

PERENCANAAN ULANG DRAINASE BERWAWASAN LINGKUNGAN DESA BALONGSARI KECAMATAN MAGERSARI KOTA MOJOKERTO

Deby Rohmatul Laili¹, Ikrar Hanggara², Mohamad Zenurianto³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Email: debylaili09@gmail.com¹, i.hanggara@polinema.ac.id², mzenurianto@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Saluran drainase di sepanjang ruas jalan Desa Balongsari mengalami penurunan kualitas sehingga tidak mampu mengalirkan limpasan air secara optimal dan menyebabkan genangan. Tujuan dari skripsi ini adalah menghitung debit banjir rancangan dengan kala ulang 25 tahun, menghitung dimensi saluran yang cukup untuk mengalirkan debit banjir dengan pemodelan HEC-RAS, merencanakan kebutuhan biopori dan memperkirakan biaya konstruksi. Data yang digunakan adalah data dimensi eksisting saluran, data curah hujan dari tiga stasiun hujan terdekat tahun 2012-2021, peta topografi, data permeabilitas dari skripsi sebelumnya, dan harga satuan pekerjaan Kota Mojokerto tahun 2022. Data curah hujan diolah menggunakan metode Gumbel, uji kesesuaian menggunakan metode Chi-Square dan Smirnov Kolmogorov dengan periode ulang perencanaan 25 tahun. Hasil perencanaan ulang adalah curah hujan rancangan 109,533 mm/hari; debit banjir rencana 0,427 m³/detik; 8 saluran dilakukan perencanaan ulang menggunakan U-Ditch dan batu kali untuk penampang trapesium; U-Ditch terkecil adalah 40 x 60 cm dan terbesar 80 x 80 cm. Konstruksi batu kali diperoleh 100 x 150 x 100 cm. Kebutuhan biopori diperoleh 294 biopori dengan diameter 10 cm, tinggi 100 cm. Biaya konstruksi adalah Rp. 5.720.946.905,00

Kata kunci : perencanaan ulang, saluran drainase, berwawasan lingkungan

ABSTRACT

The drainage channels along Balongsari Village road have decreased in quality so that they are unable to drain runoff water optimally and cause inundation. The purpose of this thesis is to find out the designed flood discharge with 25-year return period, determine the dimensions of the new channel sufficient to flow the flood discharge using HEC-RAS method, design the required biopores, and estimate the construction cost. The required data were of existing channel dimensions, rainfall from 3 nearby rain stations 2012-2021, topographic maps, permeability data from previous thesis, and work unit price of Mojokerto 2022. Rainfall data were processed using Gumbel method, suitability test using Chi-Square method and Smirnov-Kolmogorov was for designing the flood discharge with 25-year return period. The redesign resulted in 109.533mm/day designed rainfall; 0.427m³/s flood discharge; 8 redesigned channels using U-Ditch and river stone for a trapezoidal cross section; 40 x 60cm the smallest and 80 x 80cm the largest U-Ditch; 100 x 150 x 100cm river stone construction; 294 biopores of ϕ 10cm, 100cm height; at Rp.5,720,946,905.00.

Keywords: redesign, drainage channels, environmentally-based

1. PENDAHULUAN

Desa Balongsari di Kecamatan Magersari Kota Mojokerto termasuk wilayah padat penduduk dengan luas sekitar 108 Ha dan jumlah penduduk 7990 jiwa pada tahun 2021 (mojokertokota.bps.go.id). Daerah ini mengalami pertumbuhan penduduk dan perkembangan pembangunan pada sektor perdagangan maupun pemukiman menurut Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Mojokerto Tahun 2022-2023 sehingga pengalihan fungsi

lahan terjadi. Oleh karena itu, diperlukan adanya fasilitas pendukung yang baik terutama dalam sistem drainase karena fungsi drainase sangat berperan penting untuk mengalirkan debit air. Kondisi beberapa saluran drainase di Desa Balongsari mengalami penurunan kualitas. Adanya sampah dan sedimentasi di dasar saluran, kondisi tanggul saluran yang mulai rusak, hambatan oleh tanaman liar dan kemungkinan karena usia guna saluran yang sudah tidak sesuai lagi dengan kondisi tata guna lahan yang sekarang

