

## PERENCANAAN ULANG DRAINASE BERWAWASAN LINGKUNGAN KAWASAN PEMUKIMAN JALAN CANDI TELAGAWANGI KECAMATAN LOWOKWARU KOTA MALANG

**M. Hilmi Nur Ikhsan<sup>1</sup>, Ratih Indri Hapsari<sup>2</sup>, Sugeng Riyanto<sup>3</sup>**

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

Email: [hilmiemuhhammad@gmail.com](mailto:hilmiemuhhammad@gmail.com)<sup>1</sup>, [ratih@polinema.ac.id](mailto:ratih@polinema.ac.id)<sup>2</sup>, [sugeng.riyanto@gmail.com](mailto:sugeng.riyanto@gmail.com)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Banjir di Jalan Candi Telagawangi, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang disebabkan oleh adanya kondisi saluran drainase yang rusak dan terdapat endapan, sehingga tidak dapat mengendalikan air limpasan dengan baik. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dilakukan perencanaan ulang pada sistem drainase pada kawasan tersebut dengan menerapkan sistem drainase berwawasan lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis skema jaringan drainase pada kawasan Jalan Candi Telagawangi Kota Malang, menghitung nilai debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 tahun dan kapasitas salurannya, mengetahui besar dimensi saluran yang telah di desain ulang, merencanakan kebutuhan biopori, serta memperkirakan biaya konstruksi. Penelitian ini menggunakan data dimensi eksisting yang didapatkan melalui survei secara langsung, data curah hujan dari tiga stasiun hujan terdekat dari tahun 2011-2020, Peta topografi skala 1 : 1000, dan harga satuan pekerjaan Kota Malang 2024. Data curah hujan dalam penelitian ini dianalisis menggunakan metode gumbel dengan kala ulang 5 tahun. Dari penelitian ini didapatkan hasil nilai curah hujan rancangan dengan kala ulang 5 tahun sebesar 79,829 mm / hari; debit banjir rencana yang terkecil yaitu 0,002 m<sup>3</sup>/detik dan yang terbesar yaitu 0,212 m<sup>3</sup>/detik; perencanaan saluran baru menggunakan U-ditch penampang persegi dengan dimensi terkecil 30 cm x 30 cm dan dimensi terbesarnya 80 cm x 100 cm; kebutuhan biopori diperoleh 10.202 buah dengan diameter 0,1 meter dan tinggi 1 meter, dan biaya konstruksi sebesar Rp3.866.368.294,41. Penambahan biopori pada penelitian ini dapat membantu mengurangi debit air limpasan dan juga dapat mengurangi terjadinya endapan pada saluran drainase. Penerapan drainase berwawasan lingkungan sangat disarankan dalam penelitian berikutnya.

**Kata kunci** : drainase; perencanaan ulang; berwawasan lingkungan; jalan telagawangi malang

### ABSTRACT

*The flooding on Jalan Candi Telagawangi, Lowokwaru District, Malang City, is caused by damaged drainage channels and sediment buildup, which prevent proper control of surface runoff. To address this issue, a redesign of the drainage system in the area is necessary by implementing an environmentally conscious drainage system. The objective of this study is to analyze the drainage network scheme in the Jalan Candi Telagawangi area of Malang City, calculate the design flood discharge with a 5-year return period and the capacity of the drainage channels, determine the dimensions of the redesigned channels, plan the biopore requirements, and estimate the construction costs. This study uses existing dimensional data obtained through direct field surveys, rainfall data from three nearby rain gauge stations for the period 2008–2020, a topographic map with a 1:1000 scale, and the 2024 unit price list for construction works in Malang City. The rainfall data in this study were analyzed using the Gumbel method with a 5-year return period. The results of the study show that the 5-year return period design rainfall is 79.829 mm/day; the calculated design flood discharge ranges from a minimum of 0.002 m<sup>3</sup>/s and a maximum of 0.212 m<sup>3</sup>/s; the new drainage channels are designed using U-ditch box sections, with the smallest dimension being 30 cm × 30 cm and the largest 80 cm × 80 cm. The biopore requirement is 10,202 units, each with a diameter of 0.1 meter and a depth of 1 meter, and the estimated construction cost is Rp3.866.368.294,41. The addition of biopores in this study can help reduce surface runoff discharge and also minimize sediment buildup in the drainage channels. The implementation of environmentally friendly drainage systems is highly recommended for future studies.*

