

PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE UNTUK MENGATASI PERMASALAHAN BANJIR DESA WONOKERSO KECAMATAN PAKISAJI KABUPATEN MALANG

Ayuwandira, D¹, Medi Efendi², Ayisya Cyndy Harifa³

¹ Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

^{2,3} Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

¹desiayuwandira45@gmail.com, ²medipolinema@gmail.com, ³ayisya_civil@polinema.ac.id

ABSTRAK

Pada Kawasan JL. Karangduren-JL. Curungrejo Kecamatan Pakisaji, Kabupaten Malang sering terjadi genangan saat musim hujan. Terjadinya banjir tersebut disebabkan oleh saluran drainase yang tidak bisa mengalirkan air hujan, perencanaan drainase yang tidak tepat, sampah pada saluran drainase, dan banyaknya saluran drainase tertutup karena dibuat untuk halaman rumah Masyarakat. Tujuan dari skripsi ini adalah untuk merancang saluran drainase, mengevaluasi aspek hidrolis saluran dan bangunan drainase, dan menghitung biaya konstruksi. Adapun data yang digunakan antara lain: data curah hujan selama 10 tahun terakhir dari tiga stasiun hujan terdekat yaitu dari tahun 2014-2023, peta elevasi Lokasi penelitian, dan harga satuan pekerjaan Kabupaten Malang tahun 2023. Data tersebut diolah menggunakan metode Gumbel I, uji kesesuaian menggunakan metode *Chi Square* dan *Smirnov-Kolmogorov* dengan kala ulang perencanaan 10 tahun. *Software* HEC-RAS digunakan untuk menganalisis muka air dimensi saluran yang sudah direncanakan. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh curah hujan rancangan sebesar 84,754 mm/hari dalam kala ulang perencanaan 10 tahun, besaran debit pada saluran bervariasi mulai dari 0,0838 m³/detik hingga 2,3951 m³/detik. Dimensi Saluran direncanakan dengan ukuran terkecil 0,5 x 0,65 m dan ukuran terbesar 1,45 x 1,55 m dengan biaya yang digunakan dalam perencanaan ulang drainase ini sebesar Rp. 12.387.718.000,00.

Kata kunci : perencanaan ulang; saluran drainase; HEC-RAS

ABSTRACT

In the JL. Karangduren-JL. Curungrejo, Pakisaji District, Malang Regency often experiences inundation during the rainy season. The occurrence of the flood was caused by drainage channels that could not drain rainwater, improper drainage planning, garbage in drainage channels, and many closed drainage channels because they were made for people's yards. The purpose of this thesis is to design drainage channels, evaluate hydraulic aspects of drainage channels and buildings, and calculate construction costs. The data used include: rainfall data for the last 10 years from the three nearest rain stations, namely from 2014-2023, elevation maps of the research location, and unit prices for work in Malang Regency in 2023. The data was processed using the Gumbel I method, a conformity test using the *Chi Square* and *Smirnov-Kolmogorov* methods with a 10-year planning reperiod. HEC-RAS software is used to analyze the water level of the planned channel dimensions. Based on the calculation results, the design rainfall was obtained of 84,754 mm/day in the 10-year planning period, the amount of discharge in the channel varied from 0,0838 m³/second to 2,3951 m³/second. The dimensions of the channel are planned with the smallest size of 0,5 x 0,65 m and the largest size of 1,45 x 1,55 m with the cost used in this drainage replanning of Rp. 12.387.718.000,00.

Keywords: replanning; drainage channels; HEC-RAS

1. PENDAHULUAN

Wonokerso adalah sebuah desa di wilayah Kecamatan Pakisaji, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Desa Wonokerso berada sekitar 3 Km di sebelah

timur di Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang. Secara geografis desa ini terletak pada ketinggian 460 meter di atas permukaan laut dengan suhu rata-rata 25° C. Kecamatan Pakisaji merupakan salah satu wilayah yang termasuk

dalam titik rawan banjir/genangan, salah satunya pada kawasan Desa

Wonokerso tepatnya pada JL. Karangduren-JL. Curungrejo.

