

EVALUASI DAN PERENCANAAN ULANG SISTEM JARINGAN DRAINASE KECAMATAN KARTOHARJO KOTA MADIUN

Sandoarta Seisar¹, Medi Efendi², Mohamad Zenurianto³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang^{2,3}

sandoarta38@gmail.com¹, medipolinema@gmail.com², mzenurianto@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Saluran drainase di sepanjang ruas jalan Pilang Muda – Jalan Sri Rejeki Kecamatan Kartoharjo Kota Madiun terbilang minim. Kondisi saluran drainase yang ada di ruas Jalan ini banyak yang sudah tidak bisa berfungsi dengan baik. terlihat dari banyaknya tanggul saluran drainase yang rusak atau hancur dan berserakan menyumbat saluran drainase yang ada sehingga dapat menyebabkan luapan air. Tujuan dari skripsi ini adalah merancang saluran drainase, mengevaluasi aspek hidrolis saluran dan bangunan drainase. Adapun data yang digunakan, antara lain: data curah hujan selama 10 tahun terakhir dari tiga stasiun hujan terdekat, peta topografi lokasi penelitian, dan harga satuan pekerjaan Kota Madiun tahun 2020. Data tersebut diolah menggunakan metode *Gumbel I*, uji kesesuaian dengan metode *Chi-Square* dan *Smirnov-Kolmogorov* dengan kala ulang perencanaan 5 tahun. *Software* Hec-Ras digunakan untuk menganalisis muka air dimensi saluran eksisting dan saluran yang sudah direncanakan. Dari hasil perhitungan diperoleh curah hujan rancangan sebesar 106,23 mm/hari; debit banjir rancangan sebesar 2,385 m³/detik; didapat 39 saluran yang tidak dapat menampung debit limpasan dari 64 saluran yang dianalisis menggunakan *software* Hec-Ras; Dimensi saluran drainase direncanakan dengan ukuran terkecil 0,4 m x 0,6 m dan dimensi terbesar sebesar 1,2 m x 1,4 m.

Kata kunci : evaluasi; saluran drainase; Hec-Ras

ABSTRACT

The drainage channel along the Pilang Muda - Sri Rejeki Road, Kartoharjo District, Madiun City is relatively minimal. The condition of the drainage channels on this road segment are no longer able to function properly. it can be seen from the number of damaged or destroyed drainage embankments and scattered clogging the existing drainage channels so that it can cause water overflow. The purpose of this thesis is to design a drainage channel, evaluate the hydraulic aspects of the channel and drainage building. The data used include: rainfall data for the last 10 years from the three closest rain stations, topographic maps of research locations, and the price of the Madiun City work unit in 2020. The data was processed using the Gumbel I method, conformity test using the Chi-Square method. and Smirnov-Kolmogorov with a 5 year planning return period. Hec-Ras software is used to analyze water level dimensions of existing and planned canals. From the calculation results, the design rainfall is 106.23 mm/day; design flood discharge of 2,385 m³/second; obtained 39 channels that cannot accommodate runoff discharge from 64 channels which were analyzed using Hec-Ras software; The dimensions of the drainage channel are planned with the smallest size of 0.4 mx 0.6 m and the largest dimension of 1.2 mx 1.4 m.

Keywords : evaluation; drainage; Hec-Ras

1. PENDAHULUAN

Kecamatan Kartoharjo memiliki luas yaitu 10,73 km² dan memiliki sekitar 50.945 orang penduduk menurut data sensus 2018. Berdasarkan letak topografinya, wilayah Kota Madiun tepatnya di daerah Kecamatan Kartoharjo merupakan dataran

dengan elevasi muka tanah yang relatif datar dan berpotensi timbul genangan pada daerah ini.

Saluran drainase di sepanjang ruas Jalan Pilang Muda – Jalan Sri Rejeki Kecamatan Kartoharjo terbilang minim. Kondisi saluran drainase yang ada di ruas Jalan ini sudah tidak bisa berfungsi dengan baik. terlihat dari banyaknya

tanggul saluran drainase yang rusak atau hancur dan berserakan menyumbat saluran drainase yang ada. Terlihat juga banyak saluran drainase di Jalan ini yang sudah ditumbuhi rumput dan tersumbat oleh sampah sehingga saluran yang ada tidak dapat menampung debit air. Menurut peta rawan bencana dan banjir yang diterbitkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun, lokasi kajian yang ada pada ruas Jalan ini masuk kedalam wilayah yang rawan terjadi bencana genangan dan banjir. Kondisi tersebut memberikan dampak kepada sebagian masyarakat yang bermukim di sepanjang ruas Jalan ini yaitu terjadinya genangan ketika musim hujan tiba dan menimbulkan kerugian berupa materi dan kerusakan fasilitas.