**Keywords** : drainage; environmentally friendly; redesign; jalan telagawangi malang

## 1. PENDAHULUAN

Kota Malang merupakan salah satu kota dengan jumlah penduduk yang terus meningkat di Indonesia. Khususnya pada Kecamatan Lowokwaru dengan total penduduk pada tahun 2020 adalah 198.839 jiwa (sumber: bps, malang kota) dan akan bertambah terus setiap tahunnya. Oleh karena itu perencanaan sistem drainase yang ideal untuk mencukupi kebutuhan saluran drainase di daerah tersebut tanpa harus melakukan pengontrolan debit dan aliran secara berkala. Seiring dengan perkembangan penduduk dan meningkatnya kebutuhan akan tempat tinggal di Kota Malang, Untuk memenuhi kebutuhan tempat tinggal para penduduk maka dibangunlah rumah-rumah baru di daerah pemukiman padat penduduk maupun di daerah pemukiman belum padat penduduk, seperti tanah yang awalnya kosong untuk resapan air menjadi bangunan seperti jalan atau gedung atau lainnya yang bisa menyebabkan penyerapan air terganggu. Dampak dari perubahan tata guna lahan tersebut akan mengakibatkan air yang menggenang atau muncul pada permukaan sulit untuk merembes ke dalam tanah, dan ini akan menyebabkan air menggenang pada permukaan jalan dan parahnya bisa menyebabkan genangan air. Debit air harus terus mengalir hingga ke dalam saluran drainase sampai ke saluran pembuangan akhir drainase. Ada kemungkinan terjadi yaitu kapasitas sistem yang menurun atau debit aliran air yang meningkat atau dari keduanya. Maka dari itu drainase harus terencana dengan baik agar air tidak meluap ke jalan sekalipun terjadi hujan dengan intensitas tinggi dan debit air mengalir pada jam puncaknya. Dalam hal ini diperlukan perencanaan drainase yang baik agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan dari kegagalan perencanaan drainase seperti bencana alam tanah longsor ataupun banjir. Berdasarkan uraian di atas maka diperlukan perencanaan ulang saluran drainase dengan dimensi yang dapat memenuhi debit banjir rancangan sesuai kala ulang kawasan perkotaan dengan memperhatikan lahan yang sudah berubah menjadi lahan pemukiman, Perencanaan ini diharapkan dapat bermanfaat dan berfungsi sebagaimana mestinya untuk masyarakat yang melintasi kawasan tersebut.

## 2. METODE

### Curah Hujan Maksimum Tahunan

Menghitung curah hujan maksimum dari data curah hujan Stasiun Ciliwung, Stasiun Petung Sewu, Dan Stasiun Sukun dari tahun 2011 – 2020.

### Uji Konsistensi

Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengukuran. Data hidrologi dapat dikatakan konsisten apabila terdapat

perbedaan antara nilai pengukuran dengan nilai sebenarnya. [1].

Uji konsistensi pada perhitungan ini dilakukan dengan metode Kurva Massa Ganda (*Double Mass Curve*), Dengan menentukan satu stasiun utama (A) dan dua stasiun pembanding (B dan C). Data curah hujan tahunan dihitung menjadi kumulatif untuk stasiun A, serta rata-rata dan kumulatif rata-rata untuk stasiun B dan C. Selanjutnya dibuat grafik dengan kumulatif stasiun A sebagai sumbu X dan kumulatif rata-rata stasiun pembanding sebagai sumbu Y. Dari grafik tersebut ditentukan dua kemiringan garis, yaitu m1 (data konsisten) dan m2 (data tidak konsisten), yang dihitung menggunakan fungsi *slope* di Excel. Faktor koreksi diperoleh dari perbandingan m2 terhadap m1, kemudian digunakan untuk mengoreksi data yang tidak konsisten. Uji ini dilakukan secara silang antar stasiun untuk memastikan keandalan data curah hujan.

### Curah Hujan Daerah

Menghitung curah hujan maksimum daerah menggunakan metode rata – rata aljabar dengan menghitung nilai rata – rata curah hujan pada tanggal dan bulan yang sama pada tiap tahunnya.

Berikut merupakan rumus metode rata – rata aljabar[2]:

$$d = 1/n (d_1 + d_2 + \dots + d_n) \quad \dots(1)$$

Keterangan:

d = Curah Hujan Daerah Maksimum Setahun (mm)

n = Jumlah Stasiun Hujan

dn = Data Curah Hujan Harian Maksimum Setahun Di Stasiun – Stasiun Hujan (mm)

### Curah Hujan Rancangan

Untuk menganalisa probabilitas banjir biasanya dipakai beberapa macam distribusi. Antara lain distribusi Gamma Berparameter Dua, Distribusi Gumbel, Distribusi Log Gumbel, Distribusi Log Normal, Distribusi Log Pearson Type III Dan Distribusi Hazen[2]. Dalam penelitian ini akan memakai Distribusi Gumbel yang telah ditentukan berdasarkan nilai koefisien kepuncakan (Ck) dan koefisien kepengcengan (Cs).

Pada distribusi gumbel, persamaan curah hujan rancangan adalah:

$$x \text{ rancangan} = \bar{X} + (Y_t - Y_n) \cdot \frac{S}{S_n} \quad \dots(2)$$

$$Y_t = -\ln \left( -\ln \frac{TR-1}{TR} \right) \quad \dots(3)$$

Keterangan

X ranc = Curah Hujan Rancangan (Mm/Hari)

X = Data Curah Hujan (Mm/Hari)

TR = Kala ulang

S = Standar deviasi (mm/hari)

S<sub>n</sub> = Tabel berdasarkan nilai n

Yn = Tabel berdasarkan nilai n

### Waktu Konsentrasi Hujan

Menghitung waktu konsentrasi hujan menggunakan rumus:

$$T_c = t_0 + t_d \quad \dots(4)$$

Keterangan:

$t_c$  = waktu konsentrasi (jam)

$t_0$  = waktu terlama yang dibutuhkan oleh air hujan untuk mengalir di atas permukaan tanah ke saluran yang terdekat (jam).

