

PERENCANAAN SALURAN DRAINASE DAN PENERAPAN *ECODRAINAGE* PADA PROYEK PEMBANGUNAN PERUMAHAN GRAND CLARYSA LUMAJANG

Sifa Salihanura¹, Winda Harsanti², Sutikno³

Mahasiswa D-IV Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³
s.salihanura@gmail.com¹, wharsanti@gmail.com², Sutikno.civil@gmail.com³

ABSTRAK

Dengan adanya perubahan lahan menjadi pemukiman di proyek pembangunan perumahan Grand Clarysa Lumajang, perlu adanya pembangunan fasilitas penunjang berkelanjutan, salah satunya yaitu drainase yang menerapkan *ecodrainage* berupa panen air hujan. Fungsi dari panen air hujan untuk menghasilkan wilayah bebas banjir dan menghasilkan sumber air selain air tanah untuk menunjang keperluan sehari-hari. Penelitian ini menggunakan metode rata-rata aljabar untuk menentukan curah hujan rata-rata, distribusi gumbel digunakan untuk menentukan curah hujan rancangan menggunakan kala ulang 2 tahun, menghitung intensitas curah hujan menggunakan metode mononobe dan debit banjir menggunakan metode rasional. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh curah hujan rancangan menggunakan metode gumbel dengan kala ulang 2 tahun sebesar 70,829 mm/hari, debit banjir rancangan menggunakan metode rasional terbesar 0,041 m³/detik dengan perencanaan saluran drainase berbentuk persegi berbahan batu bata dengan ukuran minimal lebar 0,3 m dan tinggi 0,1 m, ukuran maksimal lebar 0,4 m dan tinggi 0,6 m. Untuk hasil penerapan *ecodrainage* berupa panen air hujan pada atap ukuran 6x5 m menghasilkan air sebanyak 0,00201 m³/detik. Direncanakan hasil panen air hujan ditampung sebanyak 1000 liter, sehingga menghasilkan limpasan sebanyak 0,001647 m³/detik. Estimasi biaya yang diperlukan untuk perencanaan saluran drainase dan penerapan *ecodrainage* ini sebesar Rp. 2.194.708.584,55.

Kata kunci : Panen Air Hujan, Perencanaan Drainase, Perumahan

ABSTRACT

With the change of land in to Grand Clarysa housing project, it is necessary to build sustainable supporting facilities, drainage with the application of ecodrainage in the form of rainwater harvesting is one way to produce flood-free areas and produce water sources other than ground water to support daily needs. Algebraic average method are use to calculate the average rainfall, gumbel distribution are use to determine the type of distribution using a with a return period of 2 years, the mononobe method is used to calculate the design flood discharge and the water discharge system using the rational method. The rainfall intensity is 70.829 mm/day, the largest design flood discharge is 0.041 m³/second with the planning of a rectangular drainage channel made of bricks with a minimum size of 0.3 m wide and 0.1 m high, the maximum size of the width is 0, 4 m high and 0.6 m. For the results of the application of ecodrainage in the form of rainwater harvesting on a roof measuring 6x5 m, it produces water as much as 0.00201 m³/second and accommodates as much as 1000 liters, the resulting runoff is 0.001647 m³/second. The estimated cost required for drainage channel planning and ecodrainage implementation is Rp. 2,194,708,584.5

Keywords : Drainage Planning, Housing, Rainwater Harvesting

1. PENDAHULUAN

Badan Pusat Statistik Kabupaten Lumajang mencatat jumlah penduduk pada Kecamatan Lumajang, Kabupaten Lumajang, mengalami tren peningkatan dari tahun ke tahun.

Pada tahun 2018 penduduk Kecamatan Lumajang berjumlah 91.967 jiwa, pada tahun 2019 mengalami peningkatan 1.351 jiwa sehingga berjumlah 93.318 jiwa, sedangkan pada tahun 2020 mengalami peningkatan 1.340, sehingga jumlah

penduduk pada tahun 2020 berjumlah 94.658 jiwa. Pertambahan jumlah penduduk, ini berdampak pada kenaikan permintaan akan lahan di kawasan pemukiman.