Pada musim hujan di daerah tersebut sering terjadi genangan pada ruas jalan. Berdasarkan pengamatan di lokasi, drainase pada wilayah tersebut tidak dapat mengalirkan air dikarenakan banyaknya endapan sedimen dan sampah pada drainase, dan di beberapa titik tidak terdapat drainase. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan ulang pada saluran drainase yang sudah ada (*existing*), agar dapat mengalirkan debit lintasan dengan baik ke arah hilir saluran, sehingga drainase tersebut dapat berfungsi secara optimal.

2. METODE

Data Curah Hujan

Pada penelitian ini ada 3 data curah hujan yang digunakan yaitu dari 3 stasiun terdekat dari lokasi penelitian dengan data curah hujan 10 tahun terakhir.

Uji Konsistensi

Tujuan dari uji konsistensi adalah untuk mengetahui data curah hujan yang dipakai apakah sudah konsisten atau belum. Pada penelitian ini metode yang dipergunakan untuk uji konsistensi adalah kurva massa ganda.

Analisis Curah Hujan Daerah

Lokasi penelitian ini luas wilayah DAS dibawah 500km², maka metode yang dipakai dalam menganalisis curah hujan daerah adalah metode aljabar.

Curah Hujan Rancangan

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

Tabel 1. Nilai Cs dan Ck sesuai dengan nilai distribusi

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	$Cs \approx 0$
	$Ck = 3$
Gumbel Tipe 1	$Cs \leq 1,1396$
	$Ck \leq 5,4002$
Log Person Tipe III	$Cs \neq 0$
	$Cs \approx 3 \text{ } C_v + C_v^2 = 3$
Log Normal	
	$Ck = 5,383$

Sumber: Suripin, 2004

Uji Kesesuaian Distribusi

Terdapat 2 jenis pengujian kesesuaian distribusi, yaitu Uji Smirnov-Kolmogorov dan Uji Chi-Square. Uji kesesuaian distribusi bertujuan untuk mengukur tingkat

serangkaian data hujan dengan distribusi teoritis tertentu dimana perbedaan maksimum yang ada tidak boleh lebih besar dari perbedaan kritis yang diizinkan.

Intensitas Curah Hujan

Dalam penelitian ini untuk mendapatkan intensitas hujan selama waktu konsentrasi menggunakan rumus mononobe.

Waktu Konsentrasi

Berikut adalah rumus untuk menghitung waktu konsentrasi (tc).

$$T_c = t_o + t_d$$

Keterangan:

tc = waktu konsentrasi (menit)

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

td = waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran menuju titik kontrol yang ditentukan dengan hilir (menit)

Debit Banjir Rancangan

Menggunakan metode rasional yaitu dengan rumus:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Keterangan:

Q = debit banjir rancangan (m³/dt)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (ha)

Perencanaan Dimensi Saluran

Dalam perencanaan dimensi saluran harus diusahakan memperoleh dimensi penampang yang ekonomis. Dari segi pandang hidrolika maka penampang saluran yang memiliki keliling basah terkecil akan memiliki hantaran maksimum, penampang ini disebut penampang hidrolis terbaik.

Kecepatan Aliran

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

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

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:

$$Q = V \times A$$

Keterangan:

Q = debit pada saluran (m^3/detik)

V = kecepatan aliran (m/detik)

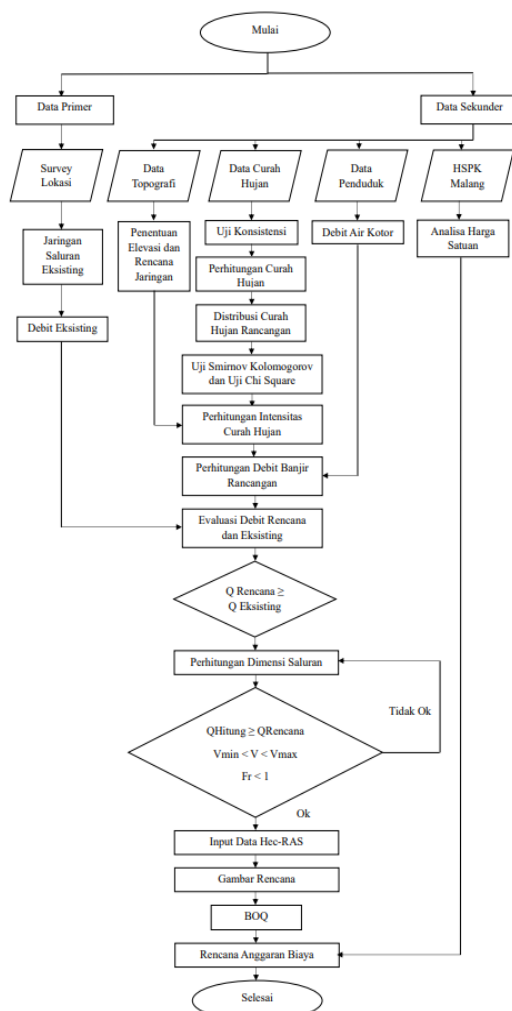
A = luas penampang saluran (m^2)