$t_d$  = waktu yang diperlukan air hujan mengalir di dalam saluran (jam).

### Intensitas Curah Hujan

Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dari cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Berikut adalah perhitungan intensitas hujan:

$$I_t = \frac{R_t}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \quad \dots(5)$$

Keterangan:

$I$  = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$R_t$  = Curah hujan rancangan (mm)

$t_c$  = Waktu konsentrasi hujan (jam)

### Debit Banjir Rancangan

Perhitungan debit banjir rencana dapat digunakan beberapa metode, di antaranya hubungan empiris antara curah hujan dengan limpasan. Metode yang digunakan untuk memperkirakan debit banjir atau debit rencana yaitu dengan menggunakan metode rasional. Perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut [4]:

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad \dots(6)$$

Di mana:

$Q$  = Debit banjir (m<sup>3</sup>/detik)

$C$  = Koefisien Pengaliran

$I$  = Intensitas curah hujan (m/detik)

$A$  = Luas daerah pengaliran (m<sup>2</sup>)

### Debit Limbah

Air limbah domestik adalah air bekas yang tidak dapat dipergunakan lagi. Kuantitasnya 50% - 70% dari rata-rata pemakaian air bersih (120 – 140 lt/org/hari).

### Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika digunakan untuk merencanakan dimensi saluran drainase dan menentukan posisi muka air relatif terhadap muka tanah rencana atau jalan rencana.

#### a) Kecepatan aliran

Rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan metode Manning mempunyai bentuk yang sangat sederhana tapi memberikan hasil yang sangat memuaskan, oleh karena itu rumus ini dapat luas penggunaannya sebagai rumus

aliran seragam dalam perhitungan saluran. Rumus Manning dijelaskan sebagai berikut [5].

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{S} \quad \dots(7)$$

Keterangan:

$V$  = kecepatan rata-rata pada saluran (m/detik)

$n$  = koefisien kekasaran Manning

$R$  = jari-jari hidrolis (m)

$S$  = kemiringan dasar saluran

#### b) Debit saluran

Debit yang mengalir pada saluran dihitung menggunakan rumus kontinuitas, sebagai berikut:

$$Q = V \times A \quad \dots(8)$$

Keterangan:

$Q$  = debit pada saluran (m<sup>3</sup>/detik)

$V$  = kecepatan aliran (m/detik)

$A$  = luas penampang saluran (m<sup>2</sup>)

#### c) Jenis aliran

Jenis aliran dalam gorong-gorong harus dikontrol terhadap kecepatan dan bilangan *Froude* ( $Fr$ ). Untuk perhitungan bilangan *Froude* ( $Fr$ ) yaitu sebagai berikut:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}} \quad \dots(9)$$

Keterangan:

$Fr$  = angka *Froude*

$V$  = kecepatan aliran (m/detik)

$g$  = kecepatan gravitasi (9,81 m/detik<sup>2</sup>)

$h$  = kedalaman aliran (m)

#### d) Kontrol Kecepatan

Parameter yang menentukan ketiga jenis aliran tersebut adalah nisbah antara gaya gravitasi dan gaya inerti, yang dinyatakan dengan bilangan *Froude* ( $Fr$ ), bilangan *Froude* didefinisikan sebagai [4]

Kontrol:

##### 1. $V$ Izin maksimum

- Pasangan batu : 2 m/dt

- Pasangan beton : 3m/dt

##### 2. $V$ izin minimum : 0,2 - 0,6 m/dt

##### 3. Sifat aliran subkritis

Jenis aliran dalam pengaliran terbuka:

Aliran subkritis  $Fr < 1$

Aliran superkritis  $Fr > 1$

Aliran Kritis  $Fr = 1$

#### e) Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan (*free board*) suatu aliran ialah jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi rencana. Jarak ini harus cukup untuk mencegah gelombang atau kenaikan muka air yang melimpah ke tepi. Tinggi jagaan yang digunakan 0,2 meter

### Biopori

Biopori adalah lubang sedalam 80-100cm dengan diameter 10-30 cm, dimaksudkan sebagai lubang resapan untuk menampung air hujan dan meresapkannya kembali ke tanah [3]. Biopori memperbesar daya tampung tanah terhadap air hujan, mengurangi genangan air, yang selanjutnya mengurangi limpahan air hujan turun ke sungai. Dengan demikian, mengurangi juga aliran dan volume air sungai ke tempat yang lebih rendah.

### Bangunan Terjun

Bangunan terjun merupakan saluran terbuka yang menghubungkan antara saluran satu dengan saluran lainnya, dengan memiliki kemiringan yang berbeda. Bangunan terjun biasanya dibangun di daerah yang memiliki kemiringan yang curam.

### Inlet

Pada drainase jalan raya di dalam kota, untuk mengalirkan air dari jalan raya akibat hujan, ke dalam saluran dibutuhkan *inlet*.