Drainase merupakan salah satu fasilitas umum yang memegang peranan penting dalam kehidupan sehari-hari. Drainase merupakan salah satu komponen penting dalam perencanaan tata ruang wilayah, dan perlu direncanakan sesuai kebutuhan untuk memperoleh fungsi dan manfaat yang sesuai.

Proyek pembangunan perumahan untuk memenuhi permintaan penambahan kawasan pemukiman ini mengakibatkan terjadinya peralihan fungsi lahan pertanian menjadi pemukiman sebesar 7,5 Ha yang terjadi di Kelurahan Jogoyudan ini. Pengadaan pemukiman pada daerah ini memberikan fasilitas sumber air tanah karena pada daerah lokasi tersebut belum tersedia sumber air PDAM. Perencanaan saluran drainase dan inovasi panen air hujan yang optimal pada perencanaan pembangunan Perumahan Grand Clarysa ini untuk menunjang keberhasilan pembangunan dan menambah cadangan sumber air.

2. METODE

Pada penelitian ini, beberapa langkah yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Penentuan lokasi studi yang berada di proyek pembangunan perumahan Grand Clarysa Lumajang.
- b. Pengumpulan data primer (survey lokasi untuk mendapat selisih elevasi tanah) dan data sekunder (peta topografi, peta situasi Perumahan Grand Clarysa, denah tipe rumah, HSPK Kabupaten Lumajang tahun 2022).
- c. Melakukan uji konsistensi, perhitungan curah hujan daerah, perhitungan nilai kepuncakan dan nilai kepencengan (Cs dan Ck), perhitungan curah hujan rancangan dengan kala ulang 2 tahun, perhitungan uji kesesuaian distribusi, perhitungan debit banjir rencana, perhitungan volume panen air hujan yang dapat ditampung dari atap berukuran 6x5 m.
- d. Melakukan perhitungan limpasan hasil panen air hujan yang akan dialirkan ke saluran.
- e. Melakukan perhitungan dan penggambaran dimensi saluran
- f. Melakukan perhitungan rencana anggaran biaya yang diperlukan

Uji Konsistensi

Uji konsistensi data hujan ditujukan untuk mengukur keakuratan data lapangan menggunakan metode kurva massa ganda (*Double Mass Curve*). Pada metode ini dilakukan perbandingan antara data satu stasiun hujan dengan stasiun hujan sekitarnya (Wigati and Ichwan, 2014).

$$m = \frac{n \cdot \sum xi \cdot yi - (\sum xi)(\sum yi)}{n \cdot \sum xi - (\sum xi)^2} \tag{1}$$

Keterangan:
 m = koefisien regresi (kemiringan garis regresi)
 n = banyak data
 xi = komulatif stasiun pembanding
 yi = komulatif stasiun utama

$$F = \frac{m_1}{m_2} \tag{2}$$

Keterangan:
 F = Faktor koreksi
 m1 = gradien garis lurus
 m2 = gradien garis tidak lurus

Analisis Hujan Daerah Metode Rata-rata Aljabar

Metode Rata-rata Aljabar tepat digunakan pada daerah yang memiliki topografi datar dengan posisi stasiun hujan yang tersebar merata di area tersebut dengan hasil penakaran pada setiap stasiun hujan tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh stasiun hujan di seluruh area (Sosrodarsono and Takeda, 2003).

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \tag{3}$$

Keterangan:
 \bar{R} = Curah hujan rata-rata daerah (mm)
 R1, R2, Rn = Curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm)
 n = Jumlah stasiun hujan

Analisis Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah analisis berulangnya satu peristiwa hujan dengan besaran, baik frekuensi persatuan waktu maupun kala ulangnya. Untuk menentukan distribusi yang akan digunakan, perlu adanya nilai koefisien kepencengan (*skewness*) dan koefisien kepuncakan (*kurtosis*) (Basuki dkk., 2009).