Tujuan dari kajian ini adalah untuk mendapatkan dimensi saluran drainase yang dapat menampung limpasan pada ruas Jalan Pilang Muda – Jalan Sri Rejeki supaya tidak lagi terjadi genangan yang dapat mengganggu aktivitas masyarakat.

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 (m_1) merupakan data yang diasumsikan dalam garis lurus, sedangkan trend lama (m_2) yaitu data yang diasumsikan tidak dalam garis lurus. Untuk menghitung nilai gradient dari trend baru dan trend lama dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$M = \frac{n \cdot \sum X_i \cdot Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \cdot \sum X_i - (\sum X_i)^2} \quad (1)$$

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:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \quad (3)$$

Keterangan :

- R = curah hujan rata-rata DAS (mm)
 R₁, R₂, R_n = curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm)
 n = banyaknya stasiun hujan

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

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

Sumber: Soemarto, 1999

$$C_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^3}{(n-1)(n-2) \cdot S^3}} \quad (4)$$

$$C_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4}} \quad (5)$$

Keterangan:

- Cs = koefisien kepengcengan distribusi data (*skewness*)
 Ck = koefisien kurtosis distribusi data (*kuortis*)
 n = jumlah data
 S = standart deviasi
 d = data hujan (mm)
 \bar{d} = curah hujan rata-rata (mm)
 dt = curah hujan dengan periode ulang T tahun

Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian atau distribusi diperlukan untuk mengukur tingkat kesesuaian distribusi serangkaian data hujan dengan distribusi teoritis tertentu, dengan menggambarkan hubungan empiris dan persamaan curah hujan rancangan yang didapat dari analisa data empiris dengan peluang diatas kertas distribusi.

- a. Metode *Smirnov-Kolmogorov*

$$\Delta P = P_{empiris} - P_{teoritis} \quad (6)$$

b. Metode *Chi-Square*

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

$$\chi^2_{hit} = \sum (d_{empiris} - d_{teoritis})^2 / d_{teoritis} \quad (7)$$

Keterangan :

χ^2 = Parameter *Chi-Square*

$d_{empiris}$ = d berdasarkan kertas distribusi

$d_{teoritis}$ = d berdasarkan teoritis

Intensitas Hujan

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

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3} \quad (8)$$

Keterangan:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

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

tc = Waktu konsentrasi hujan (jam)

Waktu Konsentrasi

Berikut adalah rumus untuk menghitung waktu konsentrasi (tc).

$$tc = t_o + t_d \quad (9)$$

Keterangan :

tc = Waktu konsentrasi (menit)

t_o = Waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir diatas permukaan tanah menuju saluran drainase (menit)

t_d = Waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran menuju titik kontrol yang ditentukan dibagian hilir (menit)

Debit Banjir Rancangan

Menggunakan metode rasional dengan rumus:

$$Q = 0,278 . C . I . A \quad (10)$$

Keterangan:

Q = debit banjir rancangan (m³/dt)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (ha)

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:

$$A = b \times h \quad (11)$$

$$P = b + 2h \quad (12)$$

$$R = A/P \quad (13)$$

Keterangan :

A = luas penampang saluran (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:

$$v = \frac{1}{n} \chi (R)^{2/3} \chi S^{1/2} \quad (14)$$

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:

$$Q = V \times A \quad (15)$$

Keterangan :

Q = debit pada saluran (m³/detik)

V = kecepatan aliran (m/detik)

A = luas penampang saluran (m²)

Tinggi Jagaan

Sesuai dengan KP 03 Kriteria Perencanaan Bagian Saluran (2013:68), 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 untuk pasangan

Debit m ³ /dt	Tanggul (F) m	Pasangan (F1) m
<0,5	0,40	0,20
0,5 - 1,5	0,50	0,20
1,5 - 5,0	0,60	0,25
0,5 - 10,0	0,75	0,30
10,0 - 15,0	0,85	0,40
>15,0	1,00	0,50