Rumus *Inlet*:

$$Q_i = 3,1 \times L \times B \times h^{0,5} \quad \dots(10)$$

Di mana:

B = lebar inlet (m)

L = tinggi inlet (m)

H = tinggi permukaan air (m)

Tinggi genangan diasumsikan maksimal  $\frac{1}{2}$  lebar jalan

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Curah Hujan Maksimum Tahunan

Dalam perhitungan curah hujan maksimum didapatkan dari data curah hujan selama 10 tahun dari tahun 2011 – 2020, dengan 3 stasiun hujan yang berbeda dan berdekatan dengan lokasi yaitu Stasiun Ciliwung, Stasiun Petung Sewu, dan Stasiun Sukun. Didapat hasil perhitungan

**Tabel 1** Data Curah Hujan Tahunan

| Tahun | Stasiun     |          |          |
|-------|-------------|----------|----------|
|       | Patung Sewu | Ciliwung | Sukun    |
| 2020  | 3212.000    | 2277.000 | 2674.000 |
| 2019  | 2058.000    | 2096.000 | 1727.000 |
| 2018  | 1808.000    | 1872.000 | 1977.000 |
| 2017  | 2391.000    | 2272.000 | 2323.000 |
| 2016  | 2347.000    | 2610.000 | 3308.000 |
| 2015  | 1243.000    | 1505.000 | 1861.000 |
| 2014  | 2400.000    | 2513.000 | 2110.000 |
| 2013  | 2580.000    | 2433.000 | 2799.000 |
| 2012  | 1735.000    | 1597.000 | 2259.000 |
| 2011  | 1924.000    | 2063.000 | 2422.000 |

Sumber: Data Penelitian, 2025

### Uji Konsistensi

Uji konsistensi dilakukan untuk memeriksa konsistensi data hujan dengan jangka waktu pengamatan yang panjang. Uji konsistensi dapat dilakukan dengan menggunakan metode kurva massa ganda. Uji konsistensi dilakukan untuk setiap

stasiun terhadap masing – masing stasiun dengan hasil sebagai berikut :



**Gambar 1** Uji Konsistensi Sta. Ciliwung



**Gambar 2** Uji Konsistensi Sta. Petungsewu



**Gambar 3** Uji Konsistensi Sta. Sukun

### Curah Hujan Daerah

Dalam menentukan curah hujan daerah untuk masing – masing stasiun maka harus memperhatikan langkah – langkah sebagai berikut ini:

- 1) Tentukan curah hujan maksimum tiap tahun (2011–2020) pada satu stasiun beserta tanggal kejadiannya.
- 2) Catat tanggal hujan maksimum tersebut.
- 3) Ambil data curah hujan pada tanggal yang sama di stasiun lain.
- 4) Ulangi untuk semua tahun.
- 5) Koreksi data tahun 2017–2020 dengan faktor koreksi (F) masing-masing stasiun.

- 6) Hitung rata-rata curah hujan dari semua stasiun untuk tiap tahun.
- 7) Tentukan nilai curah hujan maksimum dari hasil rata-rata tersebut.

**Tabel 2** Perhitungan Curah Hujan Daerah.

| No. | Tahun | Tanggal     | Curah Hujan Stasiun |          |            | Rata-Rata | Max (d) |
|-----|-------|-------------|---------------------|----------|------------|-----------|---------|
|     |       |             | Sukun               | Ciliwung | Petungsewu |           |         |
| 1   | 2020  | 31 Maret    | 122.911             | 0.000    | 16.196     | 46.369    | 78.616  |
|     |       | 22 Maret    | 58.997              | 91.676   | 43.188     | 64.620    |         |
|     |       | 3 Maret     | 60.964              | 44.420   | 130.464    | 78.616    |         |
| 2   | 2019  | 10 Februari | 132.744             | 52.926   | 53.985     | 79.885    | 79.885  |
|     |       | 11 Februari | 0.000               | 77.499   | 4.499      | 27.333    |         |
|     |       | 13 Maret    | 4.916               | 0.000    | 83.677     | 29.531    |         |
| 3   | 2018  | 24 Februari | 92.429              | 0.000    | 0.000      | 30.810    | 55.434  |
|     |       | 21 Juni     | 62.931              | 91.676   | 11.697     | 55.434    |         |
|     |       | 5 Februari  | 26.549              | 23.628   | 85.476     | 45.218    |         |
| 4   | 2017  | 1 April     | 129.794             | 18.902   | 28.792     | 59.163    | 77.197  |
|     |       | 4 April     | 55.064              | 98.292   | 20.694     | 58.017    |         |
|     |       | 26 Maret    | 99.312              | 37.804   | 94.474     | 77.197    |         |
| 5   | 2016  | 29 Juni     | 119.961             | 42.530   | 35.000     | 65.830    | 65.830  |
|     |       | 12 April    | 55.064              | 60.487   | 25.000     | 46.850    |         |
|     |       | 2 Februari  | 36.382              | 47.256   | 75.000     | 52.879    |         |

Sumber: Hasil perhitungan, 2025

### Curah Hujan Rancangan

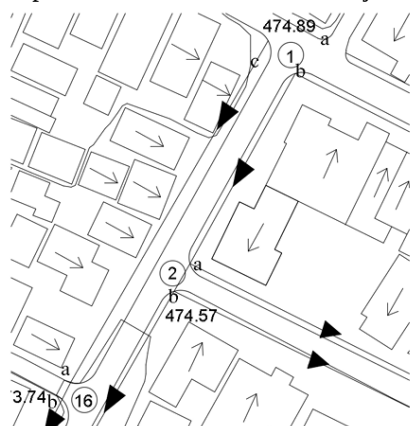
Setelah nilai curah hujan daerah didapatkan, berikutnya melakukan perhitungan curah hujan rancangan menggunakan rumus. Pada penelitian ini menggunakan kala ulang 5 tahun, didapatkan nilai S senilai 10,333 nilai (Cs) senilai -1,143 dan nilai (Ck) senilai 0,733 sehingga memenuhi syarat menggunakan distribusi gumbel tipe 1, serta mendapatkan hasil curah hujan rancangan dengan kala ulang 5 tahun sebesar 79,829 mm / hari.