Perhitungan nilai kepencengan dan kepuncakan sebagai berikut:

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

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2) \cdot Sd^3} \tag{5}$$

Keterangan:
 Cs = Koefisien kepencengan
 Ck = Koefisien kepuncakan
 n = Jumlah data
 Sd = Standar deviasi
 X = Data curah hujan (mm/hari)
 \bar{X} = Data rata-rata curah hujan (mm/hari)

Tabel 1. Nilai Cs dan Ck sesuai Nilai Distribusi

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	Cs ≈ 0 Ck = 3
Gumbel tipe I	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002
Log Person Tipe III	Cs ≠ 0
Log normal	Cs ≈ 3 Cv + Cv ² = 3 Ck = 5,383

Sumber: Badan Standardisasi Nasional 2415, 2016

Metode Distribusi Gumbel

$$d_{Rancangan} = d_r + (Y_t - Y_n) \cdot \frac{S_d}{S_n} \tag{6}$$

$$Y_t = -\ln\left(-\ln\frac{T_r-1}{T_r}\right) \tag{7}$$

Keterangan:

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

Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi digunakan untuk mengukur tingkat kesesuaian distribusi serangkaian data hujan dengan distribusi teoritis tertentu.

a. **Uji Smirnov-Kolmogorov**

$$\Delta P = |P_{empiris} - P_{teoritis}| \tag{8}$$

Keterangan:

- ΔP = Nilai *Smirnov-Kolmogorov* terhitung
- $P_{teoritis}$ = Peluang yang diharapkan
- $P_{empiris}$ = Peluang yang terbaca

b. **Uji Chi-Square**

$$X^2_{hit} = \frac{\sum_{k=1}^n (X_{empiris} - X_{teoritis})^2}{X_{teoritis}} \tag{9}$$

Keterangan:

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

Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan merupakan jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam bentuk tinggi hujan tiap satuan waktu yang dinyatakan dalam satuan mm/jam atau cm/jam.

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} \tag{10}$$

Keterangan:

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- $R24$ = Curah hujan harian maksimum (mm)
- tc = Waktu konsentrasi (jam)

Perhitungan nilai waktu konsentrasi seperti berikut:

$$tc = t_0 + t_d \tag{11}$$

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{n}{\sqrt{s}}\right)^{0,167} \tag{12}$$

$$t_d = \frac{Ls}{60vd} \tag{13}$$

Keterangan:

- t_0 = Waktu yang diperlukan air hujan menuju ke dalam saluran (menit)
- t_d = Waktu yang diperlukan air dari hulu menuju ke hilir saluran (menit)

- L_o = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)
- n = Koefisien hambatan (manning)
- S = Kemiringan lahan (%)
- Ls = Panjang lintasan aliran pada saluran (m)
- vd = Kecepatan aliran rencana pada saluran (m/detik)

Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan adalah perkiraan debit banjir terbesar yang akan terjadi pada suatu daerah dengan peluang kejadian tertentu menurut (Sriyono, E. 2012)

$$Q = C \times I \times A \tag{14}$$

Keterangan:

- Q = Debit banjir (m³/detik)
- C = Koefisien pengaliran
- A = Luas DAS (m²)
- I = Intensitas hujan (m/detik)

Ecodrainage berupa Panen Air Hujan

Panen air hujan bertujuan untuk mengolah kelebihan air dengan memaksimalkan penyerapan air secara alami ke dalam tanah. Sistem drainase ekologis dapat menjadi solusi yang efektif untuk masalah air ketika beberapa faktor dipertimbangkan dan direncanakan dengan hati-hati.

Pada perencanaan panen hujan pada penelitian ini dilakukan pada atap rumah berukuran 6x5 m. Hasil panen air hujan akan disalurkan ke toren, sehingga menghasilkan limpasan yang akan disalurkan ke drainase.

Perhitungan Kapasitas dan Dimensi Saluran

Kapasitas saluran dihitung berdasarkan besarnya debit yang direncanakan. Dimensi saluran direncanakan sesuai dengan teori hidrolika dan ketentuan keamanan yang telah ditetapkan. Untuk parameter dimensi saluran ditentukan berdasarkan bentuk saluran drainase yang akan digunakan.