Sumber: KP 03 Kriteria Perencanaan Bagian Saluran

Inlet

Menurut Meduto (1998) *curb inlet* dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Q = 0,36 \text{ g d}^{3/2} L \tag{16}$$

Keterangan :

- Q = kapasitas inlet kerb (m³/detik)
- L = lebar bukaan inlet kerb (m)
- g = gaya gravitasi (m/s²)
- d = kedalaman air dalam inlet kerb (m)

Bangunan Terjun

Perhitungan bangunan terjun dihitung dengan rumus-rumus berikut:

- Debit per satuan lebar (q) (17)

$$q = \frac{Q_{rencana}}{0,8 b_1} \tag{18}$$

- Kedalaman kritis (hc) (19)

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

- Koefisien penggali (c) (20)

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

- Panjang terjunan ruas pertama (21)

$$L1 = 3 x z \tag{21}$$

- Panjang kolam olak (22)

$$L2 = c \sqrt{z \cdot hc} + 0,25 \tag{22}$$

- Tinggi ambang ujung (a) (23)

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

- Jarak pondasi pada ruas pertama (24)

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

Analisis Hidrolika Hec-Ras

Dalam kajian ini, analisis yang dilakukan adalah profil muka air aliran permanen (*Steady Flow*), hasil analisis HEC-RAS dapat digunakan untuk mengetahui daerah yang kapasitas debit atau alirannya terlampa sehingga terjadi banjir dengan mengetahui tinggi muka air pada tiap saluran drainase.

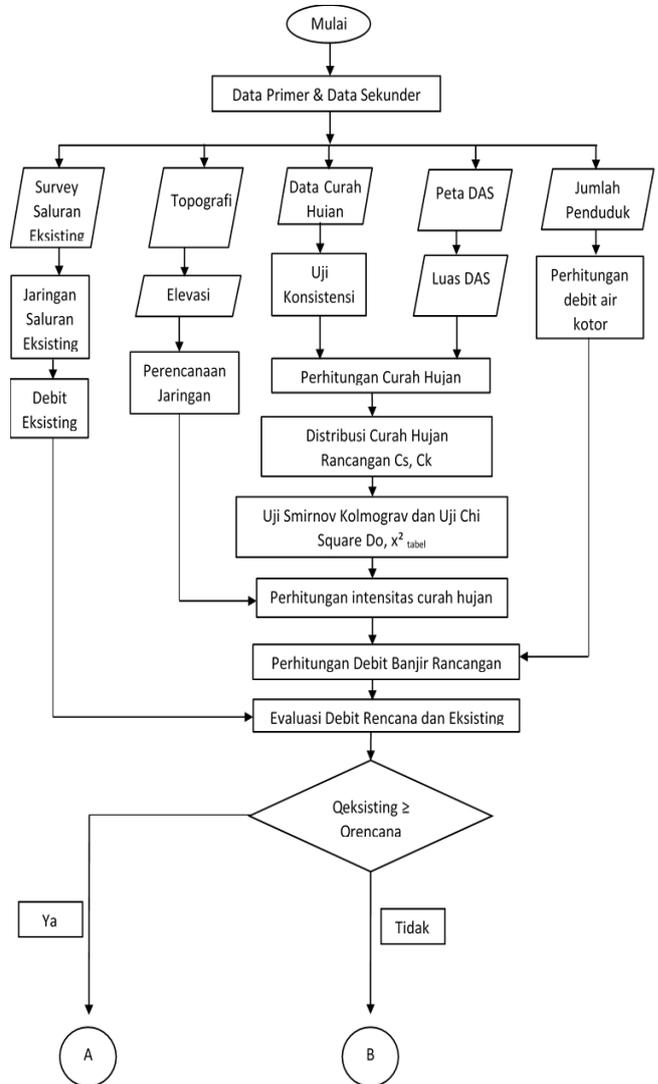
Langkah-langkah Analisis Metode Hec-Ras Aliran Permanen (*Steady Flow*)