Analisis Hidrolika Hec-Ras

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah profil muka air aliran permanen (*Steady Flow*). Untuk mengetahui daerah yang kapasitas debit atau alirannya terlampaui/ terjadinya banjir dengan mengetahui tinggi muka air pada saluran drainase dapat menggunakan HEC-RAS.

Menurut Brunner (20016) terdapat enam langkah utama menggunakan HEC-RAS:

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



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi yang menjadi studi perencanaan ulang drainase terletak di wilayah Kecamatan Pakisaji, Desa Wonokerso tepatnya pada ruas JL. Raya Karangduren-JL. Raya Curungrejo Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Dengan Panjang jalan $\pm 3,4$ km.

Kondisi Saluran Eksisting

Kondisi saluran drainase yang ada di ruas JL. Karangduren-JL. Curungrejo Desa Wonokerso, Kecamatan

Pakisaji sudah tidak berfungsi dengan baik, terlihat dari banyaknya tanggul saluran drainase yang rusak, banyak ditumbuhi oleh rumput, dan tersumbat oleh sampah sehingga saluran yang ada tidak dapat menampung debit air.

Analisis Hidrologi

Analisis Hidrologi merupakan suatu analisa awal yang dilakukan untuk penanggulangan banjir serta perencanaan system drainase untuk mengetahui besarnya debit yang akan dialirkan sehingga dapat ditentukan dimensi dari saluran drainase. Sehingga diharapkan dapat menghasilkan rancangan yang mampu mencakupi kebutuhan debit rencana atau debit maksimum.

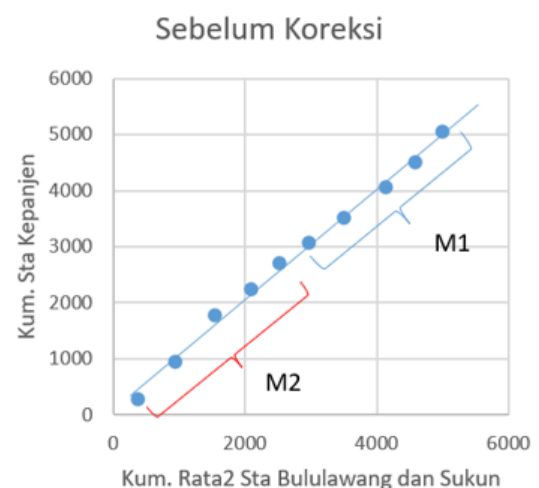
Data Curah Hujan

Mengolah data curah hujan untuk mendapatkan data hujan maksimum tiap tahun pada masing-masing stasiun.

Uji Konsistensi

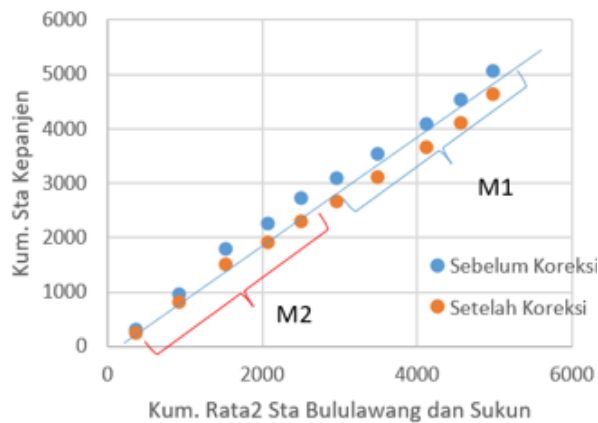
Menggunakan nilai komulatif dari data hujan pada stasiun Kepanjen, Stasiun Bululawang dan Stasiun Sukun untuk dipergunakan dalam perhitungan uji konsistensi.