Rumus unsur-unsur geometris penampang persegi sebagai berikut:

$$A = b \times h \tag{15}$$

$$P = b + 2h \tag{16}$$

$$R = A/P \tag{17}$$

Keterangan:

- A = luas penampang saluran (m²)
- P = keliling basah saluran (m)
- R = jari-jari hidrolis (m)

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

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \tag{18}$$

$$Q = V \times A \tag{19}$$

$$S = \frac{\Delta y}{L} \tag{20}$$

Keterangan:

- Q = Debit saluran (m³/dt)
- V = Kecepatan aliran (m/dt)
- A = Luas penampang basah (m²)

- R = Jari-jari hidrolis = $\frac{A}{P}$ (m)
- n = Koefisien kekasaran manning
- S = Kemiringan saluran
- Δy = Beda tinggi (m)
- L = Panjang saluran (m)

Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan adalah jarak vertikal atau ketinggian yang diukur dari permukaan air maksimum sampai permukaan tanggul saluran atau muka tanah. Cara ini ditujukan untuk mencegah kenaikan muka air yang berlebih ke tepi (SNI,2011:108) dalam (Krisnayanti dkk., 2017).

$$w = \frac{1}{3}h \tag{21}$$

$$H = h + w \tag{22}$$

Keterangan:

- w = Tinggi jagaan (m)
- h = Kedalaman air yang tergenang (m)
- H = Tinggi total (m)

Kontrol

- a. Kecepatan
Kecepatan aliran perencanaan harus memenuhi kecepatan izin maksimum dan kecepatan izin minimum.
Vmin = 0,2 - 0,6 m/detik
Vmax
- Pasangan batu: 2 m/detik
- Pasangan beton: 3 m/detik

- b. Jenis aliran
Aliran saluran terbuka diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis yang berbeda menurut beberapa hal diantaranya berdasarkan nilai dari bilangan *froude*. Bilangan *froude* adalah perbandingan antara gaya inersia dengan gaya gravitasi, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \tag{23}$$

Keterangan:

- Fr = Bilangan froude
- V = Kecepatan aliran (m/detik)
- g = Gaya grafitasi (m/detik²)
- h = Kedalaman aliran (m)
- Fr = 1 (Aliran kritis)
- FR < 1 (Aliran subkritis)
- Fr > 1 (Aliran superkritis)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan saluran drainase dan penerapan *Ecodrainage* berupa Panen Air Hujan ini berlokasi di proyek pembangunan Perumahan Grand Clarysa Kabupaten Lumajang.

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 (2011-2020).

Tabel 2. Data Hujan Komulatif 3 Stasiun

No	Tahun	Stasiun		
		Wonokerto	Sukodono	Kedungsaku
1	2020	1878	2243	2029
2	2019	1413	1656	1469
3	2018	1565	1832	1730
4	2017	1411	1654	1463
5	2016	2956	2855	2365
6	2015	1212	1091	1960
7	2014	1200	1212	1132
8	2013	2411	2301	2245
9	2012	1444	1231	1128
10	2011	1875	2068	1957

Sumber : Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum, 2013

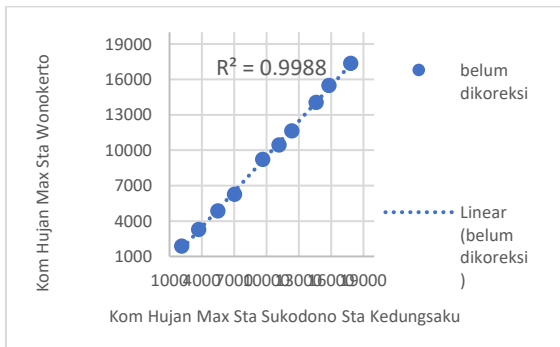
Uji Konsistensi

Uji Konsistensi dilakukan untuk mengukur keakuratan data lapangan. Uji konsistensi dilakukan pada tiga stasiun hujan (Sta. Wonokerto, Sta. Sukodono, Sta. Kedungsaku) menggunakan data hujan komulatif. Seperti hasil perhitungan uji konsistensi pada Stasiun Wonokerto sebagai berikut:

Tabel 3. Uji Konsistensi Stasiun Wonokerto

Tahun	Stasiun Wonokerto					
	dx	kum dx	Stasiun Sukodono	Stasiun Kedungsaku	rata2	komulatif
2020	1878	1878	2243	2029	2136	2136
2019	1413	3291	1656	1469	1562.5	3699
2018	1565	4856	1832	1730	1781	5479.5
2017	1411	6267	1654	1463	1558.5	7038
2016	2956	9223	2855	2365	2610	9648
2015	1212	10435.2	1091	1960	1525.5	11173.5
2014	1200	11635.2	1212	1132	1172	12345.5
2013	2411	14046.2	2301	2245	2273	14618.5
2012	1444	15490.2	1231	1128	1179.5	15798
2011	1875	17365	2068	1957	2012.5	17810.5

Sumber: Perhitungan



Gambar 1. Kurva Massa Ganda Sta. Wonokerto Sebelum Dikoreksi

Dengan menggunakan formula pada *microsoft excel* dapat dihitung nilai slope sebagai berikut:

$$M1 = 1,029 \text{ (Hasil slope tahun 2011-2017)}$$

$$M2 = 0,893 \text{ (Hasil slope tahun 2017-2020)}$$

Data tahun 2011-2017 adalah data yang tidak mengalami kepengcengan pada Gambar 1

Data tahun 2018-2020 adalah data yang mengalami kepengcengan pada Gambar 1

Diambil contoh perhitungan pada tahun 2020

$$dx_{2020} = 1.878$$

$$M1/M2 = F$$

$$F = \frac{1,029}{0,893}$$

$$F = 1,152$$

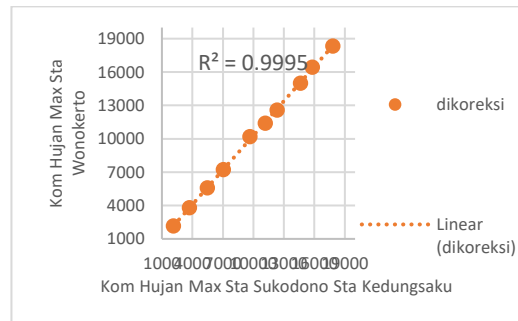
Maka dx_{2020} koreksi = $1.878 \times 1,152 = 2163,930 \text{ mm}$

Tabel 4. Tabel Data Hujan Stasiun Wonokerto setelah dikoreksi

Tahun	Sta Wonokerto Koreksi	
	dx	Kum
2020	2163.930	2163.930
2019	1628.133	3792.063
2018	1803.275	5595.339
2017	1625.828	7221.167
2016	2956	10177.167
2015	1212	11389.367
2014	1200	12589.367
2013	2411	15000.367
2012	1444	16444.367
2011	1875	18319.367

Sumber : Perhitungan

Dilakukan koreksi data hujan pada tahun 2020, 2019 dan tahun 2018.



Gambar 2. Kurva Massa Ganda Sta. Wonokerto setelah dikoreksi

Hasil koreksi data hujan hanya dilakukan pada tahun yang mengalami kepengcengan, setelah dilakukan koreksi menggunakan angka koreksi, dapat dilakukan Uji Kurva Massa Ganda dan mengecek apakah masih mengalami kepengcengan (ditunjukkan oleh koefisien determinasi yang dihasilkan lebih mendekati 1).

Pada pengujian Stasiun Sukodono terhadap Stasiun Wonokerto dan Stasiun Kedungsaku menghasilkan angka koreksi sebesar 0,921, untuk hasil pengujian Stasiun Kedungsaku terhadap Stasiun Wonokerto dan Stasiun Sukodono menghasilkan angka koreksi sebesar 1,076.