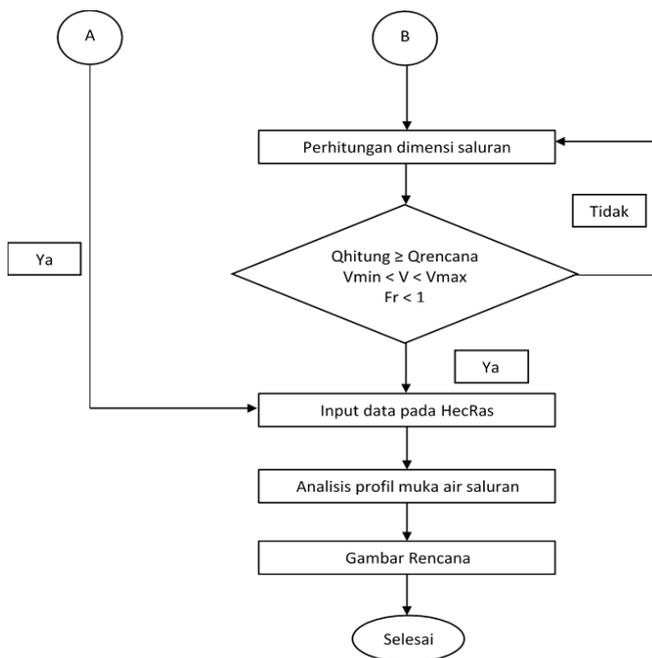
Menurut Brunner (2008:4-1) Terdapat enam langkah utama menggunakan Hec-Ras, berikut ini langkah-langkah utamanya :

1. Memulai HEC-RAS
2. Pembuatan nama pekerjaan
3. Memasukkan data geometri
4. Memasukkan data debit (*steady flow*)
5. Running program (*steady flow*)

6. Lihat hasil pekerjaan

Diagram alir metode evaluasi dan perencanaan ulang sistem drainase dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.





Gambar 1. Flow Chart Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi dan perencanaan ulang saluran drainase dilakukan pada ruas Jalan Pilang Muda sampai Jalan Sri Rejeki, Kecamatan Kartoharjo. Jalan ini membentang sepanjang ±3,2 km dengan lebar 4-6 meter.

Kondisi Eksisting Drainase

Saluran yang ada pada ruas jalan Pilang Muda – jalan Sri Rejeki Kecamatan Kartoharjo sangat 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 ditumbuhi rumput dan terdapat sampah yang menjadi penghambat bagi saluran ketika mengalirkan air.

Tabel 3. Kondisi Eksisting Saluran

Sta		Bentuk Saluran	Jenis Saluran	Bahan	Dimensi b x h	Kondisi Saluran
Awal	Akhir					
0+400	0+500	Segi Empat	Terbuka	Batu kali	80 x 40	 Saluran rusak, dinding saluran roboh
0+700	0+800	Segi Empat	Terbuka	Batu kali	45 x 40	 Saluran rusak dan banyak sampah daun
0+900	0+1000	Segi Empat	Terbuka	Batu kali	80 x 50	 Saluran rusak, dinding saluran roboh

Data Curah Hujan

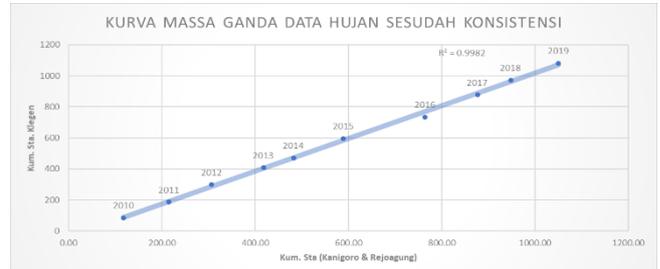
Data diambil dari tiga stasiun yang mengelilingi dan dekat dengan lokasi studi. Tiga stasiun hujan tersebut antara lain stasiun Klegen, stasiun Kanigoro, dan stasiun Rejoagung. Data yang dipakai adalah data curah hujan maksimum harian dari tahun 2010 sampai 2019.

Uji Konsistensi

Uji konsistensi stasiun Klegen terhadap stasiun Kanigoro dan stasiun Rejoagung menunjukkan terjadi patahan pada grafik. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi. Koreksi dilakukan pada garis M2 yaitu data tahun 2016 sampai dengan 2019.

