

## PERENCANAAN SALURAN DRAINASE DAN PENERAPAN PANEN AIR HUJAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN PERUMAHAN GRAND ZAM-ZAM LUMAJANG

Fathur Chandra Maulana<sup>1</sup>, Sutikno<sup>2</sup>, Utami Retno P.<sup>3</sup>

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

Email: <sup>1</sup>fathurchandra110@gmail.com, <sup>2</sup>[sutikno.civil@gmail.com](mailto:sutikno.civil@gmail.com), <sup>3</sup>[utamiretno.polinema@gmail.com](mailto:utamiretno.polinema@gmail.com)

### ABSTRAK

Drainase memiliki peran kunci dalam perencanaan tata ruang wilayah dan harus direncanakan dengan memperhatikan kebutuhan agar dapat menjalankan fungsinya dengan efektif. Fenomena saat ini adalah banyak perubahan lahan menjadi area perumahan. Contohnya, di Kabupaten Lumajang banyak lahan yang berubah menjadi perumahan namun tidak disertai dengan perencanaan saluran drainase berkelanjutan untuk menunjang keberhasilan pembangunan. Hal ini karena di wilayah tersebut masih kekurangan air. Tujuan penelitian ini adalah pemanfaatan air hujan kembali bagi penghuni. Metode yang digunakan pada perencanaan ini adalah metode rata-rata aljabar dan distribusi gumbel. Data yang digunakan terdiri dari peta topografi, curah hujan 3 stasiun, *site plan*, dan HSPK tahun 2022. Hasil perhitungan diperoleh intensitas hujan sebesar 71,6949 mm/hari. Rencana saluran drainase berbentuk persegi berbahan beton dengan ukuran minimal lebar 0,3 m dan tinggi 0,1 m, ukuran maksimal lebar 0,5 m dan tinggi 0,7 m. Hasil panen air hujan pada atap ukuran 6 m x 5 m yaitu 0,00203 m<sup>3</sup>/detik, limpasan yang dihasilkan sebanyak 0,001672 m<sup>3</sup>/detik. Estimasi biaya yang diperlukan untuk perencanaan saluran drainase dan panen air hujan sebesar Rp2.685.340.252,00. Proyek pembangunan perumahan Grand Zam-zam dibangun di wilayah yang kurang air, untuk memenuhi kebutuhan air bagi penghuni maka dapat diatasi dengan penerapan ekodrainase berupa panen air hujan.

**Kata kunci:** saluran drainase, ekodrainase, perumahan, panen air hujan

### ABSTRACT

Drainage has a key role in regional spatial planning and must be planned taking into account needs in order to carry out its function effectively. The current phenomenon is a lot of land conversion into residential areas. For example, in Lumajang Regency there is a lot of land that has been turned into housing but is not accompanied by planning of sustainable drainage channels to support the success of development. This is because in the region there is still a shortage of water. The aim of this research is to reuse rainwater for residents. The method used in this planning is the algebraic average method and the Gumbel distribution. The data used consists of topographical maps, rainfall for 3 stations, site plans, and HSPK for 2022. The calculation results obtained rain intensity of 71.6949 mm/day. A rectangular drainage channel plan made of concrete with a minimum width of 0.3 m and a height of 0.1 m, a maximum width of 0.5 m and a height of 0.7 m. The harvest of rainwater on a 6 m x 5 m roof is 0.00203 m<sup>3</sup>/second, the resulting runoff is 0.001672 m<sup>3</sup>/second. The estimated cost required for planning drainage channels and rainwater harvesting is IDR 2,685,340,252.00. The Grand Zam-zam housing development project was built in an area lacking water, to meet the water needs of the residents it can be overcome by implementing eco-drainage in the form of rainwater harvesting.

**Keywords:** drainage, eco-drainage, housing, rainwater harvesting

### 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk di berbagai wilayah akan meningkat, yang berarti permintaan lahan pemukiman akan

otomatis meningkat juga. Untuk memenuhi kebutuhan akan lahan pemukiman dan penggunaan lahan lainnya, perencanaan tata ruang yang tepat diperlukan untuk mendukung pembangunan yang sukses. Drainase merupakan komponen penting dalam perencanaan tata ruang wilayah dan harus direncanakan sesuai kebutuhan untuk memberikan manfaat maksimal. Kondisi lingkungan yang berpotensi berdampak negatif, perubahan fungsi lahan menjadi pemukiman, dimensi dan bentuk saluran drainase yang belum sesuai, serta kurangnya pemeliharaan oleh masyarakat, semuanya dapat menimbulkan masalah. Proyek pembangunan perumahan untuk memenuhi penambahan area pemukiman telah mengubah fungsi lahan pertanian menjadi pemukiman seluas 8 hektar di Kelurahan Jogoyudan. Pengadaan perumahan di wilayah ini juga melibatkan fasilitas sumber air tanah karena tidak tersedianya sumber air PDAM di lokasi tersebut. Perencanaan saluran drainase dan implementasi praktik ekodrainase, seperti pengumpulan air hujan yang optimal, menjadi bagian kunci dari perencanaan pembangunan Perumahan Grand Zam-zam ini untuk mendukung kesuksesan pembangunan dan meningkatkan cadangan sumber air.

