

PERENCANAAN ULANG JARINGAN DRAINASE PADA JL. URIP SUMOHARJO – JL. KI AGENG GRIBIG KOTA MALANG

Nawang Antonia N¹, Winda Harsanti², Ikrar Hanggara³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Manajemen Rekayasa Konstruksi², Dosen Manajemen Rekayasa Konstruksi³

Email: nawangantonia20@gmail.com, wharsanti@gmail.com, i.hanggara@polinema.ac.id

ABSTRAK

Fungsi saluran pembuangan adalah dengan cepat mengalirkan kelebihan air limbah ke sistem saluran pembuangan. Namun kenyataannya, kondisi antara Jalan Urip Smoharjo dan Jalan Ki Agen Gribig adalah air hujan yang mengalir ke badan jalan sehingga mengganggu aktivitas warga di sekitar lokasi. Permasalahan ini terjadi karena kondisi saluran-saluran eksisting yang kurang terawat, beberapa saluran mulai rusak, terisi sedimen, dan akhirnya menjadi saluran pembuangan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan survei terhadap saluran air yang ada, menghitung curah hujan yang direncanakan, menghitung pembuangan limbah, merencanakan lubang biopori, mendesain ulang saluran, dan menghitung rencana anggaran biaya, yang mempunyai satu tujuan. Perhitungan penelitian menunjukkan bahwa lebih dari 60% saluran mulai rusak. Selain itu, curah hujan rencana yang dihitung ditentukan sebesar 95.412 mm/hari. Keluaran limbah sebesar 0,154 m³/detik. Drainase ramah lingkungan melalui lubang resapan biopori dengan diameter 0,1m dan kedalaman 1m. Dimensi saluran terbesar material alur U sebesar 0,8 m x 0,9 m, sedangkan dimensi saluran terkecil sebesar 0,5 m x 0,6 m. Biaya konstruksi sebesar Rp 11.183.375.862,02 (termasuk pajak pertambahan nilai 10%)

Kata kunci: limpasan, perencanaan drainase, kerusakan saluran

ABSTRACT

The function of drainage channels is to quickly channel excess wastewater to the drainage system. However, in reality, the condition between Ulip Smoharjo Street and Ki Agen Gribig Street is rainwater flowing onto the road, disrupting the activities of residents around the location. This issue arises due to the poorly maintained existing channels, with some of them starting to deteriorate, filled with sediment, and eventually turning into drainage channels. Therefore, this research aims to survey the existing water channels, calculate the planned rainfall, estimate wastewater discharge, plan biopore holes, redesign the channels, and calculate the budget plan, all with a single goal. The research calculations indicate that more than 60% of the channels are starting to deteriorate. In addition, the calculated planned rainfall is determined to be 95,412 mm/day. The wastewater discharge is 0.154 m³/second. Environmentally friendly drainage through biopore infiltration holes with a diameter of 0.1m and a depth of 1m. The largest channel dimension for the U-shaped material is 0.8 m x 0.9 m, while the smallest channel dimension is 0.5 m x 0.6 m. The construction cost is Rp 11,183,375,862.02 (including a 10% value-added tax).

Keywords: runoff, drainage planning, broken channel

1. PENDAHULUAN

Malang dikenal karena kecantikan alamnya serta beragamnya objek pariwisata yang ditawarkannya. Pesona alam ini menarik perhatian wisatawan dari berbagai daerah, bahkan beberapa di antaranya tertarik untuk menetap di sana. Seiring berjalan waktu, wilayah Malang Raya mengalami pertumbuhan penduduk yang signifikan, yang diikuti oleh peningkatan kebutuhan akan ruang permukiman. Namun, pertumbuhan ini sering menimbulkan masalah, terutama terkait penggunaan

lahan yang berlebihan, seperti banjir. Hal ini disebabkan kurangnya lahan resapan air hujan yang dapat menyerap kelebihan air. Oleh karena itu, pada musim hujan, daerah yang padat penduduknya sering mengalami banjir atau genangan air. Menurut Prayitno, Ketua BPBD Kota Malang, penyebab utama banjir di kota tersebut adalah intensitas hujan yang tinggi, menyebabkan meluapnya sungai dan masuknya air ke jalan serta rumah warga.