### Waktu Konsentrasi Hujan

Perhitungan waktu konsentrasi hujan dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

- Perhitungan to

Contoh pada saluran no 1c ke 16a dari jalan

**Gambar 4** Saluran 1c ke 16a

Diketahui:

$$L0 = 2 \text{ m}$$

$$Nd = 0,013$$

$$S = 2\%$$

$$t0 = [2/3 \times 3.28 \times L0 \times n0/\sqrt{S0}]^{0.167}$$

$$t0 = [2/3 \times 3.28 \times 2 \times 0,013/\sqrt{0,02}]^{0.167}$$

$$t0 = 0,859 \text{ menit}$$

- Perhitungan td

Contoh pada saluran no 1c ke 16a dari jalan

Diketahui:

$$Ld = 70,010 \text{ m}$$

$$V = 1,5 \text{ (beton)}$$

$$td = Ld / (60.V)$$

$$= 70,010/(60.1,5) = 0,778 \text{ menit}$$

- Perhitungan tc

Contoh pada saluran no 1c ke 16a dari jalan

$$Tc = to + td$$

$$= 0,859 + 0,778$$

$$= 1,637 \text{ menit} = 0,027 \text{ jam}$$

### Intensitas Hujan

Menghitung intensitas curah hujan (I) menggunakan rumus berikut:

Contoh saluran 1c ke 16a dari jalan

$$I_t = 305,404 \frac{\text{mm}}{\text{jam}} = 0,0000848 \text{ mm/detik}$$

Contoh saluran 1c ke 16a dari rumah

$$I_t = 224,352 \frac{\text{mm}}{\text{jam}} = 0,0000623 \text{ mm/detik}$$

### Debit Banjir Rancangan

Perhitungan debit banjir menggunakan metode rasional dengan menggunakan C (koefisien pengaliran)

C dari jalan = 0,7

C dari rumah = 0,4

Dari hasil perhitungan didapatkan hasil debit banjir rencana dari jalan terbesar = 0,021 m<sup>3</sup>/detik pada saluran 5a ke 14a & 5b ke 14b dan dari rumah terbesar = 0,212 m<sup>3</sup>/detik pada saluran 5a ke 14a.

### Debit Limbah

Debit limbah didapat dari volume limbah dikali dengan jumlah orang. Pada contoh perhitungan saluran 1c ke 16a, dengan nilai volume limbah sebesar 0,0000347 m<sup>3</sup>/detik dan jumlah orang 12, diperoleh debit limbah sebesar 0,00039 m<sup>3</sup>/detik.

### Kapasitas Saluran

Pada sebuah kawasan atau pemukiman terdapat saluran drainase, dan saluran tersebut tentunya memiliki akhir pembuangan. Pada kawasan penelitian ini, dari semua saluran terdapat 4 titik akhir pembuangan yang mengarah ke sungai. Titik pembuangan berada pada titik 5b dengan debit

sebesar 0,272 m<sup>3</sup>/detik, 10b sebesar 1,203 m<sup>3</sup>/detik, 14b sebesar 0,431 m<sup>3</sup>/detik, dan 19. 0,176 m<sup>3</sup>/detik.

### Analisis Hidrolika

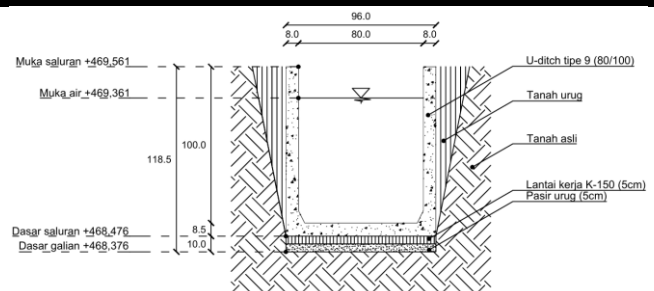
Pada perhitungan ini, hasil perhitungan harus memenuhi syarat kontrol debit (Q) yaitu ( $Q_{\text{saluran}} > Q_{\text{rencana}}$ ) dihitung menggunakan rumus (9), kontrol kecepatan aliran saluran (V) yaitu ( $V_{\text{maks}} > V > V_{\text{min}}$ ) dengan  $V_{\text{maks}}$  sebesar 3,0 m/detik dan  $V_{\text{min}}$  sebesar 0,6 m/detik, dihitung menggunakan rumus (8), dan untuk gorong-gorong perlu dihitung kontrol jenis alirannya yaitu ( $Fr < 1$ ) merupakan aliran subkritis, ( $Fr = 1$ ) merupakan aliran kritis, dan ( $Fr > 1$ ) merupakan aliran superkritis perhitungan angka *Froude* ( $Fr$ ) dihitung menggunakan rumus (10). Untuk tinggi jagaan (*freeboard*) direncanakan 0,20 meter. Hasil dari Analisis hidrolika pada saluran dan gorong-gorong yaitu sebagai berikut:

#### a) Saluran

Hasil analisis hidrolika pada saluran mendapatkan kesimpulan sebanyak 27 saluran pada daerah penelitian tidak memenuhi syarat kontrol kecepatan, sehingga perlu disesuaikan dengan kondisi perencanaan. Hasil perencanaan ulang saluran pada penelitian ini menggunakan beton pracetak U-ditch dengan ukuran terkecil berukuran 30 cm x 30 cm dan ukuran terbesar berukuran 80 x 100 cm.