**2. METODE**

Penelitian ini melibatkan langkah-langkah perencanaan drainase, yang diuraikan sebagai berikut: a) Menentukan lokasi studi yang terletak dalam proyek pembangunan perumahan Grand Zam-zam di Lumajang. b) Mengumpulkan data primer, seperti survei lokasi untuk memperoleh perbedaan elevasi tanah, dan data sekunder, termasuk peta topografi, peta situasi Perumahan Grand Zam-zam, denah tipe rumah, dan HSPK (Hujan Sangat Praktis Kapasitas) Kabupaten Lumajang tahun 2022. c) Melakukan serangkaian perhitungan, termasuk uji konsistensi, perhitungan curah hujan daerah, perhitungan nilai kepuncakan dan nilai kepengcangan (Cs dan Ck), perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan kala ulang 2 tahun, perhitungan uji kesesuaian distribusi curah hujan, perhitungan debit banjir rencana, dan perhitungan volume air hujan yang dapat diambil dari atap rumah berukuran 6 x 5 meter. d) Menghitung jumlah limpasan air hujan panen yang akan dialirkan ke dalam saluran. e) Menghitung dan menggambar dimensi saluran yang diperlukan. f) Menghitung RAB (Rencana Anggaran Biaya) yang diperlukan untuk proyek ini. Ini adalah rangkaian langkah yang dilakukan dalam perencanaan drainase dalam penelitian ini.

**Uji Konsistensi**

Uji konsistensi data curah hujan bertujuan untuk mengevaluasi keakuratan data lapangan dengan menerapkan metode kurva massa ganda (Double Mass Curve). Dalam metode ini, dilakukan perbandingan antara data curah hujan

dari satu stasiun hujan dengan data curah hujan dari stasiun hujan lain yang berdekatan (Wigati dan Ichwan, 2014).

$$m = \frac{n \cdot \sum xi \cdot yi - (\sum xi)(\sum yi)}{n \cdot \sum xi - (\sum xi)^2}$$

Keterangan :

- M = koefisiensi regresi (kemiringan garis regresi)
- n = banyak data
- xi = komulatif stasiun pembanding
- yi = komulatif stasiun lama

Keterangan :

- F = Faktor koreksi
- m1 = gradien garis lurus
- m2 = gradien tidak lurus

**Analisis Curah Hujan Daerah Meode Rata-rata Aljabar**

Metode ini cocok untuk wilayah yang memiliki topografi yang relatif datar, di mana stasiun hujan tersebar merata di seluruh area tersebut. Hasil pengukuran curah hujan pada setiap stasiun hujan cenderung tidak memiliki perbedaan yang signifikan dari nilai rata-rata curah hujan di seluruh wilayah (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n}$$

Keterangan :

- $\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata daerah (mm)
- $R_1, R_2, R_n$  = Curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm)
- n = jumlah stasiun hujan

**Analisis Curah Hujan Rancangan**

Curah hujan rancangan merupakan analisis yang mengacu pada kemunculan ulang suatu peristiwa hujan dengan frekuensi tertentu dalam periode waktu tertentu, serta menghitung curah hujan rancangan ini untuk digunakan sebagai data dasar dalam perencanaan bangunan air. Untuk menentukan distribusi yang akan digunakan, diperlukan pengetahuan mengenai koefisien kepengcangan (skewness) dan koefisien kepuncakan (kurtosis) (Basuki dkk, 2009).

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (x - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot Sd^4}$$

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2) \cdot Sd^3}$$

Keterangan :

- Cs = Koefisien Kepengcangan
- Ck = Koefisien Kepuncakan
- N = Jumlah data
- Sd = Standar Deviasi
- X = Data curah hujan (mm)

**Tabel 1. Nilai Cs dan Ck sesuai Nilai Distribusi**

| Jenis Sebaran               | Syarat             |
|-----------------------------|--------------------|
| Normal                      | Cs ≈ 0<br>Ck = 3   |
| Jenis Sebaran Gumbel tipe I | Syarat Cs ≤ 1,1396 |

|                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
|                     | $Ck \leq 5,4002$             |
| Log Person Tipe III | $Cs \neq 0$                  |
| Log normal          | $Cs \approx 3 Cv + Cv^2 = 3$ |
|                     | $Ck = 5,383$                 |

Sumber : Badan Standardisasi Nasional 2415 2016

**Metode Distribusi Gumbel**

$$d_{Rancangan} = d_r + (Y_t - Y_n) \cdot \frac{S_d}{S_n}$$

$$Y_t = -\ln\left(-\ln\frac{Tr - 1}{Tr}\right)$$

Keterangan :

- $d_{Rancangan}$  = Curah hujan rancangan
- $d_r$  = Rata-rata curah hujan (mm)
- $Y_t$  = Reduce Variable (fungsi dari probabilitas)
- $Y_n$  = Reduce Variable Mean (fungsi dari pengamatan)
- $S_n$  = Reduce Variable Standart Deviasion (koreksi penyimpanan)
- $S_d$  = Standart deviasi