Tabel 4. Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Klegen terhadap Stasiun Kanigoro dan Rejoagung Setelah Dikoreksi

TAHUN	Curah Hujan Harian Maksimum Setahun (d)					
	dx (Sta. Klegen)	kum dx (Sta. Klegen)	di			Kum Sta. Kanigoro & Rejoagung
			Sta. B Kanigoro	Sta. C Rejoagung	Rata-rata Sta. Kanigoro & Rejoagung	
2010	86	86	115	120	117.50	117.50
2011	100	186	85	110	97.50	215.00
2012	114	300	93	90	91.50	306.50
2013	109	409	135	87	111.00	417.50
2014	62	471	75	54	64.50	482.00
2015	125	596	113	100	106.50	588.50
2016	138.36	734.36	180	171	175.50	764.00
2017	144.12	878.48	75	150	112.50	876.50
2018	94.54	973.02	63	79	71.00	947.50
2019	108.38	1081.40	113	92	102.50	1050.00



Gambar 2. Grafik Kurva Massa Ganda Stasiun Klegen terhadap Stasiun Kanigoro dan Rejoagung Setelah Dikoreksi

Karena grafik sudah terlihat lurus dan nilai R^2 pada grafik telah mencapai nilai 0,9982 maka tidak perlu dilakukan koreksi kembali.

Curah Hujan Daerah

Data yang digunakan adalah data curah hujan maksimum setahun, selama 10 tahun terakhir mulai tahun 2010 sampai dengan tahun 2019. Data diambil dari stasiun hujan terdekat yang tersebar di daerah studi yaitu stasiun Klegen, stasiun Kanigoro, stasiun Rejoagung. 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
2010	98.333
2011	70.000
2012	89.333
2013	86.667
2014	41.667
2015	83.333
2016	62.000
2017	98.923
2018	66.293
2019	123.069
Jumlah	819.619
Rata - Rata	81.962

Curah Hujan Rancangan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh nilai Cs = 0,003 dan nilai Ck = 4,222 maka perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Gumbel Tipe 1. Dengan kala ulang 5 tahun, maka :

$$d \text{ rancangan} = d \text{ rata - rata} + (Yt - Yn) \frac{Sd}{Sn}$$

$$d \text{ rancangan} = 81,962 + (0,367 - 0,4952) \frac{22,936}{0,9496}$$

$$d \text{ rancangan} = 78,8536 \text{ mm/hari}$$

Uji Kesesuaian Distribusi

Tabel 6. Uji Simpangan Horizontal dengan Metode *Smirnov-Kolmogorov*

X Empiris	P empiris	P Teoritis	[Δp]
123.07	9.09	11.0	1.91
98.92	18.18	26.0	7.82
98.33	27.27	27.0	0.27
89.33	36.36	38.0	1.64
86.67	45.45	40.0	5.45
83.33	54.55	44.0	10.55
70.00	63.64	62.0	1.64
66.29	72.73	68.0	4.73
62.00	81.82	75.0	6.82
41.67	90.91	95.0	4.09
	maks	10.55	

Dengan nilai N = 10 dan α = 5% maka didapat nilai Do = 41%. dari hasil perhitungan dapat disimpulkan 10,55% < 41%. Karena nilai ΔP < Do, maka distribusi metode gumbel dapat diterima.

Tabel 7. Uji Simpangan Vertikal dengan Metode *Chi-Square*

X Empiris	P empiris	100-P empiris	X Teoritis	x2 hit
123.069	9.09	90.91	126	0.068
98.923	18.18	81.82	109	0.932
98.333	27.27	72.73	98	0.001
89.333	36.36	63.64	89	0.001
86.667	45.45	54.55	82	0.266
83.333	54.55	45.45	76	0.708

70.000	63.64	36.36	70	0.000
66.293	72.73	27.27	64	0.082
62.000	81.82	18.18	58	0.276
41.667	90.91	9.09	48	0.836
			Jumlah	3.169

Didapat nilai X²tabel berdasarkan nilai df dan derajat kepercayaan (α) α = 5 % ; nilai X²tabel = 14,067. Karena nilai X²hit ≤ X²tabel (3,169 < 14,067), maka distribusi menggunakan metode gumbel dapat diterima.

Intensitas Curah Hujan

Diketahui dari gambar topografi panjang lintasan aliran permukaan (Lo) untuk jalan yaitu 2,4 meter dan permukiman 71,502 m. Koefisien hambatan karena 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 0,02407. Dengan panjang saluran 100 meter, maka hasil perhitungan waktu konsentrasi dan juga intensitas hujan:

Tabel 8. Hasil perhitungan to, td, tc dan intensitas hujan

Perhitungan	Jalan	Permukiman
to (menit)	0.885	1.537
td (menit)	1.111	1.111
tc (jam)	0.033	0.044
I (mm/jam)	355.986	294.908