Berikut merupakan hasil penggambaran kurva massa ganda.



Gambar 2. Grafik Massa Ganda Sebelum Koreksi

Berikut grafik data hujan yang telah dikoreksi



Gambar 3. Grafik Massa Ganda Setelah Dikoreksi
Sumber: Perhitungan

Curah Hujan Daerah

Untuk data yang digunakan diambil dari 3 stasiun terdekat dengan wilayah penelitian, antara lain yaitu stasiun Sukun, Stasiun Bululawang, dan stasiun Kepanjen.

Pemilihan Distribusi Curah Hujan Rancangan

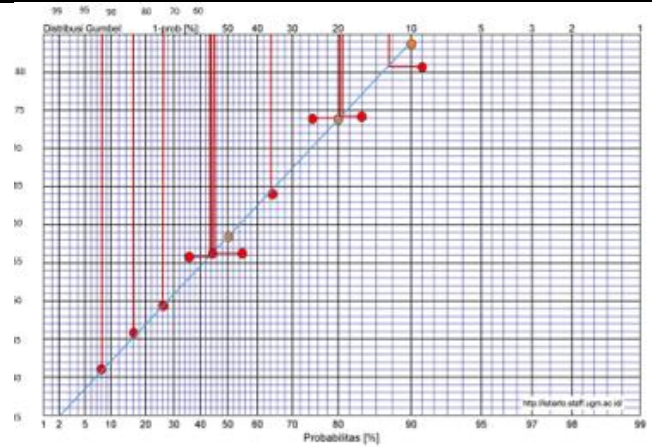
Tabel 2. Tabel Urutan Data Hujan

Tahun	Curah Hujan (mm)
2023	56,159
2022	49,833
2021	74,239
2020	74,479
2019	56,409
2018	45,522
2017	56,231
2016	80,782
2015	64,622
2014	41,906

Sumber : Perhitungan

Uji Kesesuaian Distribusi

Hasil plot data X empiris dan d rancangan pada kertas distribusi gumbel untuk menguji simpangan horizontal



Gambar 4. Uji Simpangan Horizontal pada Kertas Distribusi Gumbel

Sumber: Perhitungan

Penentuan Kala Ulang

Penentuan kala ulang perencanaan berdasarkan jenis bangunan/saluran menurut Hartono, 1996 maka digunakan kala ulang 10 tahun. Nilai drancangan dengan kala ulang 10 tahun telah diperhitungkan pada perhitungan curah hujan rancangan yaitu 84,754 mm/hari.

Waktu Konsentrasi

Waktu Konsentrasi dihitung dari limpasan jalan dan pemukiman.

Intensitas Hujan

Pada perhitungan intensitas hujan pada penelitian ini menggunakan metode mononobe.

Debit Banjir Rancangan

Metode yang dipergunakan pada perhitungan debit banjir rancangan pada penelitian ini adalah metode rasional karena luas daerah aliran sungai kurang dari 300 ha.

Debit Air Kotor

Debit air kotor dihitung dari jumlah penduduk dan besar volume limbah yang dibuang.

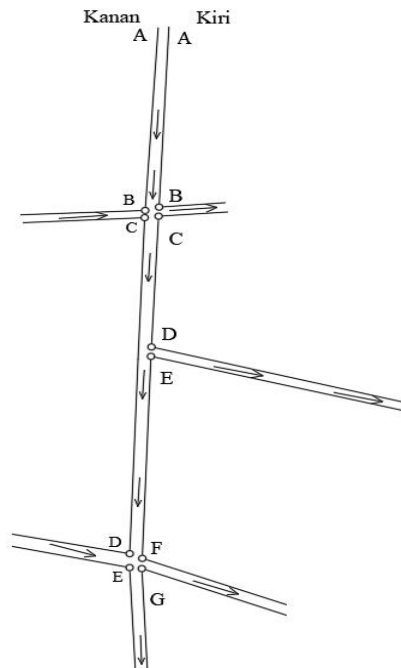
Debit Air Komulatif

Debit air komulatif didapat dari penjumlahan debit banjir rancangan dari pemukiman dan jalan serta debit

air kotor.