**Uji Kesesuaian Ditribusi**

Uji kesesuaian distribusi ini digunakan untuk pengujian simpangan secara horizontal. Uji *Smirnov-Kolmogorov* juga biasa disebut dengan uji kecocokan non parametik dikarenakan uji ini tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Uji ini digunakan untuk menguji simpangan terbesar antara peluang pengamatan (empiris) dengan peluang teoritis.

a. **Uji Smirnov-Kolmogorov**

$$\Delta P = |P_{empiris} - P_{teoritis}|$$

Keterangan :

- $\Delta P$  = Nilai Smirnov Kolmogorov terhitung
- $P_{teoritis}$  = Peluang yang diharapkan
- $P_{empiris}$  = Peluang yang terbaca

b. **Uji Chi-Square**

$$X^2_{hit} = \frac{\sum_{t=1}^n (X_{empiris} - X_{teoritis})^2}{X_{teoritis}}$$

Keterangan :

- $X^2_{hit}$  = Nilai *Chi-Square* terhitung
- $X_{empiris}$  = Frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelas
- $X_{teoritis}$  = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama.

**Intensitas Curah Hujan**

Intensitas curah hujan adalah besaran yang mengukur jumlah curah hujan dalam bentuk tinggi hujan atau volume hujan per satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam satuan mm/jam atau cm/jam

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

Keterangan :

- I = Intensitas Hujan (mm/jam)

- R24 = Curah Hujan harian maksimum (mm)
- Tc = Waktu konsentrasi (jam)

Perhitungan nilai konsentrasi seperti berikut:

$$tc = t_0 + t_d$$

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{n}{\sqrt{S}}\right)^{0,167}$$

$$t_d = \frac{Ls}{60v}$$

Keterangan :

- $t_0$  = waktu yang diperlukan air hujan menuju kedalam saluran
- $t_d$  = waktu yang diperlukan air dari hulu menuju ke hilir saluran
- $L_o$  = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)
- $n$  = koefisien hambatan (manning)
- $S$  = kemiringan lahan (%)
- $Ls$  = Panjang lintasan aliran pada saluran (m)
- $v$  = kecepatan aliran pada saluran (m/detik)

**Debit Banjir Rancangan**

Pada debit air hujan dan debit air buangan penduduk dengan periode ulang t tahun pada suatu daerah adalah salah satu acuan debit banjir rancangan dalam perhitungan perencanaan sistem drainase. (Sriyono, E. 2012)

$$Q = C \times I \times A$$

Keterangan :

- Q = Debit banjir (m<sup>2</sup>/detik)
- C = Koefisien pengaliran
- A = Luas DAS (km<sup>2</sup>)
- I = Intensitas hujan (mm/jam)

**Ekodrainase berupa Panen Air Hujan**

Panen air hujan bertujuan untuk mengelola kelebihan air dengan memaksimalkan penangkapan air secara alami ke dalam tanah. Dalam perencanaan panen air hujan dalam penelitian ini, proses tersebut diterapkan pada setiap rumah berukuran 6 x 5 meter. Hasil dari penangkapan air hujan akan dialirkan ke dalam sebuah toren, yang selanjutnya menghasilkan aliran berlebih yang akan dialirkan ke dalam saluran drainase

**Perhitungan Kapasitas dan Dimensi Saluran**

Perhitungan kapasitas didasari dengan besarnya debit rencana. Perencanaan dimensi saluran harus sesuai dengan teori hidraulika dan syarat keamanan yang sesuai. Pada penentuan dimensi saluran parameter didasarkan oleh bentuk saluran drainase yang akan digunakan.

Rumus unsur geometris penampang persegi sebagai berikut :

- $A = b \times h$
- $P = b + 2h$
- $R = A/P$

Keterangan :

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

P = keliling basah saluran (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

Untuk menghitung kecepatan, debit, dan kemiringan saluran dapat dihitung menggunakan rumus seperti berikut:

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

$$Q = V \times A$$

$$S = \frac{\Delta y}{L}$$

Keterangan :

Q = Debit saluran (m<sup>3</sup>.dt)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

A = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

R = Jari-jari hidrolis =  $\frac{A}{P}$  (m)

s = Kemiringan dasar saluran

n = Keofisien kekasaran manning

S = Kemiringan saluran (slope)

Δy = Beda tinggi (m)

L = Panjang antar titik atau elevasi (m)

### Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan adalah jarak vertikal atau ketinggian yang diukur dari permukaan air maksimum hingga permukaan tanggul saluran atau permukaan tanah. Konsep ini digunakan untuk menghindari potensi kenaikan muka air yang berlebihan ke tepi saluran (SNI, 2011:108), seperti yang dijelaskan dalam penelitian oleh Krisnayanti dkk pada tahun 2017.

$$w = \frac{1}{3} h$$

$$H = h + w$$

Keterangan :

w = Tinggi jagaan (m)

h = Kedalaman air yang tergenang (m)

H = Tinggi total (m)

### Kontrol Aliran

#### a. Kecepatan

Perencanaan kecepatan aliran harus memenuhi kecepatan izin maksimum dan minimum.

$$V_{min} = 0,2-0,6 \text{ m/detik}$$

$$V_{max} =$$

- Pasangan batu : 2m/detik

- Pasangan beton : 3m/detik

#### b. Jenis aliran

Aliran dalam saluran terbuka dapat dikelompokkan ke dalam berbagai jenis yang berbeda, salah satunya adalah berdasarkan nilai dari bilangan Froude. Bilangan Froude adalah perbandingan antara gaya inersia dengan gaya gravitasi per unit volume tertutup (Suripin, 2004).