sehingga pada saat musim hujan kapasitas saluran berkurang. Akibatnya, beberapa titik pada ruas jalan di Desa Balongsari menjadi tergenang. Saat ini pembangunan yang berwawasan lingkungan banyak dilakukan di bidang konstruksi, termasuk dalam pembangunan drainase (*ecodrainage system*). Konsep ekodrainase dengan penggunaan biopori diupayakan untuk diterapkan pada Desa Balongsari. Dengan penggunaan biopori dapat mempercepat peresapan air hujan dan mengatasi beban sampah organik rumah tangga yang menjadi salah satu penyebab terjadinya genangan akibat tersumbatnya saluran oleh sampah organik. Berdasarkan hal tersebut peneliti tertarik untuk melakukan perencanaan ulang sistem drainase pada Desa Balongsari yang berwawasan lingkungan dengan menggunakan biopori.

2. METODE

A. Analisis Curah Hujan

Uji Konsistensi Data

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian minimal dari 3 stasiun hujan terdekat dalam 10 tahun terakhir. Uji konsistensi dilakukan dengan metode Kurva Massa Ganda, yaitu membandingkan nilai kumulatif curah hujan tahunan rata-rata dari suatu stasiun dengan kumulatif data hujan di stasiun lainnya dan dilakukan koreksi data. Untuk menghitung koreksi digunakan rumus:

$$F = \frac{M1}{M2}$$

Keterangan :

F = Faktor koreksi

M1 = Gradien lurus

M2 = Gradien tidak lurus

Curah Hujan Daerah

Curah hujan daerah adalah curah hujan rata-rata pada daerah studi. Perhitungan curah hujan daerah menggunakan metode *polygon thiessen* dengan rumus:

$$d = \frac{A1d1+A2d2+\dots+Andn}{A1+A2+\dots+An}$$

Keterangan:

d = Curah hujan daerah maksimum (mm)

d1,d2,...dn = Curah hujan setiap stasiun hujan (mm)

A1,A2,An = Luas daerah yang dicari tinggi hujan

Distribusi Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan merupakan curah hujan terbesar tahunan yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan kala ulang tertentu. Pemilihan distribusi curah hujan, berdasarkan nilai koefisien kurtosis (Ck) dan koefisien kepengcangan (Cs) yang memenuhi syarat. Ada beberapa metode distribusi hujan, salah satunya adalah metode Gumbel. Rumus distribusi Gumbel sebagai berikut:

$$dranc = \bar{d} + \left(\frac{Yt - Yn}{Sn} \right) Sd$$

Keterangan:

dranc = Curah hujan rancangan

\bar{d} = Rata-rata hujan

Yt = Reduced variate = $-\ln(-\ln \frac{Tr-1}{Tr})$

Yn = Reduced mean yang tergantung pada n (tabel)

Sn = Reduced standard deviation tergantung pada n (tabel)

Tr = Kala ulang hujan

Uji Kesesuaian Distribusi

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui apakah metode distribusi yang dipilih sudah sesuai terhadap fungsi distribusi peluang dan data hujan tersebut.

a. Uji Smirnov Kolmogorov

Pengujian ini digunakan untuk peluang simpangan horizontal dengan menghitung selisih peluang empiris dan teoritis (ΔP) pada setiap data yang sudah diurutkan. Nilai $\Delta P < Do$, maka uji kecocokan sesuai

b. Uji Chi-Square

Uji ini digunakan untuk pengujian simpang vertikal dengan rumus:

$$\chi^2_{hit} = \sum_{t=1}^n (x_{empiris} - x_{teoritis})^2 / x_{teoritis}$$

Jika $\chi^2 < \chi^2_{tabel}$, maka uji kecocokan sesuai

B. Analisis Debit Banjir

Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Intensitas hujan merupakan jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi atau volume hujan tiap satuan waktu.

