor	0,006	O.H	105.000,00	630,00
		Jumlah		5.430,0
		Overhead (10 %)		543,0
		Profit (3 %)		162,9
		Nilai HSPK :		6.136,0

3. Menghitung Rencana Anggaran Biaya

Berikut ini adalah rencana anggaran biaya pada perencanaan ulang saluran drainase dan pembangunan kolam retensi Dusun Balongkore Kecamatan Wonoasri Kabupaten Madiun:

Biaya yang diperlukan untuk merencanakan ulang saluran drainase sebesar Rp. 4.155.630.933,00,- dan penerapan drainase berwawasan lingkungan berupa kolam retensi sebesar Rp. 1.293.954.634,00,-

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan ulang saluran drainase dan penerapan *ecodrainage* berupa kolam retensi pada pemukiman Dusun Balongkore Kecamatan Wonoasri Kabupaten Madiun, dapat disimpulkan bahwa:

1. Debit rancangan yang dihasilkan dengan perhitungan kala ulang 25 tahun bervariasi, mulai dari 0,0011 m³/detik hingga 0,7322 m³/detik.
2. Perencanaan dimensi saluran bervariasi dengan menggunakan beton *pre-cast U-Ditch*, dimensi terkecil yang diperoleh dengan lebar 0,4 meter dan tinggi 0,6 meter. Dimensi terbesar yang diperoleh dengan lebar 1,2 meter dan tinggi 1,4 meter, untuk inlet direncanakan memiliki lebar bukaan inlet 0,2 meter, dan untuk bak kontrol direncanakan dengan dimensi 1 x 1 meter dengan kedalaman 1 meter.
3. Dimensi perencanaan untuk kolam retensi pada lahan kosong yaitu 60 x 60 meter dengan kedalaman kolam 0,5 meter.
4. Biaya yang diperlukan untuk merencanakan ulang saluran drainase sebesar Rp. 4.103.570.101,00,- dan penerapan drainase berwawasan lingkungan berupa kolam retensi sebesar Rp. 1.293.954.634,00,-.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Alia, F., Rhaptyalyani, R. and Ilmiaty, R.S. (2018) ‘Perencanaan Kolam Retensi Untuk Pengendalian Banjir di RSMH Kota Palembang’, *Cantilever*, 7(1), pp. 13–20. doi:10.35139/cantilever.v7i1.61.

[2] Badan Standardisasi Nasional (2016) ‘SNI 2415:2016 - Tata cara Perhitungan Debit Banjir Rencana’. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

[3] Basuki, Winarsih, I. and Adhyani, N.L. (2009) ‘ANALISIS PERIODE ULANG HUJAN MAKSIMUM DENGAN BERBAGAI METODE (RETURN PERIOD ANALYZE MAXIMUM RAINFALL WITH THREE METHOD)’, *Agromet*, 23(2), p. 76.

[4] Florince, Arifaini, N. and Adha, I. (2015) ‘Studi Kolam Retensi sebagai Upaya Pengendalian Banjir Sungai Way Simpur Kelurahan Palapa Kecamatan Tanjung Karang Pusat’, *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 3(3), pp. 507–520. Available at: <http://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jrsdd/article/viewFile/480/pdf>.

[6] Gunadarma (2011) *Drainase Perkotaan*. Jakarta: Gunadarma.

[7] Hasmar, H.A.H. (2012) *Drainase terapan*. Yogyakarta: UII Press Yogyakarta.