- Fr = 1 (Aliran kritis)

- FR < 1 (Aliran subkritis)

- Fr > 1 (Aliran superkritis)

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Keterangan :

Fr = Bilangan froude

V = Kecepatan aliran (m/detik)

g = Gaya gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

h = Kedalaman aliran (m)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### ANALISA HIDROLOGI

#### Data Selisih Elevasi Tanah

Data hasil pengukuran elevasi tanah proyek terhadap saluran sekitar proyek (saluran irigasi) menghasilkan selisih sebesar 2 meter.

#### Data Hujan

Dalam perencanaan sistem drainase ini, data curah hujan maksimum diambil dari 3 stasiun hujan (Sta. Wonokerto, Sta. Sukodono, Sta. Kedungsaku) selama 10 tahun (2013-2022).

**Tabel 2. Data Hujan Kumulatif 3 Stasiun**

| No | Tahun | Stasiun   |         |            |
|----|-------|-----------|---------|------------|
|    |       | Wonokerto | Sukodoo | Kedungsaku |
| 1  | 2022  | 1880      | 2245    | 2031       |
| 2  | 2021  | 1415      | 1658    | 1471       |
| 3  | 2020  | 1567      | 1834    | 1732       |
| 4  | 2019  | 1413      | 1656    | 1465       |
| 5  | 2018  | 2958      | 2857    | 2367       |
| 6  | 2017  | 1214      | 1093    | 1962       |
| 7  | 2016  | 1202      | 1214    | 1134       |
| 8  | 2015  | 2413      | 2303    | 2247       |
| 9  | 2014  | 1446      | 1233    | 1130       |
| 10 | 2013  | 1877      | 2070    | 1959       |

### Uji Konsistensi

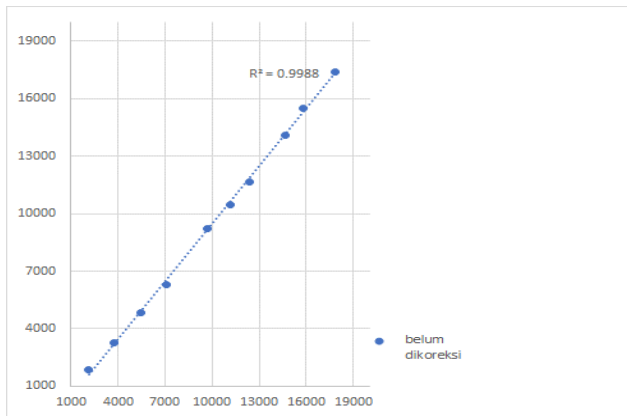
Uji konsistensi dilakukan untuk mengetahui apakah data hujan yang digunakan telah, dan melakukan koreksi apabila data tidak konsisten. Dalam pengujian ini menggunakan metode kurva massa ganda.

**Tabel 3. Uji Konsistensi Stasiun Wonokerto**

| No | Tahun | Stasiun Wonokerto |         | Stasiun   |              |        |         |
|----|-------|-------------------|---------|-----------|--------------|--------|---------|
|    |       | dx                | kum dx  | Suko dono | Ked ungs aku | rata2  | kum     |
| 1  | 2022  | 1880              | 1880    | 2245      | 2031         | 2138   | 2138    |
| 2  | 2021  | 1415              | 3295    | 1658      | 1471         | 1564.5 | 3703    |
| 3  | 2020  | 1567              | 4862    | 1834      | 1732         | 1783   | 5485.5  |
| 4  | 2019  | 1413              | 6275    | 1656      | 1465         | 1560.5 | 7046    |
| 5  | 2018  | 2958              | 9233    | 2857      | 2367         | 2612   | 9658    |
| 6  | 2017  | 1214              | 10447.2 | 1093      | 1962         | 1527.5 | 11185.5 |
| 7  | 2016  | 1202              | 11649.2 | 1214      | 1134         | 1174   | 12359.5 |
| 8  | 2015  | 2413              | 14062.2 | 2303      | 2247         | 2275   | 14634.5 |
| 9  | 2014  | 1446              | 15508.2 | 1233      | 1130         | 1181.5 | 15816   |