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

Keterangan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R24 = Curah hujan rancangan (mm/hari)

t = Durasi hujan (jam) ; rata-rata (4-6 jam)

Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan merupakan debit maksimum di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang (rata-rata) yang sudah ditentukan

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A$$

Keterangan:

Q = Debit maksimum rencana (m³/detik)

A = Luas daerah pengaliran (m², km², ha)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

0,00278 = Konversi satuan (Ha) ke (m³/dtk)

Analisis Debit Air Limbah

Pada perencanaan drainase air hujan yang dialirkan melalui saluran yang sama akan tercampur dengan limbah rumah tangga. Perhitungan debit limbah menggunakan proyeksi penduduk sehingga jumlah penduduk perlu diketahui untuk menghitung debit air limbah

• Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk menggunakan metode aritmatika dengan rumus:

$$P_n = P_0 \times (1 + n \times r)$$

Keterangan:

Pn = Jumlah penduduk pada akhir periode n (jiwa)

P0 = Jumlah penduduk pada awal periode n (jiwa)

r = Tingkat pertumbuhan penduduk

n = Tahun proyeksi

• Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah berdasarkan karakteristik limbah cair domestik sesuai dengan tabel pembuangan limbah cair rata-rata per orang setiap hari (Soeparman dan Suparmin 2001)

$$Q_{ak} = \sum \text{Penduduk} \times Q_{ak} \text{ per orang}$$

Lubang Resapan Biopori

Lubang Resapan Biopori merupakan lubang silindris yang dibuat vertikal ke dalam tanah sebagai metode resapan air untuk mengatasi genangan air (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009)

a. Nilai Faktor Geometrik

$$F = \frac{2\pi H + \pi^2 R \ln 2}{\ln \left(\frac{H+2R}{3R} + \sqrt{\left(\frac{H}{3R}\right)^2 + 1} \right)}$$

Keterangan:

H = Kedalaman tiap lubang biopori (1m)

R = Jari-jari Biopori (0,05m)

F = Faktor geometrik (m)

b. Kedalaman Total Biopori

$$H = \frac{Q}{F \times K}$$

Keterangan:

Q = Debit limpasan hujan (C x I x A) m³/ detik

K = Nilai permeabilitas tanah (m/s)

H = Kedalaman total biopori (m)

c. Debit Resap Biopori

$$Q_{LRB} = F \times K \times H$$

Keterangan:

Q = Debit biopori (m³/ detik)

K = Nilai permeabilitas tanah (m/s)

H = Kedalaman total biopori (m)

d. Efektivitas Biopori

$$\text{Efektivitas biopori} = \frac{(Q \text{ tanpa LRB} - Q_{LRB})}{Q \text{ tanpa biopori}} \times 100\%$$

Debit Kumulatif Saluran

Perhitungan debit kumulatif digunakan rumus:

$$Q_{\text{total}} = (Q_{\text{banjir rancangan}} + Q_{\text{limbah}} + Q_{\text{sal. Sebelumnya}}) - Q_{\text{resap biopori}}$$

C. Analisis Hidrolika

Dimensi Saluran

Perhitungan dimensi saluran untuk mengetahui kapasitas saluran terhadap debit yang sudah direncanakan.. Kemudian dilakukan kontrol debit (Q), kecepatan (V), dan kekritisian saluran (F)

a. Debit Saluran

Saluran aman apabila Q_{kapasitas saluran} > Q_{banjir}

$$Q = V \times A$$

Keterangan:

Q = Debit pada saluran (m³/detik)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

A = Luas penampang saluran (m²)

b. Kecepatan Aliran (Rumus Manning)

Kecepatan harus memenuhi kecepatan minimum dan maksimum yang diijinkan sesuai dengan bahan saluran yang digunakan

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

Keterangan:

V = Kecepatan rata-rata dalam saluran (m/detik)

n = Koefisien kekasaran manning

R = Jari-jari hidrolis (m)

S = Kemiringan dasar saluran

Tabel 1. Kecepatan Ijin Saluran Berdasarkan Bahan Saluran

Bahan Saluran	V ijin
Pasangan Batu	2 – 0,6 m/detik

Pasangan Beton	3 – 0,6 m/detik
Tanah	0,7 – 0,2 m/detik

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2014

c. Kekritisian Saluran (Bilangan Froude)

Nilai kekritisian aliran < 1

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}}$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran (m/det)

D = Kedalaman hidrolis (m)

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/det²)

D. Analisis HEC-RAS

Analisis yang dilakukan untuk mengetahui kapasitas dan tinggi muka air pada tiap saluran. Aliran yang dianalisis menggunakan aliran permanen (*Steady Flow*) dengan software HEC-RAS yang digunakan adalah versi 4.1.0

E. Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan anggaran biaya dilakukan untuk mengetahui total biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan ulang drainase. Tahapan dalam menyusun anggaran biaya yaitu:

1. Menghitung volume atau bill of quantity (BOQ) tiap pekerjaan
2. Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) pada tiap pekerjaan. Dalam hal ini perhitungan berdasarkan AHSP Kota Mojokerto Tahun 2022
3. Menghitung rencana anggaran biaya dengan melakukan perkalian antara AHSP dan BOQ
4. Hasil tiap pekerjaan kemudian dijumlah dan ditambah dengan PPN 11% sehingga diperoleh nilai kontrak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Curah Hujan

Uji Konsistensi Data

Dihitung dengan menggunakan metode *kurva massa ganda*. hingga mendapatkan hasil yang konsisten

Tabel 2. Curah Hujan Maksimum yang Konsisten

Tahun	Sta. Pasinan Koreksi	Sta. Gedeg Koreksi	Sta. Terusan Koreksi
2012	2326	1727	2326
2013	3477	2788	3477
2014	1553	1607	1553
2015	2003	1628	2003
2016	3699	2779	3699
2017	3282	2264	3282
2018	2159	1808	2159
2019	2488	1608	2488
2020	2198	2563	2198
2021	1882	2002	1882

Sumber : Perhitungan, 2023

Curah Hujan Daerah

Pada perhitungan curah hujan daerah menggunakan metode *polygon thiessen*. Data yang digunakan adalah data hujan maksimum harian

Tabel 3. Curah Hujan Rata-Rata Maksimum

Tahun	Curah Hujan (mm/hari)
-------	-----------------------

2012	65,95
2013	65,95
2014	83,53
2015	88,82
2016	85,53
2017	86,77
2018	52,73
2019	72,07
2020	58,19
2021	62,07

Sumber : Perhitungan, 2023

Distribusi Curah Hujan Rancangan

Dari data curah hujan rata-rata maksimum dilakukan perhitungan curah hujan rancangan dengan metode Gumbel. Hasil curah hujan rancangan dengan kala ulang 25 tahun diperoleh sebesar 109,533 mm/hari.

Uji Kesesuaian Distribusi

Dari hasil uji simpangan horizontal (*smirnov kolmogorov*) dihasilkan D_{max} sebesar 12,364% dengan derajat kepercayaan 5% dan jumlah data 10, Nilai D_o adalah 41% sehingga uji distribusi sesuai $D_{max} < D_o$.

Hasil uji simpangan vertikal (*chi-square*) dihasilkan X^2_{hitung} adalah 1,964 dengan derajat kepercayaan 5% dan jumlah data 10, Nilai X^2 tabel adalah 14,067 sehingga uji distribusi sesuai $X^2_{hitung} < X^2$ tabel.

B. Analisis Debit Banjir

Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Perhitungan intensitas hujan menggunakan nilai $t = 4$ jam dimana durasi hujan yang mengakibatkan banjir lebih sering terjadi selama 4 jam (Sobriyah 2003 dalam Jurnal Fauziya S, 2013). Intensitas hujan diperoleh sebesar 15.070 mm/jam

Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan dihitung menggunakan metode rasional dengan koefisien C (pengaliran lahan) menggunakan C gabungan dari luasan jalan dan rumah. Hasil debit banjir rancangan untuk saluran 29B-30 adalah 0,007 m³/ detik.

Analisis Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah menggunakan proyeksi penduduk dan penggunaan limbah cair rata-rata orang per hari berdasarkan klasifikasi jenis bangunan dari Soeparman dan Suparmin 2001.

• **Proyeksi Pertumbuhan Penduduk**

Pada perhitungan ini digunakan data jumlah penduduk dari (BPS Kecamatan Magersari Dalam Angka Tahun 2018-2022). Kemudian dihitung laju pertumbuhannya dan diproyeksikan pada tahun ke 10 dengan metode aritmatika