Kawasan dari Jalan Urip Sumoharjo hingga Jalan Ki Ageng Gribig termasuk kawasan rawan banjir dengan

kepadatan penduduk tinggi, terutama perumahan dan pertokoan di Jalan Danau Toba. penyebab utama yang mengakibatkan banjir pada wilayah tersebut ialah tingginya curah hujan dan buruknya kondisi drainase. Berdasarkan liputan detikJatim.com, Kelurahan Sawojajar, Kecamatan Kedungkandang, Kota Mojokerto terutama pada persimpangan Jalan Ranu Grati menuju Jalan Danau Toba tergenang banjir setinggi 50 cm. Banjir ini mengakibatkan beberapa pengendara sepeda motor terjatuh karena berusaha melintasi banjir. Drainase di sepanjang Jalan Danau Toba sebagian sudah terisi oleh sedimen dan sampah, sementara inlet yang ada banyak yang tersumbat dan rusak.

Meningkatkan sistem drainase, sehingga air hujan dan limbah domestik dapat dikendalikan melalui saluran drainase dan dialirkan ke tempat pembuangan air terakhir adalah Tindakan solusi yang paling efektif untuk mengatasi masalah tersebut. Selain itu, direncanakan juga untuk memperkenalkan inovasi drainase berwawasan lingkungan (*eco drainage*) dengan memanfaatkan biopori untuk menyerap air hujan, kita dapat meningkatkan cadangan air dalam tanah dan mendukung konservasi air tanah.

2. METODE

Data Curah Hujan

Data curah hujan yang dipakai dalam perhitungan ini berasal dari data curah hujan selama 10 tahun terakhir dan dikumpulkan dari tiga stasiun hujan berbeda di sekitar lokasi studi, yaitu Stasiun Ciliwung, Stasiun Sukun dan Stasiun Jabung.

Uji Konsistensi

Uji ini dilakukan untuk memverifikasi keakuratan data curah hujan yang terkumpul. Data hujan dianggap konsisten jika data yang terukur dan dihitung sesuai dengan kejadian yang terjadi saat hujan. Berikut adalah langkah-langkah dari uji konsistensi:

- a. Menghitung kumulatif data curah hujan tiap tahun
- b. Menghitung rata-rata data curah hujan tahunan
- c. Jika patahan masih terjadi pada garis linier saat mencocokkan kurva massa ganda, maka perhitungan regresi linear dapat digunakan untuk menghitung nilai MI dan M2.

$$F = \frac{M1}{M2} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- F = faktor koreksi
- M₁, M₂ = koefisien regresi (kemiringan garis regresi)

- d. Setelah data dikoreksi dengan dikalikan dengan faktor koreksi, langkah selanjutnya adalah membuat grafik ulang agar tidak terjadi patahan.
- e. Melakukan pengujian untuk setiap stasiun lainnya

Curah Hujan Daerah

Curah hujan daerah diperhitungkan dengan metode aljabar dengan cara menggunakan perbandingan rata total hujan dari hasil pendataan stasiun yang terdapat dekat Daerah Aliran Sungai, dengan cara berikut:

$$P = \frac{P_1+P_2+\dots+P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- P = Tinggi intensitas curah hujan (mm)
- P₁, P₂.. P_n = Tinggi hujan pada stasiun ke i (mm)
- n = Jumlah stasiun penakar hujan

Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan merupakan evaluasi berulangnya kejadian hujan dengan intensitas tertentu, termasuk frekuensi per unit waktu dan durasi kejadian tersebut, sesuai yang dijelaskan oleh Kamiana (2011). Untuk menentukan langkah selanjutnya, perhitungan koefisien kepuncakan (Cs), koefisien kurtosis (Ck), dan standar deviasi (S) harus dilakukan menggunakan rumus yang tepat.:

$$Cs = \frac{n \sum (xi - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots \dots \dots (3)$$