10 2013 1877 17385 2070 1959 2014.5 17830.5

Sumber : perhitungan



**Gambar 1. Kurva Massa Ganda Sta. Wonokromo Sebelum Dikoreksi**

Dengan memakai formula pada *Microsoft excel* dapat dihitung nilai slope sebagai berikut :

$$M1 = 1,029$$

$$M2 = 0,894$$

Pada tahun 2020-2022 adalah data yang mengalami kepengengan pada Gambar 1

Diambil contoh perhitungan pada tahun 2022

$$Dx = 1880$$

$$M1/M2 = F$$

$$F = \frac{1,029}{0,894}$$

$$F = 1,152$$

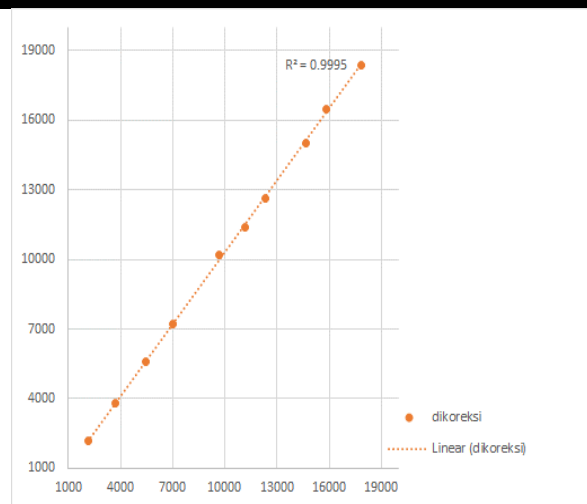
Maka, dx2022 koreksi adalah  $1880 \times 1,152 = 2165,848$  mm.

**Tabel 4. Data hujan Stasiun Wonokerto terkoreksi**

| Tahun | dx       | Kum       |
|-------|----------|-----------|
| 2022  | 2165.848 | 2165.848  |
| 2021  | 1630.146 | 3795.995  |
| 2020  | 1805.258 | 5601.252  |
| 2019  | 1627.842 | 7229.095  |
| 2018  | 2958.000 | 10187.095 |
| 2017  | 1214.200 | 11401.295 |
| 2016  | 1202.000 | 12603.295 |
| 2015  | 2413.000 | 15016.295 |
| 2014  | 1446.000 | 16462.295 |
| 2013  | 1877.000 | 18339.295 |

Sumber : perhitungan

Dilakukan koreksi pada data hujan tahun 2022.



**Gambar 2. Kurva Massa Ganda Sta. Wonokerto setelah dikoreksi**

Hasil Koreksi data curah hujan hanya dilakukan pada tahun yang menunjukkan adanya ketidaksesuaian atau kepengengan. Setelah dilakukan koreksi dengan menggunakan angka koreksi, validitasnya dapat diuji melalui metode kurva massa ganda, dan hasilnya diperiksa untuk menentukan apakah masih terdapat ketidaksesuaian, yang biasanya ditunjukkan oleh koefisien determinasi yang mendekati 1.

Pada tiga uji coba yang melibatkan Stasiun Sukodono terhadap dua stasiun hujan lainnya, yaitu Stasiun Wonokerto dan Kedungsaku, diperoleh angka koreksi sebesar 0,922. Sementara itu, hasil pengujian Stasiun Kedungsaku terhadap Stasiun Wonokerto dan Kedungsaku menghasilkan angka koreksi sebesar 1,077.

**Curah Hujan Rata-rata**

Perhitungan Curah hujan daerah menggunakan data curah hujan maksimum dalam satu tahun.

**Curah Hujan Rancangan**

Perhitungan curah hujan rancangan ditentukan dengan mempertimbangkan uji distribusi yang sesuai dengan nilai Cs dan Ck yang telah dihasilkan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai Cs adalah -1,139 dan nilai Ck adalah 2,10. Oleh karena itu, metode Gumbel Type I digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan dengan menggunakan kala ulang 2 tahun dan data selama 10 tahun. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai Reduce Variate (Yn) adalah 0,492, dan Standar Deviasi Reduce Variate (Sn) sebesar 0,9496. Dengan demikian, nilai desain curah hujan dapat ditentukan seperti berikut.:

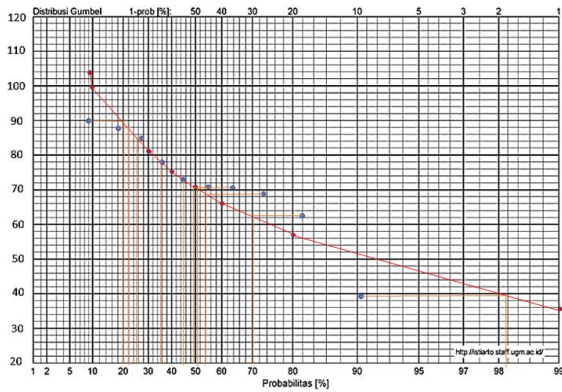
$$d_{\text{rancangan}} = d_{\text{rata-rata}} + (Y_t - Y_n) \cdot \frac{S_d}{S_n}$$

$$d_{\text{rancangan}} = 73,71 + (0,37 - 0,4952) \cdot \frac{14,85}{0,9496} = 71,69492$$

mm/hari

**Uji Kesesuaian Distribusi**

Pada hasil plotting grafik uji simpangan horizontal (*Smirnov Kolomogorov*) menghasilkan bacaan (P teoritis) pada sumbu x sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik Uji Simpangan Horizontal