Tabel 4. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Metode Aritmatika

Aritmatika				
Metode Aritmatika				
P0	l	r	n	Pn
7990	1	0,1 %	10	8039

Sumber : Perhitungan, 2023

• **Debit Air Limbah**

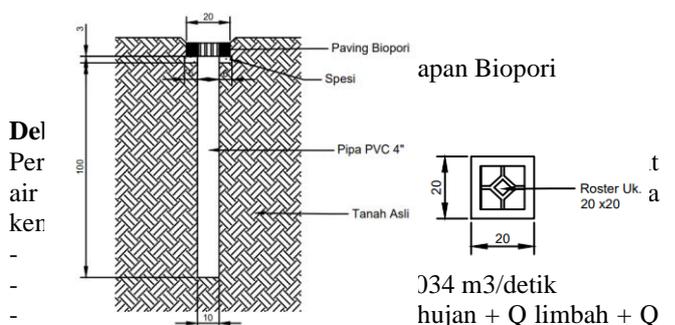
Debit air limbah dihitung berdasarkan jumlah penduduk pada daerah tangkapan air dengan menggunakan rasio luas pemukiman dan pembuangan limbah cair rata-rata per orang setiap hari

$$\Sigma \text{ penduduk rumah tinggal} = \frac{\text{Luas pemukiman A} \times \Sigma \text{ penduduk}}{\text{Luas pemukiman total}} = 44 \text{ jiwa}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume limbah cair rumah tinggal} &= 300 \text{ liter/orang/hari} \\ &= 300 \times 44 \\ &= 0,00015 \text{ m}^3/\text{dtk/org} \end{aligned}$$

Lubang Resapan Biopori

Lubang resapan biopori direncanakan pada halaman rumah, lahan sekolah, perkantoran atau sekeliling pohon terutama pada daerah yang rawan genangan. Perletakan biopori tersebar pada 11 zona. Diameter pipa yang digunakan adalah 4 inch (0,1016 m) dengan kedalaman 1 m, jarak 1-2 m, serta dilengkapi dengan tutup rooster ukuran 20 x 20 cm.. Biopori direncanakan dengan 50% debit limpasan terserap dan dihasilkan jumlah biopori sebanyak 294 lubang dengan presentase efektivitas biopori terbesar adalah 45,01%



sal sebelumnya) – Q biopori

$$= 0,594 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit tanpa biopori = 0,645 m³/detik

Debit dengan biopori = 0,594 m³/detik

Selisih perbedaan = 0,645 – 0,594

$$= 0,051 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

C. Analisis Hidrolika

Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Diketahui dimensi eksisting pada saluran yaitu:

b = 0,60 m

H = 0,70 m

n (Batu Kali) = 0,025

Data dimensi saluran eksisting dihitung kapasitas saluran dan didapatkan hasil

Kontrol Kecepatan : $V_{maks} \geq V_{hit} \geq V_{min}$

- kurang dari kecepatan minimum (V_{min}) sehingga diperlukan redesain saluran.
3. Dari hasil perhitungan, dimensi saluran yang dibutuhkan terkecil 40 x 60 cm dan terbesar 80 x 80 cm. Saluran direncanakan menggunakan U-Ditch untuk penampang persegi dan batu kali untuk penampang trapesium. Saluran batu kali diperoleh dimensi 100 x 150 x 100 cm. Perencanaan saluran dilengkapi dengan bangunan pelengkap meliputi gorong-gorong, inlet, dan bak kontrol. Hasil analisis HEC-RAS diperoleh saluran tidak mampu menampung debit rencana.
 4. Penambahan biopori direncanakan pada lahan rumah, sekolah, perkantoran atau lahan tepi jalan terutama untuk zona yang rawan genangan. Dengan rencana 50% debit limpasan terserap, kebutuhan biopori diameter 10 cm, kedalaman 1 meter, dan jarak 1-2 meter adalah 294 biopori. Presentase efektifitas biopori terbesar yaitu 45,01%
 5. Total biaya keseluruhan yang diperlukan dalam perencanaan saluran drainase dan biopori sebesar Rp. 5.720.946.905,00

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fauziyah, S., Sobriyah, S., & Susilowati, S. (2013). Analisis karakteristik dan intensitas hujan Kota Surakarta. *Matriks Teknik Sipil*, 1(2).
- [2] Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Nomor 23/SE/Db/2021 Tentang Pedoman Desain Drainase Jalan
- [3] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009 Tentang Pemanfaatan Air Hujan
- [4] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan
- [5] Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kota Mojokerto Tahun 2018 – 2023
- [6] Soeparman dan Suparmin. 2001. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta: ECG
- [7] Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan* Yogyakarta: Andi