Contoh Perhitungan pada saluran 9a – 10b

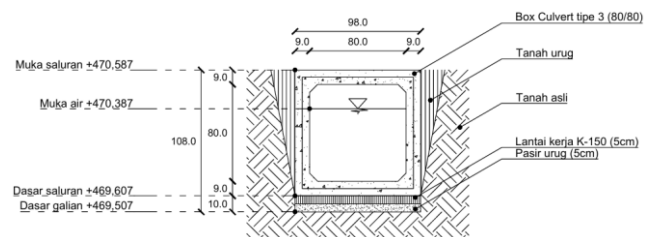
1. Identifikasi saluran drainase kondisi perencanaan.  
 $Q_{\text{saluran}}(9a - 10b) = 1,060 \text{ m}^3/\text{detik}$
2. Hitung kemiringan saluran kondisi perencanaan ( $S_{\text{rencana}}$ ).  
 $S_{\text{rencana}} = (\text{Elv. Awal} - \text{Elv. Akhir}) / Ld$   
 $= 0,007 = 0,7 \%$
3. Hitung luas penampang (A)  
 $A = b \times h = 0,640 \text{ m}^2$
4. Hitung keliling basah (P)  
 $P = b + 2h = 2,4 \text{ m}$
5. Hitung jari-jari hidrolis (R)  
 $R = A/P = 0,267 \text{ m}$
6. Hitung kecepatan aliran saluran (V)  
 $V = 1/n R^{2/3} \sqrt{S} = 2,666 \text{ m/detik}$
7. Hitung debit saluran ( $Q_{\text{saluran}}$ )  
 $Q = V \times A = 1,706 \text{ m}^3/\text{dt}$
8. Hitung Nilai Froude ( $Fr$ )  
 $Fr = V / \sqrt{(g \cdot h)} = 0,952$
9. Lakukan kontrol nilai kecepatan aliran saluran (V), debit saluran (Q), dan bilangan Froude ( $Fr$ ).



**Gambar 5** Potongan Saluran U-ditch Terbesar Pada Kondisi Perencanaan

#### b) Gorong-gorong

Adapun hasil perencanaan gorong-gorong pada penelitian ini menggunakan *Box Culvert*, dengan dimensi terkecil gorong-gorong 50 cm x 50 cm dan dimensi terbesar 80 cm x 80 cm.



**Gambar 6** Potongan Gorong-gorong Terbesar.

### Lubang Resapan Biopori

Perencanaan biopori akan dilakukan atau di letakkan pada lahan terbuka daerah studi yang nilai debit salurannya tidak memenuhi kontrol debit(Q).

Contoh perhitungan pada saluran 5a ke 14a

A lahan = 3631,167 m<sup>2</sup>

Intensitas curah hujan wilayah (I) = 7,17 mm/ jam

Laju Resap Air (LRA) = 0,01 m<sup>3</sup>/jam atau 10 liter/jam

#### a) Menghitung Jumlah Biopori

$$n \text{ LRB} = (A \times I) / \text{LRA}$$

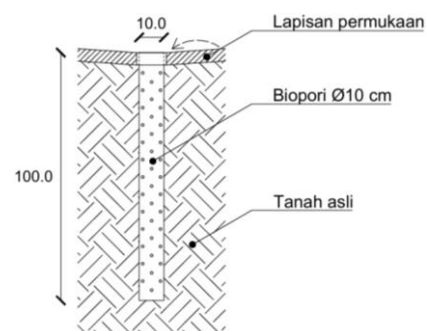
$$= 2604 \text{ buah}$$

#### b) Menghitung Debit Biopori

$$Q_{\text{biopori}} = \text{LRA} \times \text{LRB}$$

$$= 26,04 \text{ m}^3 / \text{jam} = 0,007233 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

Direncanakan dengan diameter 10 cm dan kedalaman 100 cm, didapatkan total sebanyak 10.262 buah lubang resapan biopori.



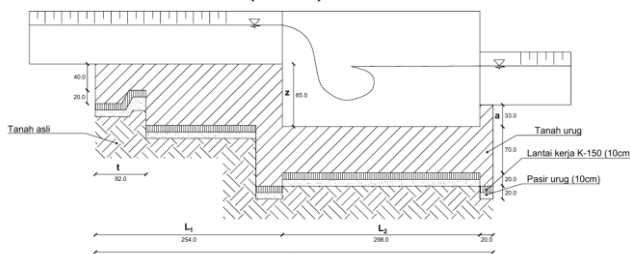
**Gambar 7** Lubang Resapan Biopori

### Bangunan Terjun

Perencanaan bangunan terjun pada saluran 9a – 10b digunakan untuk mengurangi curamnya saluran agar nilai kecepatan alirannya dapat memenuhi persyaratan ( $V_{maks} > V > V_{min}$ ). Sehingga direncanakan satu bangunan terjun pada saluran tersebut.