Debit Banjir Rancangan

Didapat luas daerah pengaliran (A) jalan 240 m2 dan pemukiman 7150 m2. Koefisien pengaliran (C) untuk jalan sebesar 0,8 (perkerasan aspal dan beton) dan pemukiman sebesar 0,4 (perkampungan). Maka debit air hujan pada saluran:

$$Q_{\text{jalan}} = 0,002778 (0,8) (355,986 \text{ mm/jam}) (0,024 \text{ ha})$$

$$= 0,019 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q_{\text{Permukiman}} = 0,002778 (0,4) (294,908 \text{ mm/jam}) (0,71 \text{ ha})$$

$$= 0,234 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Debit Air Kotor

Jumlah penghuni tiap keluarga diasumsikan 5 orang. Jumlah pemukiman 12 unit rumah. Daerah perumahan dengan rumah tipe tertentu untuk keluarga tunggal.

- a. Q air kotor/orang = 300 liter/orang/hari
= 0,3 m3/orang/hari
= 0,00000347 m3/orang/detik
- b. Jumlah penduduk = jumlah pemukiman x penghuni
= 12 rumah x 5 orang
= 60 orang
- c. Q air kotor = jumlah penduduk x Q limbah
= 60 x 0,00000347 m3/dt
= 0,000208 m3/dt

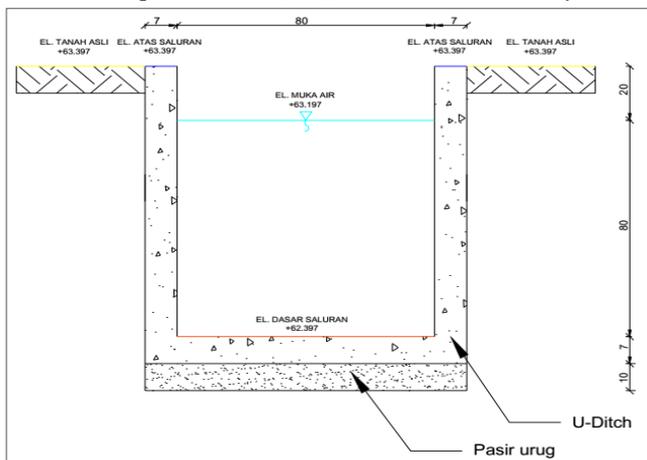
Dimensi Saluran Eksisting

Lebar saluran (b) 0,8 meter dan kedalaman saluran (h) 0,4 meter. Luas penampang saluran (A) = 0,32 m²; keliling basah (P) = 1,6 m; radius hidrolis saluran (R) = 0,200 m. Kecepatan aliran dengan bahan batu kali harus memenuhi kecepatan ijin antara 0,6 m/detik sampai 2 m/detik. Dengan (v) = 0,634 m/dt maka kecepatan memenuhi syarat. Untuk kontrol aliran pada saluran juga ditentukan dengan bilangan Froude < 1. Dengan Fr = 0,320 maka aliran dalam saluran memenuhi. Debit hitungan harus lebih besar dari debit rencana. Dengan debit rencana sebesar 1,075 m³/dt dan debit hitung sebesar 0,203 m³/dt, maka debit hitungan tidak memenuhi.

Dimensi pada saluran 5 tidak dapat menampung debit rencana. 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 0,8 meter, sedangkan kedalaman saluran (h) direncanakan. Perencanaan menghasilkan nilai h saluran minimal sebesar 0,788, diambil h sebesar 0,8 meter. Kecepatan aliran dalam saluran (v) = 1,779 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 0,635, maka Fr memenuhi syarat.

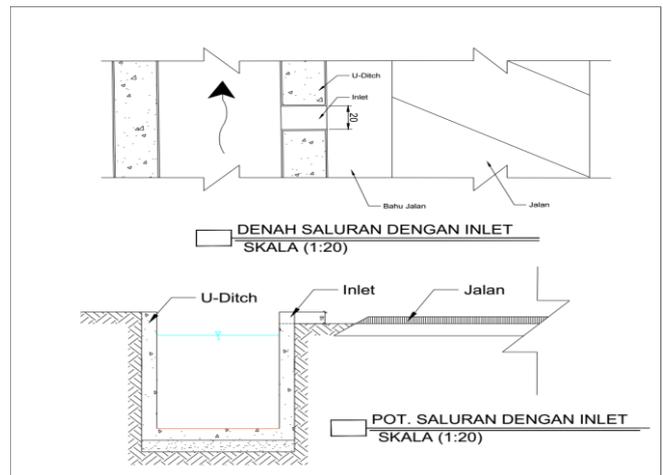


Gambar 3. Desain Saluran Drainase Rencana

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) = 0,1 m. Maka debit yang ditampung:

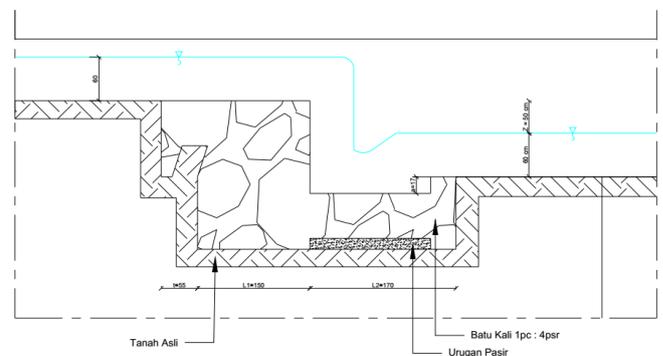
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{inlet}} &= 0,36 g h^{3/2} L \\
 &= 0,36 \cdot 9,81 \cdot 0,1^{3/2} \cdot 0,2 \\
 &= 0,0223 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. Detail Saluran Drainase dengan Inlet

Bangunan Terjun

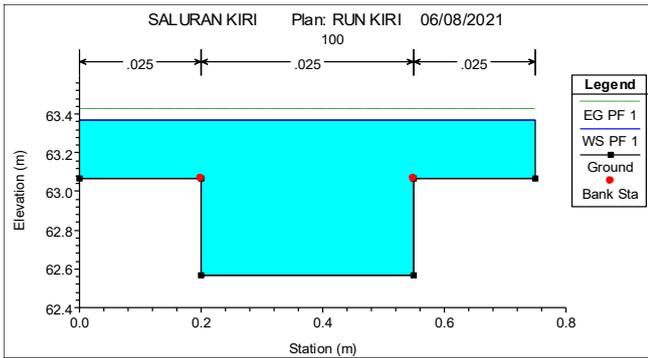
Bangunan terjun yang akan digunakan yaitu bangunan terjun tegak, dipilih karena rata-rata bangunan terjun direncanakan memiliki tinggi kurang dari 1,5 meter. Jika diketahui b = 0,6 meter; h = 0,6 meter; Q_{renc} = 0,325 m³/dt; Z = 0,5 meter, maka didapat hasil debit per satuan lebar (q) = 0,68 m³/dt; kedalaman kritis (h_c) = 0,36 meter; koefisien pengali (c) = 3,55; panjang terjunan ruas pertama (L₁) = 1,5 meter; panjang kolam olak (L₂) = 1,76 meter; tinggi ambang ujung (a) = 0,18 meter; jarak pondasi ruas pertama (t) = 0,55 meter



Gambar 6. Detail Bangunan Terjun

Analisis Profil Muka Air Saluran Eksisting (HEC-RAS)

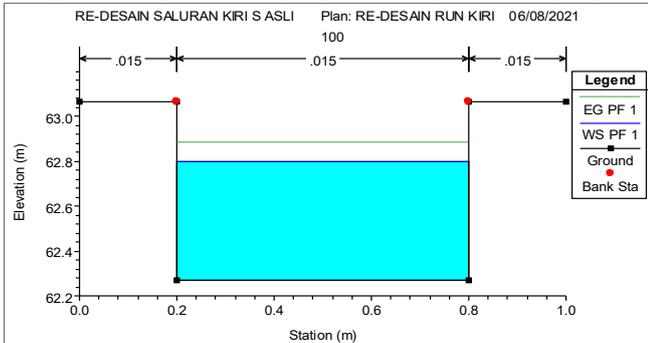
Setelah dilakukan evaluasi menggunakan program HEC-RAS dengan debit rencana kala ulang 5 tahun, didapat 39 penampang eksisting saluran tidak dapat menampung debit banjir yang ada dari 64 penampang eksisting saluran yang dianalisis. Maka perlu dilakukan redesain pada saluran eksisting. Adapun redesain saluran yang dilakukan yaitu dengan merencanakan ulang dimensi salurannya hingga didapat dimensi yang dapat menampung debit banjir rencana.