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

- Cs = koefisien kemencengan
- Ck = koefisien kepuncakan
- Xi = data hujan ke-i
- \bar{X} = data hujan rata-rata
- n = jumlah data

Gumbel Tipe I

Menurut Kamiana (2011), rumus untuk menghitung distribusi gumbel yaitu:

$$X_T = \bar{x} + S \cdot K \dots \dots \dots (6)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots \dots \dots (7)$$

$$Y_T = - \ln \left(- \ln \frac{T-1}{T} \right) \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

- X_T = Hujan rencana atau debit dengan periode kala ulang (mm)
- \bar{X} = Nilai mean dari data hujan x (mm)
- S = Deviasi standar
- K = Faktor frekuensi gumbel
- Y_t = *reduced variate*
- S_n = *reduced standar deviasi*
- Y_n = *reduced mean*

Uji Kecocokan Distribusi

Uji kesesuaian distribusi penting untuk menilai apakah persamaan distribusi yang digunakan mampu mewakili distribusi yang sedang dianalisis.

- a. Smirnov Kolmogorov
 Uji Kolmogorov-Smirnov ini dimanfaatkan untuk menilai kesesuaian secara horizontal. Proses pengujian ini melibatkan perhitungan nilai $\Delta P = P$ empiris – P teoritis. Jika nilai ΔP kurang dari nilai kritis (D_0), maka dapat disimpulkan bahwa uji kesesuaian distribusi telah memenuhi kriteria.

- b. Chi Square
 Uji Chi-Square digunakan untuk mengevaluasi kecocokan distribusi terpilih untuk mewakili data statistik yang sedang diuji. Proses pengujian ini melibatkan perhitungan nilai Chi-Square (χ^2), yang dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\chi^2_{hit} = \sum \frac{(d_{empiris} - d_{teoritis})^2}{d_{teoritis}} \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan :
 χ^2 = Parameter Chi-Square
 dempiris = d berdasarkan pembacaan pada kertas distribusi
 dteoritis = d berdasarkan nilai teoritis

Intensitas Hujan

Intensitas hujan ialah tingkat kepadatan hujan dalam periode waktu tertentu, biasanya diukur dalam satuan milimeter per jam (mm/jam) atau sentimeter per jam (cm/jam).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \frac{24^{2/3}}{t} \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan :
 I = Intensitas hujan rencana (mm)
 R24 = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm/hari)
 t = Lama hujan, dalam studi ini digunakan 3 (jam)

Debit Banjir Rancangan

Metode Rasional dapat diaplikasikan untuk perhitungan debit puncak sungai atau saluran dengan memperhatikan daerah pengaliran yang terbatas. Rumus metode rasional menurut USSCS, 1973 adalah:

$$Q = 0,002778 \times C \times I \times A \dots \dots \dots (11)$$

Q = Debit banjir rancangan (m^3/dt)
 C = Koefisien pengaliran
 I = Intensitas hujan (mm/jam)
 A = Luas *catchment* area (ha)

Debit Limbah

Debit air limbah atau air kotor mengacu pada volume air bekas yang tidak cocok untuk digunakan kembali untuk tujuan asalnya. Air limbah ini berasal dari berbagai aktivitas, termasuk bangunan umum, rumah tangga, institusi, bangunan komersial, dan sebagainya.

$$Q = P_n \times W \dots \dots \dots (12)$$

Q = Debit limbah ($m^3/detik$)
 Pn = Total penduduk
 W = Total limbah (liter/org/hari)

Dimensi Saluran

Setelah menghitung debit banjir rencana selanjutnya adalah masuk pada perhitungan dimensi saluran dengan cara mengontrol debit (Q), Kecepatan (V) dan angka Froude (Fr) seperti berikut:

- a. Debit saluran
 Debit saluran harus lebih besar dari debit air yang akan dialirkan melalui sistem drainase untuk memastikan bahwa saluran mampu menampung aliran air yang diantisipasi..
 $Q = V \times A \dots \dots \dots (13)$
 Q = Debit saluran ($m^3/detik$)
 V = Kecepatan aliran (m/detik)
 A = Luas penampang basah (m^2)

- b. Kecepatan Aliran
 Menurut Peraturan Menteri PU No. 12 Tahun 2014, kecepatan terendah yang diizinkan adalah kecepatan minimal yang akan mencegah pengendapan dan menghambat pertumbuhan tanaman air. Sementara itu, kecepatan maksimum ditetapkan berdasarkan kekasaran permukaan dinding dan dasar saluran. Untuk saluran tanah, kecepatan minimum adalah 0,7 meter per detik (m/dt), sementara untuk pasangan batu kali, kecepatan maksimum adalah 2 m/dt, dan untuk pasangan beton, kecepatan maksimum adalah 3 m/dt.

- c. Angka Froude
 Jika nilai ($Fr < 1$), maka alirannya disebut subkritis, sedangkan jika nilai Fr lebih besar daripada 1 ($Fr > 1$), maka alirannya disebut superkritis (Suripin, 2004:123)
 $Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \dots \dots \dots (14)$

Keterangan:
 V = Kecepatan aliran (m/detik)
 h = Kedalaman aliran (m)
 g = Percepatan gravitasi ($m^2/detik$)

Lubang Biopori

Lubang biopori adalah alternatif solusi untuk meningkatkan kemampuan tanah dalam menyerap air hujan. Lubang biopori berbentuk silinder dan dibuat secara vertikal ke dalam tanah.

$$v = \frac{1}{4} \pi d^2 h \dots \dots \dots (15)$$

$$n = \frac{I \times L}{v} \dots \dots \dots (16)$$

Keterangan :
 n = jumlah biopori
 h = tinggi biopori (m)
 d = diameter biopori (m)

I = intensitas hujan (m/jam)

L = luas lahan (m^2)

v = laju resap air (m/jam)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Konsistensi

Langkah-langkah yang diperlukan untuk melakukan uji konsistensi data adalah sebagai berikut:

- 1) Mengumpulkan data kumulatif/total curah hujan dari tiap stasiun selama periode 10 tahun.
- 2) Membuat kurva massa ganda dari data yang terkumpul.
- 3) Menentukan dan menghitung nilai $M1$ dan $M2$ dari kurva massa ganda yang dibuat.
- 4) Menghitung nilai koreksi yang diperoleh dari perhitungan untuk setiap stasiun berdasarkan nilai $M1$ dan $M2$. Misalnya, nilai koreksi untuk Stasiun Ciliwung adalah 1,388; Stasiun Sukun adalah 1,188; dan Stasiun Jabung adalah 1,28. Data kemudian dikalikan dengan nilai koreksi yang sesuai untuk mendapatkan data yang telah terkoreksi.

Curah Hujan Daerah

Metode yang dipilih untuk perhitungan curah hujan daerah yakni metode rata rata aljabar. Data yang dipakai yakni data rata-rata curah hujan maksimum per hari yang telah dikalikan dengan angka koreksi. Berikut adalah data rata-rata curah hujan maksimum terkoreksi.

Table 1. Curah Hujan Rata-Rata Maksimum

Tahun	D
2012	34
2013	42
2014	32
2015	30
2016	70
2017	50
2018	53
2019	94
2020	74
2021	52

Curah Hujan Rancangan

Menurut data curah hujan rata-rata maksimum yang tercantum dalam tabel di atas, Metode Gumble dipilih untuk perhitungan curah hujan rancangan karena metode inilah yang dirasa paling sesuai. Dengan kala ulang 12 tahun, menghasilkan estimasi curah hujan rancangan sebesar 95,4119 mm/hari.