Perencanaan Saluran

Pada Perhitungan dimensi saluran dan perencanaan elevasi muka air diambil contoh hitungan pada saluran Node E-F sebelah kiri jalan.



Gambar 5. Denah Saluran Node E-F Sebelah Kiri

Sumber: Gambar Data Saluran

Dimensi Saluran Eksisting

Langkah perhitungan yang dilakukan untuk menghitung dimensi eksisting sebagai berikut:

- Menghitung luas penampang saluran (A)
 $A = b \times h$
- Menghitung keliling basah saluran (P)
 $P = b + 2h$
- Menghitung radius hidrolis saluran (R)
 $R = \frac{A}{P}$
- Kemiringan saluran (S)
- Menghitung kecepatan aliran pada saluran (V)
 $V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0,002}$
- Kontrol kecepatan saluran

Syarat:

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

- Kontrol bilangan froud (Fr)

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

- Menghitung debit saluran (Q)

$$Q = V \times A$$

- Kontrol debit saluran
 $Q_{hitung} \geq Q_{rencana}$

Redesain Dimensi Eksisting

Untuk jenis bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu kali dengan bentuk saluran persegi. Dimensi baru saluran ditentukan dengan cara coba-coba dengan mengubah lebar saluran (b) dan kedalaman saluran (H).

Gorong-Gorong

Dalam perencanaan ini bentuk penampang gorong-gorong direncanakan dengan bentuk persegi berjenis box-culvert pracetak. Sehingga untuk dimensi boxculvert direncanakan sesuai dengan dimensi yang ada pada pabrikasi.

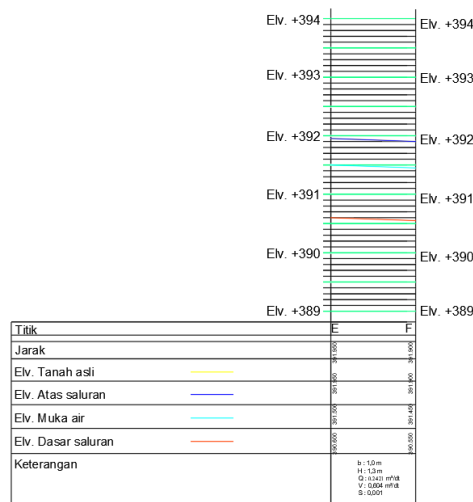
Bangunan Terjun

Bangunan terjun yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bangunan terjun tegak. Berikut contoh perhitungan dimensi bangunan terjun:

- Debit persatuan lebar (q)
 $q = \frac{Q_{rencana}}{0,8 b} = \frac{2,395}{0,8 \times 1,4} = 2,14 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Kedalaman kritis (hc)
 $hc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{2,14^2}{9,81}} = 0,78 \text{ meter}$
- Koefisien pengali (c)
 $c = 2,5 + 1,1 \frac{hc}{z} + 0,7 \left(\frac{hc}{z}\right)^3$
 $= 2,5 + 1,1 \frac{0,78}{1,5} + 0,7 \left(\frac{0,78}{1,5}\right)^3 = 3,17$
- Panjang terjunan ruas pertama
 $L1 = 3 \times z = 3 \times 1,5 = 4,50 \text{ meter}$
- Panjang kolam olak
 $L2 = c \sqrt{z \cdot hc} + 0,25$
 $= 3,17 \sqrt{1,5 \cdot 0,78} + 0,25 = 3,66 \text{ meter}$
- Tinggi ambang ujung (a)
 $a = 0,5 \times hc = 0,5 \times 0,78 = 0,39 \text{ meter}$
- Jarak pondasi pada ruas pertama
 $t = 0,5 (h+z)$
 $= 0,5 (1,0 + 1,5) = 1,25 \text{ meter}$