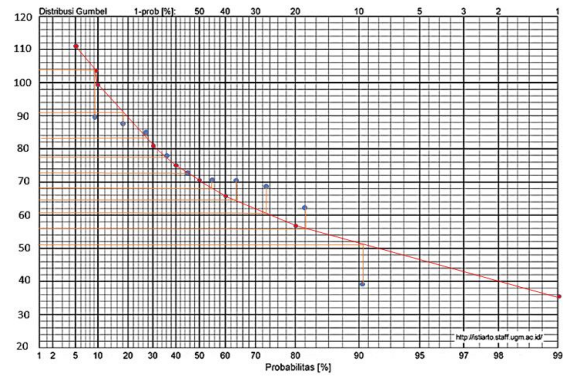
Tabel 6. Uji Simpang Horizontal

| No | X empiris | P empiris | P Teoritis | Delta p |
|----|-----------|-----------|------------|---------|
| 1  | 91.268    | 9.09%     | 19%        | 9.91%   |
| 2  | 89.667    | 18.18%    | 22%        | 3.82%   |
| 3  | 86.000    | 27.27%    | 25%        | 2.27%   |
| 4  | 79.000    | 36.36%    | 35%        | 1.36%   |
| 5  | 73.667    | 45.45%    | 45%        | 0.45%   |
| 6  | 72.333    | 54.55%    | 49%        | 5.55%   |
| 7  | 71.822    | 63.64%    | 51%        | 13.14%  |
| 8  | 69.682    | 72.73%    | 54%        | 18.73%  |
| 9  | 63.308    | 81.82%    | 70%        | 11.82%  |
| 10 | 40.333    | 90.91%    | 98%        | 7.27%   |
|    |           |           | max        | 18.73%  |

Sumber : perhitungan

Dengan nilai N =10, nilai  $\alpha = 0,05$ , derajat kepercayaan smirnox-kolomogorov yang diperoleh adalah 41% atau 0,041 dan berdasarkan tabel 7,  $\Delta P$  maksimum yaitu sebesar 18,73%, Syarat Uji Simpangan Horizontal dinyatakan sesuai adalah jika  $\Delta P < Do$ , maka hasil pengujian simpangan horizontal  $18,73 < 41\%$  dinyatakan memenuhi syarat.

Pada hasil plotting grafik uji simpangan vertikal (*Chi Square*) menghasilkan bacaan (X Teoritis) pada sumbu Y sebagai berikut :



Gambar 4. Grafik Uji Simpangan Horizontal

Tabel 7. Uji Simpangan Vertikal dengan Metode Chi Square

| No | X empiris | P empiris | X Teoritis | x2 hit |
|----|-----------|-----------|------------|--------|
| 1  | 91.268    | 9.09      | 104        | 1.56   |
| 2  | 89.667    | 18.18     | 91         | 0.02   |
| 3  | 86.000    | 27.27     | 83.5       | 0.07   |
| 4  | 79.000    | 36.36     | 77.5       | 0.03   |
| 5  | 73.667    | 45.45     | 73         | 0.01   |
| 6  | 72.333    | 54.55     | 68.5       | 0.21   |
| 7  | 71.822    | 63.64     | 65         | 0.72   |
| 8  | 69.682    | 72.73     | 61         | 1.24   |
| 9  | 63.308    | 81.82     | 55.5       | 1.10   |
| 10 | 40.333    | 90.91     | 51.5       | 2.42   |
|    |           |           | max        | 7.37   |

Dengan N = 10,  $\alpha = 0,05$ , Dk =7. Nilai kritis untuk uji Chi Square uang diperoleh adalah 14,067. Syarat uji simpangan vertikal dinyatakan sudah sesuai apabila  $x^2 \text{ hit} < x^2 \text{ tabel}$ , dan pada tabel 8, hasil  $x^2 \text{ totalnya}$  adalah  $7,37 < 14,067$  dan dinyatakan sesuai memenuhi syarat.

$$P \text{ empiris} = \frac{\text{urutan}}{\text{jumlah data}+1} \times 100$$

Contoh perhitungan P empiris pada urutan pertama sebagai berikut :

$$P \text{ empiris} = \frac{1}{10+1} \times 100 = 9,09$$

**Intensitas Curah Hujan**

Perhitungan intensitas curah hujan menggunakan metode mononobe seperti contoh perhitungan pada saluran 1-2 sebagai berikut :

intensitas curah hujan rancangan  $R_{24} = 71,69492$  mm/hari sebagai berikut :

$$L_o = 10 \text{ m (Lebar Rumah)}$$

$$L_d = 36 \text{ m (Panjang rumah pada satu ruas saluran yang direncanakan)}$$

$$Nd = 0,1 \text{ (tabel 2.10)}$$

S = 1% (kemiringan pemukiman umumnya 1%)

Vd = 1,5 m/dt (kecepatan aliran rencana di saluran)

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{n}{\sqrt{S}}\right)^{0,167}$$