Uji kecocokan Distribusi

Dilakukan pengujian distribusi hujan rancangan menggunakan metode Smirnov Kolmogorov dan Chi Square

dari data curah hujan rata-rata maksimum dan peluang kejadian. Pada uji Smirnov Kolmogorov, diperoleh nilai D max senilai 17%. Dengan derajat kepercayaan α sebesar 0,05 dan jumlah data adalah 10, nilai D_0 adalah 41%. Oleh karena itu, karena nilai D maks < D_0 , maka dapat ditarik kesimpulan bahwa data tersebut telah sesuai.

Pada pengujian Chi Square, diperoleh nilai X^2 hitung sebesar 3,5353. Dengan derajat kepercayaan yang digunakan 0,05. Data yang dimiliki adalah data hujan selama 10 tahun, nilai X^2 pada bacaan tabel adalah senilai 14,067. Karena nilai X^2 hitung < X^2 tabel, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa data tersebut telah sesuai.

Intensitas Hujan

Dalam perhitungan intensitas curah hujan, diketahui bahwa $t = 3$ jam, sehingga diperoleh intensitas curah hujan dari rumus (10) sebesar 0,000004 m/detik

Debit Banjir Rancangan

Metode Rasional digunakan untuk perhitungan debit banjir rancangan, dapat dilihat pada rumus (11), kemudian hasilnya ditambahkan dari jalan dan pemukiman. Total debit banjir pada saluran sebelah utara diperoleh sebesar 0,595 m^3 /detik, dan pada saluran sebelah selatan sebesar 0,186 m^3 /detik.

Debit Limbah

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa debit air limbah pada saluran di sisi utara adalah 0,1309 m^3 /detik, sementara di sisi selatan adalah 0,0234 m^3 /detik. Sedangkan volume limbah cair dari permukiman dihitung berdasarkan banyaknya penduduk yang tinggal di suatu rumah yang mana air limbahnya mengalir ke saluran yang ditinjau, kemudian dikali dengan limbah cair yang dibuang oleh tiap tiap orang per hari, mengacu pada estimasi Soeparman dan Suparmin (2001) tentang volume limbah cair untuk rumah tangga tunggal sebesar sekitar 300 liter/orang/hari..

Dimensi Saluran

Diketahui slope saluran eksisting yang kemudian diperhitungkan debit eksistingnya, kecepatan aliran dan nilai *Froude* aliran. Contoh pada saluran 1-2 sisi selatan memiliki dimensi eksisting $b = 0,5$ m dan $h = 0,5$ m dengan $S = 0,0114$ dan debit saluran rencana sebesar 0,046 m^3 /detik, sedangkan debit hitung sebesar 0,4416 m^3 /detik. Maka debit saluran dinyatakan aman.

Pada perhitungan nilai Fr diperoleh $Fr = 1,466$ dimana kriteria saluran drainase adalah $Fr \leq 1$. Maka dalam perhitungan Fr saluran tidak aman.

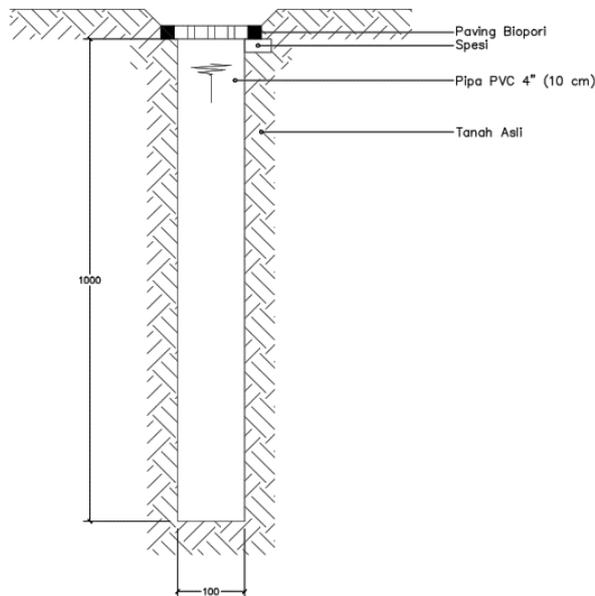
Pada perhitungan kecepatan saluran diperoleh $V = 2,65$ dengan material saluran berupa beton, maka kecepatan ijin $v_{min} = 0,2$ m/detik dan $v_{maks} = 3,00$ m/detik. Dengan demikian kecepatan saluran masih tergolong kategori aman.