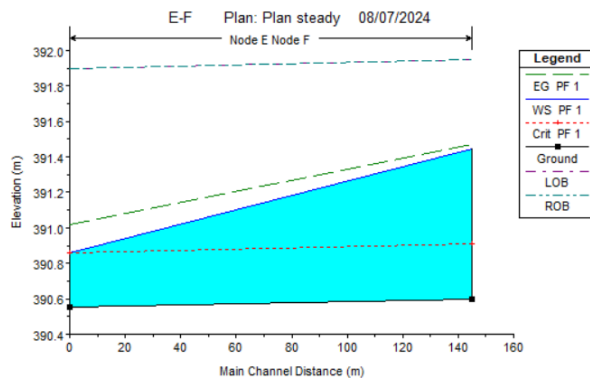
Program HEC-RAS

Berikut ini tampilan hasil perbandingan potongan memanjang menggunakan perhitungan manual dan gambar potongan memanjang menggunakan perhitungan HEC-RAS



Gambar 6. Potongan Memanjang Rencana Perhitungan Manual Saluran Node E-F

Sumber: Autocad



Gambar 7. Potongan Memanjang Rencana Perhitungan HEC-RAS Saluran Node E-F

Sumber: HEC-RAS

Rencana Anggaran Biaya

Terdapat beberapa perhitungan untuk menghitung Rencana Anggaran Biaya antara lain:

1. Volume pekerjaan

- Pekerjaan galian tanah
- Pekerjaan urugan pasir
- Pekerjaan urugan tanah kembali
- Pekerjaan pasangan batu kali
- Pekerjaan plesteran
- Pekerjaan gorong-gorong

2. Harga satuan alat, bahan, dan tenaga kerja

Tabel 2. Harga Satuan Tenaga Kerja, Bahan dan Sewa Alat

URAIAN	SATUAN	UPAH
Upah Pekerja		
Pekerja	Orang/Hari	Rp 122.000
Mandor	Orang/Hari	Rp 165.000
Kepala Tukang	Orang/Hari	Rp 157.000
Tukang Kayu	Orang/Hari	Rp 149.000
Tukang Batu	Orang/Hari	Rp 149.000
Harga Bahan		
Kayu 5/7	m3	Rp 9.100.900
Papan 3/20 Kayu Acuan	m3	Rp 5.056.100
Paku Biasa - Uk. 2 - 5 inch	kg	Rp 24.300
Pasir Urug	m3	Rp 232.800
Batu Belah	m3	Rp 287.700
Pasir Pasang/Cor	m3	Rp 322.200
Semen Gresik	kg	Rp 1.700
Kerikil	m3	Rp 374.200
Box Culvert (60x60x100)	bh	Rp 2.010.000
Box Culvert (80x80x100)	bh	Rp 2.870.000
Box Culvert (100x100x100)	bh	Rp 4.250.000
Box Culvert (120x120x100)	bh	Rp 5.260.000
Harga Sewa Alat		
Sewa Forklift Kap 3 Ton	Jam	Rp 195.000

Sumber : HSPK Kabupaten Malang Tahun 2023

3. Analisis Harga satuan pekerjaan

Dalam perhitungan analisis harga satuan pekerjaan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 8 Tahun 2023.

4. Analisis Rencana Anggaran Biaya

Tabel 3. Total Biaya Keseluruhan

RENCANA ANGGARAN BIAYA			
Uraian Pekerjaan	Volume	Jumlah Harga	
PEKERJAAN PERSIAPAN			
Pembersihan Lahan Saluran	10695,44	Rp	121.390.513
Pembongkaran Saluran	2564,85	Rp	807.633.552
Pemasangan Bowplank	365,00	Rp	32.211.329
PEKERJAAN TANAH			
Galian Tanah < 2 Meter	12778,40	Rp	1.356.346.764
Urugan Pasir	1079,72	Rp	352.749.693
Urugan Tanah Kembali	3833,52	Rp	294.672.983
PEKERJAAN PASANGAN SALURAN			
Saluran Terbuka Pas. Batu Kali	6101,52	Rp	6.644.778.230
Plesteran	9749,70	Rp	646.849.579
Saluran Gorong - Gorong (Box Culvert 60.60 cm)	9,00	Rp	22.163.414

Saluran Gorong - Gorong (Box Culvert 80.80 cm)	0,00	Rp	3.417.202
Saluran Gorong - Gorong (Box Culvert 100.100 cm)	67,00	Rp	331.583.107
Saluran Gorong - Gorong (Box Culvert 120.120 cm)	90,00	Rp	546.309.144
JUMLAH		Rp	11.160.105.511
PPN 11%		Rp	1.227.611.606
TOTAL		Rp	12.387.717.117
PEMBULATAN		Rp	12.387.718.000