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 10 \times \frac{0,1}{\sqrt{0,01}}\right)^{0,167}$$

$$t_d = \frac{Ld}{60v}$$

$$t_d = \frac{36}{60 \times 1,5} = 0,4 \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{Ls}{60v}$$

$$t_c = t_o + t_d$$

$$t_c = 1,879 + 0,183$$

$$= 2,063 \text{ menit}$$

$$= 0,034 \text{ jam}$$

a. Intensitas Curah Hujan Pemukiman

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

$$I = \frac{71,69492}{24} \left(\frac{24}{0,035}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 232,801 \text{ mm/jam}$$

$$= 0,000065 \text{ mm/detik}$$

b. Intensitas Curah Hujan Jalan

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

$$I = \frac{71,69492}{24} \left(\frac{24}{0,028}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 270,162 \text{ mm/jam}$$

$$= 0,000075 \text{ mm/detik}$$

c. Intensitas Curah Hujan Taman

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

$$I = \frac{71,69492}{24} \left(\frac{24}{0,034}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 237,346 \text{ mm/jam}$$

$$= 0,000066 \text{ mm/detik}$$

d. Intensitas Curah Hujan Genteng

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

$$I = \frac{71,69492}{24} \left(\frac{24}{0,021}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 325,225 \text{ mm/jam}$$

$$= 0,000090 \text{ mm/detik}$$

Mendapatkan hasil perhitungan intensitas curah hujan minimal yaitu 0,000065 mm/detik dan curah hujan maksimal sebesar 0,000090 mm/detik.

### Debit Banjir Rancangan

Koefisien pengaliran sesuai dengan jenisnya, sehingga koefisien pengalir tiap wilayah banjir sebagai berikut :

Pemukiman = 0,6

Jalan = 0,1

Genteng = 0,75

Q = C x I x A

Q Pemukiman = 0,6 x 0,000065 x 360 = 0,01404

Q Jalan = 0,7 x 0,000075 x 420 = 0,02205

Q Taman = 0,1 x 0,000066 x 165 = 0,001089

Q Genteng = 0,75 x 0,000090 x 30 = 0,00203

Dengan menggunakan satuan m<sup>3</sup>/detik.

### Perhitungan Limpasan Panen Hujan

Asumsi pemakaian 50% = 4 orang/rumah

1 orang kebutuhan air bersih = 150 liter / hari

Asumsi tendon dengan kapasitas 1000 liter

Q panen air hujan = 0,00203 m<sup>3</sup>/dt

$$= 7.317,5710$$

Q sisa konsumsi = 7.317,5710-300 = 7.017,57 liter

Q air limpasan = 7.017,57 – 1000

$$= 6.017,57 \text{ liter/hari}$$

$$= 1,67 \text{ liter/detik}$$

$$= 0,001672 \text{ m}^3/\text{detik (setiap rumah)}$$

### Perencanaan Saluran Dimensi

Elevasi awal = + 46,55

Elevasi akhir = +46,30

Panjang saluran rencana = 53 m

Nd = 0,013 (tabel 2.14)

b = 0,3

a. perhitungan kemiringan rencana saluran

$$S = \frac{\text{elevasi awal} - \text{elevasi akhir}}{Ls} = \frac{46,55 - 46,30}{54} = 0,004629$$

$$= 0,005$$

b. Perhitungan Luas penampang

$$A = b \times h$$

$$= 0,3 \times h$$

$$= 0,3 \text{ h m}^2$$

c. Perhitungan keliling basah

$$P = b \times 2h$$

$$= (0,3 \times 2h) \text{ m}$$

d. Perhitungan jari-jari hidrolis

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{0,3h}{0,3 \times 2h}$$

e. Perhitungan kecepatan aliran

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

$$V = \frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,4h}{0,4 \times 2h}\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0,005}$$

f. Perhitungan debit saluran rencana

$$Q = V \times A$$

$$= \left(\frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,3h}{0,3 \times 2h}\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0,005}\right) \times 0,3 \text{ h}$$

g. Perhitungan h saluran yang memenuhi

Q rencana ≤ Q hitungan

$$0,03177 \leq \left(\frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,3h}{0,3 \times 2h}\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0,005}\right) \times 0,3h$$

$$0,03177 \leq 5.439 \times \left(\frac{0,3h}{0,3 \times 2h}\right)^{\frac{2}{3}} \times (0,3h)$$

$$h \leq 0,1231 \text{ m}$$

h. Kontrol kecepatan saluran

$$V = \frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,3h}{0,3 \times 2h}\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0,005}$$

$$V = \left(\frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,3h}{0,3 \times 2 \times 0,1231}\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0,005}\right)$$

$$V = 0,869 \text{ m/dt}$$

kecepatan minimal yang terjadi adalah m/dt dan kecepatan maksimal yang terjadi adalah m/dt

$$V_{\min} \leq V_{\text{hit}} \leq V_{\max}$$

$$0,2 \text{ m/dt} \leq 0,869 \text{ m/dt} \leq 3 \text{ m/dt}$$

i. Kontrol Bilangan Froude

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

$$Fr = \frac{0,869}{\sqrt{9,81 \times 0,1231}}$$

$$= 0,790$$

j. Perhitungan tinggi jagaan

$$w = \frac{1}{3} h$$

$$w = \frac{1}{3} \cdot 0,1231$$

$$= 0,041$$

k. Perhitungan H saluran yang direncanakan

$$H = h + w$$

$$= 0,1231 + 0,041$$

$$= 0,164 = 0,2$$

### Rencana Anggaran Biaya

Biaya yang dibutuhkan untuk merencanakan saluran drainase dan PAH yaitu sebesar Rp. 2.685.340.252,17