Dari perhitungan kontrol diatas maka harus dilakukan perencanaan ulang dikarenakan nilai Fr yang terlalu besar. Hasil dari perencanaan ulang tersebut diperoleh dimensi saluran baru 0,5 m x 0,6 m ditambahkan terjunan setinggi 2 meter ntuk mengurangi kecepatan aliran. Sehingga diperoleh $Fr = 0,950$.

Jika salah satu dari ketiga kontrol tersebut menunjukkan parameter yang tidak aman, maka saluran tersebut harus direncanakan ulang. Dengan demikian, dari perhitungan ini, diperoleh bahwa 60% dari total saluran harus direncanakan ulang.

Lubang Resapan Biopori

Biopori direncanakan pada lahan dengan perkerasan dimana daya resap air ke tanah kecil dan rawan terjadi banjir sehingga dibuatlah lubang biopori. Dengan luas lahan 136 m², diameter biopori 0,1m dan kedalaman 1 m, diperoleh 136 lubang biopori terpasang.



3. Total debit limbah pemukiman terbesar adalah 0,1309 m³/detik sebelah kiri, sedangkan sebelah kanan sebesar 0,0234 m³/detik.
4. Saluran direncanakan menggunakan bahan U-Ditch dan pasangan beton dengan berbagai dimensi. Dimensi terkecil saluran U-Ditch adalah 0,5 meter x 0,6 meter, sementara dimensi terbesar adalah 0,8 meter x 0,9 meter.
5. Biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan saluran drainase ini mencapai Rp 11.183.375.862,02, dengan jumlah tersebut sudah termasuk PPN sebesar 10%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Detik.com . (2023, 26 Juli). *Banjir Setinggi 50 cm Genangi Jalanan Kota Malang, Banyak Pemotor Jatuh*. Diakses pada 26 Juli 2023, dari <https://www.detik.com/jatim/berita/d-6398511/banjir-setinggi-50-cm-genangi-jalanan-kota-malang-banyak-pemotor-jatuh>
- [2] Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu. Yogyakarta
- [3] Memontum.com . (2023, 26 Juli). *Cuaca Ekstrem di Kota Malang Sebabkan Pohon Tumbang di Beberapa Titik*. Diakses pada 26 Juli 2023, dari <https://memontum.com/cuaca-ekstrem-di-kota-malang-sebabkan-pohon-tumbang-dan-banjir-di-beberapa-titik>
- [4] Peraturan Menteri PU No. 12 Tahun 2014. *Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Perkotaan*. Jakarta
- [5] Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan*, Yogyakarta: Andi.
- [6] Soeparman, H. M. (2001). *Suparmin. Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebagian besar saluran di ruas jalan ini adalah saluran tertutup, namun beberapa bagian dari saluran yang sudah ada mengalami kerusakan dan tersumbat oleh sampah serta sedimen. Akibatnya, ada beberapa titik saluran yang tidak dapat menampung aliran air dan memerlukan perencanaan ulang. Jumlah saluran yang tidak mampu menampung debit air hujan mencapai sekitar 60% dari total panjang saluran, yang sepanjang 4,24 kilometer.
2. Besar debit banjir rancangan setelah dihitung menggunakan metode Gumbel tipe I dengan kala ulang 12 tahun adalah sebesar 95,4119 mm/hari