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan saluran ulang drainase pada ruas Jl. Karangduren-Jl. Curungrejo, Desa Wonokerso, Kecamatan Pakisaji, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kapasitas saluran eksisting yang ada tidak mampu menampung debit limpasan yang sudah direncanakan karena banyak titik yang tidak terdapat drainase dan banyak drainase eksisting yang mengalami kerusakan, ditumbuhi rerumputan, dan terdapat sedimentasi.
2. Dengan kala 10 tahun, besaran debit saluran bervariasi mulai dari 0,0838 m³/detik hingga 2,3951 m³/detik.
3. Dimensi saluran yang dibutuhkan bervariasi. Dari hasil perhitungan didapat dimensi terkecil yaitu lebar 0,5 m dengan tinggi 0,65 m dan dimensi terbesar yaitu lebar 1,45 m dengan tinggi 1,55 m.
4. Total biaya keseluruhan yang diperlukan dalam perencanaan ulang saluran drainase sebesar Rp. 12.387.718,00. (Dua Belas Miliar Tiga Ratus Delapan Puluh Tujuh Ratus Delapan Belas Ribu Rupiah).

Daftar Pustaka

- [1] Alfi Nurul Hidayah, Agus Suhardono, Mohammad Zenurianto. (2024). Perencanaan Ulang Sistem Drainase di Kawasan Jalan Raya Benjeng – Jalan Raya Kedung Rukem Kabupaten Gresik. Jurnal Online Skripsi – MRK Volume 5, Nomor 1.
- [2] Anggrahini. (1997). Hidrolika Saluran Terbuka, Surabaya: Citra Media. Anonim. Drainase Perkotaan. Penerbit Gunadharma.
- [3] Brunner, G. W. (2016). *HEC-RAS River Analysis System*.
- [4] Basuki, Winarsih, I., & Adhyani, N. L. (2009). *Analisis Periode Ulang Hujan Maksimum dengan Berbagai Metode*.
- [5] Chow, Ven Te. 1984. Open Channel Hydraulic terjemahan Suyatman dkk. Jakarta: Erlangga.
- [6] Earth, Google. (2024). "Jl. Raya Karangduren-Jl. Raya Curungrejo Kabupaten Malang". Diakses pada tanggal 7 Januari 2024).
- [7] Edisono, Sutarto, dkk, 1997. *Drainase Perkotaan*.

- Jakarta: Gunadarma.
- [8] Hartono, Tony. 1996. Program Analisa dan Perencanaan Dimensi Saluran.
 - [9] Hasmar, H. 2012. Drainase Terapan. Yogyakarta: UII Press.
 - [10] Ibrahim, H. Bachtiar. 2001. Rencana dan Estimate Real of Cost. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
 - [11] Kamiana, I Made. 2011. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Yogyakarta: Graha Ilmu.
 - [12] Masduki, (1990). Drainase Pemukiman. Institut Teknologi Bandung (ITB).
 - [13] Nanda Nabilah Efendi, Winda Harsanti, Agus Suhardono. (2022). Perencanaan Ulang Saluran Drainase Jalan Raya Pakis-Jalan Raya Wendit Kabupaten Malang. Jurnal Online Skripsi – MRK Volume 3, Nomor 3.
 - [14] Ninda Sholehah, Utami Retno Pudjowati, Agus Suhardono. (2021). Perencanaan Ulang Saluran Drainase Kawasan Jalan Kendalpayak-Jalan Simpang Pakisaji Kabupaten Malang. Jurnal Online Skripsi – MRK Volume 2, Nomor 3.
 - [15] Petatematikindo.wordpress.com. <https://petatematikindo.wordpress.com/2014/01/17/administrasi-kabupaten-malang/>.
 - [16] Risa Nurisandira, Suhartono, Rinto Sasongko. (2020). Perencanaan Ulang Sistem Drainase Jalan Raya Sukoharjo – Jalan Raya Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang. Jurnal Online Skripsi – MRK Volume 1, Nomor 3.
 - [17] Soeparman, & Suparmin. (2002). *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. UGC.
 - [18] Soewarno. (1995). Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data. Nova, Bandung.
 - [19] Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (2003). *Hidrologi*. PT Pradnya Paramita.
 - [20] Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Andi Offset