Berikut merupakan contoh perhitungan bangunan terjun:

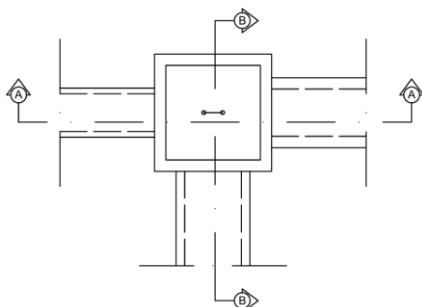
1. Tentukan tinggi dari bangunan terjun.  
 $z = 0,850 \text{ m}$
2. Hitung debit persatuan lebar ( $q$ )  
 $q = \frac{Q_d}{0,8b_1} = 1,66 \text{ m}^2/\text{detik}$
3. Hitung kedalaman kritis di saluran ( $h_c$ )  
 $h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = 0,65 \text{ m}$
4. Hitung nilai koefisien ( $c_1$ )  
 $c_1 = 2,5 + 1,1 \frac{h_c}{z} + 0,7 \left(\frac{h_c}{z}\right)^3 = 3,67$
5. Hitung panjang bangunan terjun ruas pertama ( $L_1$ )  
 $L_1 = 3 \times z = 2,54 \text{ m}$
6. Hitung panjang peredam energi ( $L_2$ )  
 $L_2 = c_1 \sqrt{z \cdot h_c} + 0,25 = 2,98 \text{ m}$
7. Hitung tinggi *endsill* ( $a$ )  
 $a = 0,5 \times h_c = 0,33 \text{ m}$
8. Hitung jarak pondasi pada ruas pertama ( $t$ )  
 $t = 0,5 (h_1 + z) = 0,82 \text{ m}$



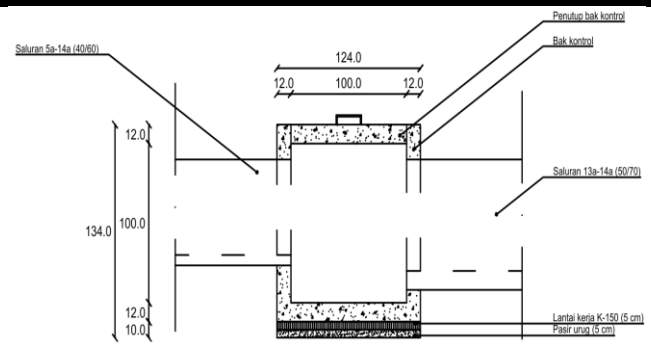
Gambar 8 Bangunan Terjun

### Bak Kontrol

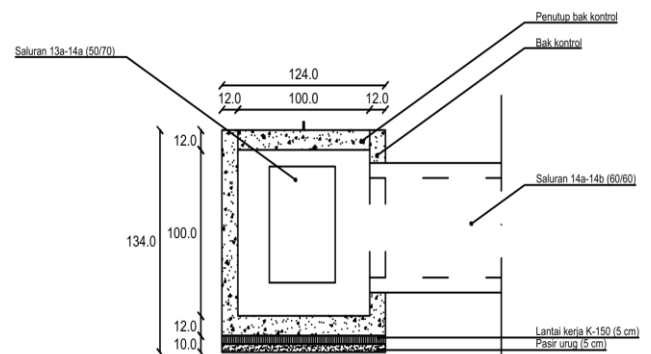
Bak kontrol akan direncanakan pada titik pertemuan antara saluran. Terdapat sebanyak 14 bak kontrol dengan 2 jenis ukuran yaitu 1m x 1m x 1m dan 1m x 1m x 1,2 m.



Gambar 9 Bak Kontrol



Gambar 10 Potongan A-A Bak Kontrol



Gambar 9 Potongan B-B Bak Kontrol

### Inlet

Perencanaan *inlet* pada penelitian ini akan menggunakan jenis *curb inlet*. Dengan dimensi *curb inlet* 40cm x 20cm. contoh perhitungan pada ruas saluran 1c – 16a, Didapat H (tinggi genangan) sebesar 0,05 m, B (lebar lubang) sebesar 0,2 m, L (tinggi lubang) sebesar 0,1 m. Langkah pertama menghitung kapasitas debit inlet menggunakan rumus:

$$Q_{inlet} = 3,1 \times L \times B \times h^{0.5}$$

Sehingga didapatkan debit *curb inlet* sebesar 0,01386 m<sup>3</sup>/detik. Selanjutnya menghitung debit limpasan pada ruas jalan menggunakan rumus

$$Q_{jalan} = C \cdot I \cdot A$$

Dengan koefisien limpasan (C) sebesar 0,7, intensitas hujan (I) sebesar 0,0000848 m/detik, dan luas daerah tangkapan (A) sebesar 140,019 m<sup>2</sup>. Sehingga didapat hasil sebesar 0,00831 m<sup>3</sup>/detik. Jumlah kebutuhan *curb inlet* kemudian dihitung dengan membandingkan debit limpasan jalan terhadap kapasitas satu unit *curb inlet*, yaitu:

$$\begin{aligned} n &= Q_{jalan} / Q_{inlet} \\ &= 0,00831 / 0,01386 \\ &= 0,600 \text{ unit} \sim 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

Dengan demikian, pada ruas saluran 1C–16A diperlukan 1 unit *curb inlet* untuk mengalirkan debit limpasan yang terjadi.