Curah Hujan Rata-rata Daerah

Perhitungan curah hujan daerah menggunakan data curah hujan maksimum dalam satu tahun seperti tabel 6 berikut:

Tabel 5. Curah hujan rata-rata

Stasiun Wonokerto 2017-2020	Stasiun Sukodono 2019-2020	Stasiun Kedungsaku 2017-2020
95.000	116.000	119.000
65.000	116.000	88.000
105.000	88.000	77.000
70.000	87.000	85.000
65.000	59.000	119.000
89.000	92.000	88.000
107.159	79.000	91.483
111.769	91.000	96.864
107.159	72.730	91.483
95.637	84.698	102.245

Sumber: Perhitungan

Curah Hujan Rancangan

Pada perhitungan curah hujan rancangan ditentukan menggunakan distribusi yang disesuaikan dengan nilai Cs

dan Ck yang diperoleh. Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai Cs = -1,184 dan nilai Ck = 2,21, sehingga curah hujan rancangan menggunakan metode Gumbel Tipe I. Dengan kala ulang 2 tahun dan jumlah data 10 tahun, diperoleh hasil Reduce Variate (Yn) = 0,4952, dan Reduce Variate Standart Devisiation (Sn) = 0,9496 sehingga didapatkan nilai drancangan seperti berikut ini:

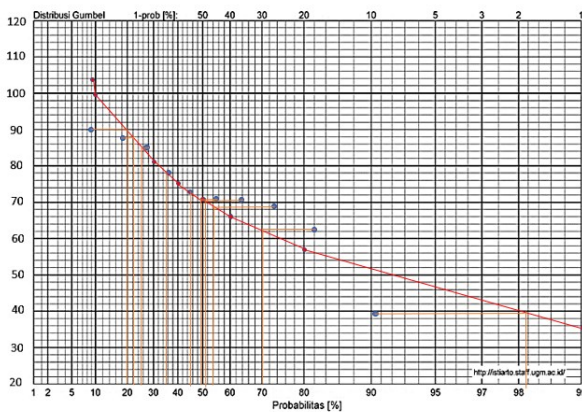
$$d_{\text{rancangan}} = d_{\text{rata-rata}} + (Y_t - Y_n) \cdot \frac{S_d}{S_n}$$

$$d_{\text{rancangan}} = 72,82 + (0,37 - 0,4952) \cdot \frac{14,65}{0,9496}$$

$$= 70,82924 \text{ mm/hari}$$

Uji kesesuai Distribusi

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



Gambar 3. Grafik Uji Simpangan Horizontal

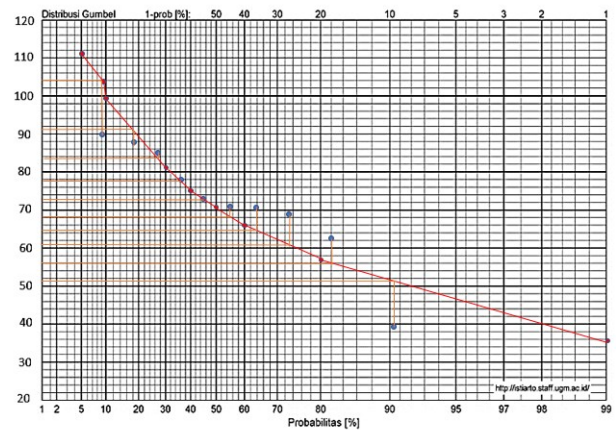
Tabel 6. Uji Simpangan Horizontal

No	X empiris	P empiris	P Teoritis	ΔP
1	89.891	9.09%	19%	9.91%
2	88.333	18.18%	22%	3.82%
3	85.000	27.27%	25%	2.27%
4	78.333	36.36%	35%	1.36%
5	73.000	45.45%	45%	0.45%
6	71.161	54.55%	49%	5.55%
7	71.000	63.64%	51%	13.14%
8	69.071	72.73%	54%	18.73%
9	62.694	81.82%	70%	11.82%
10	39.667	90.91%	98%	7.27%
			max	18.73%

Sumber : Perhitungan

Dengan nilai N = 10, nilai α = 0,05, derajat kepercayaan *smirnov-kolmogorov* yang diperoleh adalah 41% atau 0,41, dan berdasarkan hasil tabel 7, ΔP maksimum sebesar 18,73%. Syarat Uji Simpangan Horizontal dinyatakan sesuai adalah jika ΔP < 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:



Tabel 7. Uji Simpangan Vertikal dengan Metode Chi-Square

No	X empiris	P empiris	X Teoritis	x2 hit
1	89.891	9.09	104	1.91
2	88.333	18.18	91	0.08
3	85.000	27.27	83.5	0.03
4	78.333	36.36	77.5	0.01
5	73.000	45.45	73	0.00
6	71.161	54.55	68.5	0.10
7	71.000	63.64	65	0.55
8	69.071	72.73	61	1.07
9	62.694	81.82	55.5	0.93
10	39.667	90.91	51.5	2.72
			Jumlah	7.40

Dengan N = 10, nilai α = 0,05, Dk = 7. Nilai kritis untuk uji *Chi-Square* yang diperoleh adalah 14,067. Syarat uji simpangan vertical dinyatakan telah sesuai apabila x²_{hit} < x²_{tabel}, dan berdasarkan tabel 8, hasil x² total adalah 7,40, maka hasil pengujian simpangan vertical 7,40 < 14,067 dinyatakan **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 dapat dilakukan menggunakan metode mononobe seperti contoh perhitungan pada saluran 1-2 pada tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 8. Tabel Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Sumber	L_o	N_o	S_o	t_o	L_d	V_d	t_d	t_c	R	I		
	m			menit	m	m/dt	menit	menit	mm/hari	mm/jam	m/detik	
Jalan	8	0.015	0.02	1.109	52.5	1.5	0.583	1.692	0.028	70.829	265.031	0.000074
Rumah	10	0.1	0.01	1.674	36	1.5	0.400	2.074	0.035	70.829	231.407	0.000064
genteng	5	0.1	0.133	1.201	6	1.5	0.067	1.268	0.021	70.829	321.298	0.000089
taman	10	0.2	0.01	1.879	16.5	1.5	0.183	2.063	0.034	70.829	232.247	0.000065

Sumber: perhitungan

Dengan penjabaran perhitungan intensitas curah hujan menggunakan data curah hujan rancangan $R_{24} = 70,82924$ mm/hari sebagai berikut:

Menentukan perhitungan waktu konsentrasi yang dibutuhkan (t_c), sebagai contoh perhitungan t_c pada pemukiman dengan data berikut:

$L_o = 10$ m (Lebar Rumah)

$L_d = 36$ m (Panjang rumah dalam satu ruas saluran yang direncanakan)

$N_d = 0,1$ (tabel 2.10)

$S = 1\%$ (kemiringan pemukiman umumnya 1%)

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

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

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 10 \times \frac{0,1}{\sqrt{0,01}} \right)^{0,167} = 1,674 \text{ menit}$$

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

$$t_c = t_o + t_d = 1,674 + 0,4 = 2,074 \text{ menit} = 0,035 \text{ jam}$$

a. Intensitas Curah Hujan Pemukiman

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = \frac{70,82924}{24} \left(\frac{24}{0,035} \right)^{\frac{2}{3}} = 231,407 \text{ mm/jam} = 0,000064 \text{ mm/detik}$$

b. Intensitas Curah Hujan Jalan

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = \frac{70,82924}{24} \left(\frac{24}{0,028} \right)^{\frac{2}{3}} = 265,031 \text{ mm/jam} = 0,000074 \text{ mm/detik}$$

c. Intensitas Curah Hujan Taman

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = \frac{70,82924}{24} \left(\frac{24}{0,034} \right)^{\frac{2}{3}} = 232,247 \text{ mm/jam} = 0,000065 \text{ mm/detik}$$

d. Intensitas Curah Hujan Genteng

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = \frac{70,82924}{24} \left(\frac{24}{0,021} \right)^{\frac{2}{3}} = 321,298 \text{ mm/jam} = 0,000089 \text{ mm/detik}$$

Untuk perhitungan intensitas curah hujan dari masing-masing area banjir dapat disesuaikan pada panjang wilayah pengalir yang dihitung, sehingga menghasilkan perhitungan intensitas curah hujan minimal sebesar 0,000053 mm/detik dan intensitas curah hujan maksimal sebesar 0,000100 mm/detik.