Gambar 7. Profil Saluran Eksisting

Analisis Profil Muka Air Saluran Rencana (HEC-RAS)

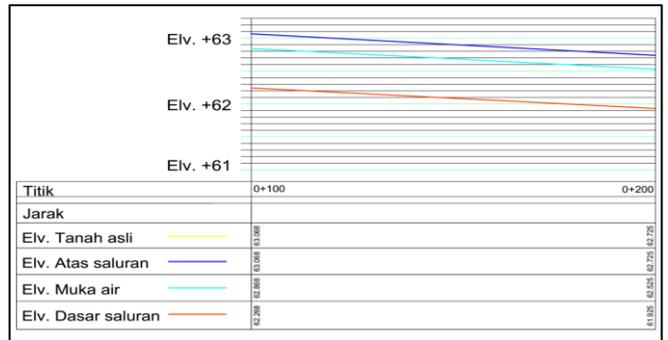
Setelah dilakukan analisis profil muka air menggunakan program HEC-RAS dengan debit rencana kala ulang 5 tahun, didapatkan penampang saluran yang sudah direncanakan ulang sudah dapat menampung debit banjir rencana yang ada.



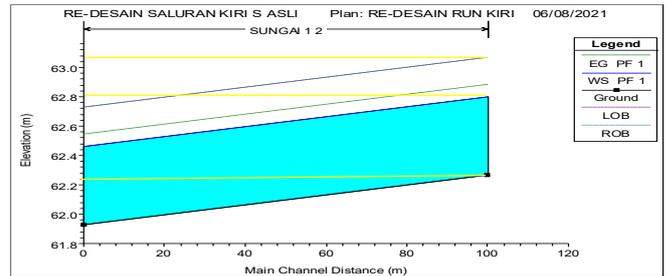
Gambar 8. Profil Saluran Rencana

Perbandingan Perhitungan Manual dan Perhitungan HEC-RAS

Dari gambar potongan memanjang saluran rencana dengan menggunakan perhitungan manual didapat ketinggian tanggul saluran pada elevasi 63.0, ketinggian muka air pada elevasi 62.8, ketinggian dasar saluran pada elevasi 62.2. Sedangkan gambar potongan memanjang saluran rencana dengan menggunakan perhitungan Hec-ras terlihat ketinggian tanggul (LOB/ROB) pada elevasi 63.0, ketinggian muka air pada elevasi 62.8, ketinggian dasar saluran pada elevasi 62.2.



Gambar 9. Potongan Memanjang Perhitungan Manual



Gambar 10. Potongan Memanjang Perhitungan Hec-Ras

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan saluran drainase pada ruas jalan Pilang Muda – Jalan Sri Rejeki Kecamatan Kartoharjo Kota Madiun, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hampir seluruh kapasitas saluran eksisting yang ada tidak mampu menampung debit limpasan yang sudah direncanakan karena kondisi saluran drainase eksisting banyak yang rusak, ditumbuhi rumput, tanggul saluran retak dan pecah masuk ke dalam saluran eksisting sehingga terjadi penyumbatan.
2. Dengan kala ulang 5 tahun, besaran debit pada saluran bervariasi mulai dari 0,019 m³/detik hingga 2,38 m³/detik.
3. Kapasitas saluran drainase eksisting terhadap debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 tahun menggunakan program software Hec-Ras, diketahui 39 saluran yang meluap dari 64 saluran yang dianalisis.
4. Dimensi saluran yang dibutuhkan bervariasi. Dari hasil perhitungan didapat dimensi terkecil yaitu lebar 0,4 meter dan tinggi 0,6 meter. Dimensi terbesar didapatkan lebar 1,2 meter dan tinggi 1,4 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Widodo and D. Ningrum, "Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Permukiman Soekarno Hatta Kota Malang dan Penanganannya," *J. Ilmu-Ilmu Tek.*, vol. 11, no. 3, pp. 1–9, 2015.
- [2] A. Dwijaya, "Evaluasi drainase perkotaan dengan metode hecras di kota nanga bulik, lamandau propinsi kalimantan tengah," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 104–115, Aug. 2014.
- [3] H. Hasmar, *Drainase terapan*. Yogyakarta: UII Press, 2011.
- [4] Soemarto, *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [5] G. W. Brunner, *HEC-RAS River Analysis System - Hydraulic Reference Manual, Version 5.0. US Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center*, no. March. 2016.
- [6] S. Sosrodarsono, *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1999.
- [7] Soewarno, *Hidrologi Jilid 1 dan 2*. Bandung: Nova, 1995.
- [8] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI, 2004.