### Kesimpulan

1. Debit rancangan yang dihasilkan dengan perhitungan kala ulang 2 tahun bervariasi, mulai dari 0,0045 m<sup>3</sup>/detik hingga 0,2099 m<sup>3</sup>/detik
2. Debit panen air hujan yang dihasilkan dari atap ukuran 6 x 5 m sebanyak 0,00203 m<sup>3</sup>/detik, dengan limpasan sebanyak 0,001672 dalam asumsi hujan turun selama 1 jam/hari
3. Perencanaan dimensi saluran bervariasi, dimensi terkecil yang diperoleh dengan lebar 0,3 meter dan tinggi 0,1 meter. Dimensi terbesar yang diperoleh dengan lebar 0,5 meter dan tinggi 0,7 meter.
4. Biaya yang diperlukan untuk merencanakan saluran drainase dan penerapan ekodrainase berupa panen air hujan sebesar Rp. 2.685.340.000 (dua miliar enam ratus delapan puluh lima juta tiga ratus empat puluh ribu rupiah), belum termasuk PPN dengan durasi pelaksanaan selama 76 hari.

### Saran

1. Data elevasi tanah ditambah dengan data penambahan maupun pengurangan tanah di lokasi proyek agar sesuai dengan keadaan rill.
2. Untuk perencanaan septictank dan sumur resapan mengikuti ukuran SNI dan melakukan pengurusan sesuai

anjuran sehingga tidak mengakibatkan dampak buruk bagi air yang masuk ke saluran drainase.

3. Sebaiknya biaya pelaksanaan panen air hujan dibebankan kepada pemilik rumah sehingga biaya yang dikeluarkan perencana tidak begitu besar.

### DAFTAR PUSTAKA

- 1) Ardiyana, M., Bisri, M. and Sumiadi (2016) 'Studi Penerapan Ecodrain pada Sistem Drainase Perkotaan (studi kasus: Perumahan Sawojajar Kota Malang)', Jurnal Teknik Pengairan, 7(2), pp. 295–309.
- 2) Purwaningsih, R. (2018) Analisis Potensi Panen Air Hujan Pada Skala Individu Sebagai Sumber Air Alternatif di Desa Seriwe, Kecamatan Jerowaru, Lombok Timur. Universitas Mataram. doi: 10.1002/adom.201800784.
- 3) Area, U.M. (2020) 'KAWASAN PERKANTORAN ACEH TAMIANG KUALA SIMPANG ( STUDI KASUS ) Disusun Oleh : FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN KAWASAN PERKANTORAN ACEH TAMIANG KUALA SIMPANG ( STUDI KASUS ) SKRIPSI Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Untuk Mendapatkan Gelar Sa'.
- 4) Handitamo, D, Sahara, I, & Rangkuti, H. (2010) PEDOMAN PENGHITUNGAN PROYEKSI PENDUDUK. katalog : Edited by R. Savitri, I. Luswara, and T. Windiarso. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- 5) Fitria, R. and Sumargo, H.R.B. (no date) 'Model Pemanfaatan Ecodrainage di Daerah Rawa ( Studi Kasus Kelapa Gading )', (3), pp. 400–416.
- 6) Hardianto, A. (2015) 'Analisa pengendalian manajemen waktu dan biaya proyek pembangunan hotel dengan network cpm studi kasus : batika hotel Palembang', Teknik Sipil dan Perencanaan, 1(1), pp. 1–17. Available at: <http://eprints.ums.ac.id/37359/30/02>. NASKAH PUBLIKASI.pdf.
- 7) Lampung, U. (2021) 'REKAYASA Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung Sistem drainase yang berwawasan lingkungan di Kota Bandar Lampung', Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung, 25(April), pp. 22–26.
- 8) Sosrodarsono, S. and Takeda, K. (2003) editor: Suyono Kensaku. Cetakan 9. PT PRADNYA PARAMITA.
- 9) Novi Ade Putra, Hendra Kurniawan, N.R. (2017) 'Prediksi Jumlah Penduduk Menggunakan Fuzzy Time Series Model Chen (Studi Kasus: Kota



- Tanjungpinang)’, *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699.
- 10) Wigati, R. and Ichwan, R. (2014) ‘Teknologi sumur resapan dalam kajian pemaparan hidrograf banjir Sub Das Ciujung’, *Fondasi*, 3(1), pp. 12–23.
- 11) Nurhijriah, L. et al. (2022) ‘Pemetaan Distribusi Curah Hujan Rata-Rata Menggunakan Metode Isohyet Di Wilayah Kabupaten Tangerang’, *Newton-Maxwell Journal of Physics*, 3(2), pp. 46–55. Available at: <https://doi.org/10.33369/nmj.v3i2.23100>.
- 12) Sriyono, E. (2012) ‘Analisis debit banjir rancangan rehabilitasi situ sidomukti’, *Jurnal Teknik*, 2(2), pp. 78–87.