### Rencana Anggaran Biaya

Dalam menyusun anggaran biaya dibutuhkan data volume pekerjaan (*bill of quantity*) dan harga satuan pekerjaan.

Rencana anggaran biaya didapat dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan[6].

Dari hasil perhitungan didapatkan total rencana anggaran biaya sebesar Rp3.866.368.294,41 (termasuk PPN 11%)

**Tabel 6** Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya.

| No.                        | URAIAN PEKERJAAN                  | JUMLAH HARGA              |
|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                            |                                   | (Rp)                      |
| 1.                         | PEKERJAAN PENDAHULUAN             | Rp58,809,566.56           |
| 2.                         | PEKERJAAN TANAH DAN PASIR         | Rp180,212,568.86          |
| 3.                         | PEKERJAAN BETON                   | Rp190,882,445.87          |
| 4.                         | PEKERJAAN PAS. BATA dan PLESTERAN | Rp23,664,918.00           |
| 5.                         | PEKERJAAN SALURAN PRACETAK        | Rp2,317,514,073.50        |
| 6.                         | BANGUNAN TERJUN                   | Rp137,023,777.59          |
| 7.                         | BIOPORI                           | Rp945,000,200.62          |
| <b>JUMLAH (A)</b>          |                                   | <b>Rp3,853,107,551.01</b> |
| <b>PPN = (11% X A) = B</b> |                                   | <b>Rp423,841,830.61</b>   |
| <b>TOTAL BIAYA (A + B)</b> |                                   | <b>Rp4,276,949,381.62</b> |

Sumber: Hasil perhitungan, 2025

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perencanaan ulang saluran drainase kawasan pemukiman di Jalan Candi Telagawangi, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, dapat disimpulkan bahwa berdasarkan hasil survey secara langsung di lapangan, saluran drainase pada kawasan pemukiman Jalan Candi Telagawangi Kota Malang menggunakan jenis saluran terbuka dan tertutup dengan penampang bentuk persegi yang berbahan beton. Terdapat beberapa saluran yang membuat air tidak dapat mengalir dengan baik dikarenakan terdapat endapan dan saluran yang rusak pada kawasan tersebut.

Berdasarkan hasil perhitungan, curah hujan rancangan menggunakan metode Gumbel Tipe 1 dengan kala ulang 5 tahun mendapatkan hasil 79,829 mm/hari. Debit Banjir Rancangan dengan kala ulang 5 tahun pada daerah penelitian dihitung menggunakan metode rasional, didapat hasil untuk debit banjir rancangan yang terkecil yaitu 0,002 m<sup>3</sup>/detik dan yang terbesar yaitu 0,212 m<sup>3</sup>/detik.

Dimensi saluran baru yang direncanakan pada kawasan Jalan Candi Telagawangi Kota Malang menggunakan beton pracetak U-ditch dengan dimensi terkecil berukuran 30 cm × 30 cm dan dimensi terbesarnya berukuran 80 cm × 80 cm. Untuk gorong-gorong menggunakan Box Culvert dengan dimensi terkecil berukuran 40 cm × 40 cm dan dimensi terbesar berukuran 60 cm × 60 cm.

Berdasarkan perhitungan biopori didapatkan total biopori sebanyak 10.262 buah dengan diameter 0,1 meter dan tinggi 1 meter.

Rencana anggaran biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan ulang drainase berwawasan lingkungan kawasan pemukiman Jalan Candi Telagawangi, Kecamatan

Lowokwaru, Kota Malang yaitu sebesar Rp3.866.368.294,41 (termasuk PPN 11%).

Saran untuk penelitian ini adalah saluran perlu dilakukan perawatan dan pembersihan secara berkala agar kualitas saluran terjaga dan tetap sesuai dengan kondisi perencanaan. Dalam melakukan penelitian ini sebaiknya menggunakan data terbaru yang didapat dari instansi terkait agar hasil perencanaan lebih akurat dengan kondisi di lapangan. Saran untuk warga agar diberi sosialisasi untuk tetap menjaga kebersihan lingkungan sekitar khususnya daerah drainase.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Soewarno, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Bandung: Nova, 1995.
- [2] Soemarto. CD, *Hidrolik Teknik*, Surabaya: Usaha Nasional, 1987.
- [3] Brata, Kamir R. (2008). *Metode Lubang Resapan Biopori*. Institut Pertanian Bogor (IPB).
- [4] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta: Andi Press, 2004.
- [5] Chow, Ven Te. *Hidrolika Saluran Terbuka*, Jakarta: Erlangga, 1985.
- [6] Ibrahim, Bachtiar. *Rencana dan Estimate Real of Cost*, Jakarta: PT. Bumi, 2001.