Debit Banjir Rancangan

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

Pemukiman = 0,6

Jalan = 0,7

Taman = 0,1

Genteng = 0,75

$Q = C \times I \times A$

Q Pemukiman = $0,6 \times 0,000064 \times 360 = 0,01388 \text{ m}^3/\text{detik}$

Q Jalan = $0,7 \times 0,000074 \times 420 = 0,02164 \text{ m}^3/\text{detik}$

Q Taman = $0,1 \times 0,000065 \times 165 = 0,00106 \text{ m}^3/\text{detik}$

Q Genteng = $0,75 \times 0,000089 \times 30 = 0,00201 \text{ m}^3/\text{detik}$

Untuk perhitungan debit banjir dapat disesuaikan pada luasan wilayah pengalir yang dihitung, sehingga menghasilkan perhitungan minimal sebesar 0,000009 m^3/detik , dan perhitungan maksimal sebesar 0,031 m^3/detik .

Perhitungan Limpasan Panen Air Hujan

Asumsi pemakaian air dalam toren sebesar 50% dari kebutuhan air bersih 4 orang / rumah

kebutuhan air = 150 liter per orang/hari

Asumsi tandon yang digunakan kapasitas 1000 liter

Q panen air hujan = Q Genteng

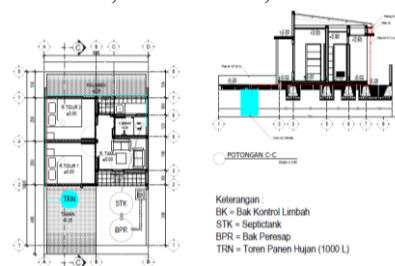
Q panen air hujan = $0,00201 \text{ m}^3/\text{dt}$

$$= 7.229,2159 \text{ liter/hari}$$

Q sisa konsumsi = $7.229,2159 - 300 = 6.929,22 \text{ liter}$

Q air limpasan = $6.929,22 - 1000 = 5.929,22 \text{ liter/hari}$

$$= 1,65 \text{ liter/dt} = 0,001647 \text{ m}^3/\text{dt}$$



Dimensi Saluran

Dimensi saluran direncanakan dengan bahan bata ringan dengan bentuk saluran persegi. Dari hasil perhitungan yang diperoleh, dimensi terkecil yang diperoleh memiliki lebar 0,3 meter dan tinggi 0,1 meter. Dimensi terbesar yang diperoleh memiliki lebar 0,4 meter dan tinggi 0,6 meter. Contoh perhitungan perencanaan dimensi pada saluran 8-2 seperti diuraikan berikut ini:

Elevasi awal = + 47,55

Elevasi akhir = + 47,30

Panjang saluran rencana = 54 m

Nd = 0,013

b = 0,4

a. kemiringan rencana saluran

$$S = \frac{\text{elevasi awal} - \text{elevasi akhir}}{Ld} = \frac{47,55 - 47,30}{54} = 0,005$$

b. Luas penampang

$$A = b \times h = 0,4 \times h = 0,4h \text{ m}^2$$

c. keliling basah

$$P = b + 2h = (0,4 + 2h) \text{ m}$$

d. Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,4h}{0,4 + 2h}$$

e. Kecepatan aliran

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

f. Debit saluran rencana

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

g. Perhitungan h saluran yang memenuhi

$$Q \text{ rencana} \leq Q \text{ hitung}$$

$$0,1009 \leq \left(\frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,4h}{0,4 + 2h}\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0,005}\right) \times 0,4h$$

$$0,1009 \leq 5,439 \times \left(\frac{0,4h}{0,4 + 2h}\right)^{\frac{2}{3}} \times (0,4h)$$

$$h \leq 0,225 \text{ m}$$

h. Kontrol kecepatan saluran

$$V = \frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,4 \times 0,225}{0,4 + 2 \times 0,225}\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0,005} = 1,171 \text{ m/dt}$$

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

$$0,6 \text{ m/dt} \leq 1,171 \text{ m/dt} \leq 3 \text{ m/dt (Memenuhi)}$$

i. Kontrol bilangan Froude

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} = \frac{1,171}{\sqrt{9,81 \times 0,225}} = 0,789$$

j. Perhitungan tinggi jagaan

$$w = \frac{1}{3} h = \frac{1}{3} 0,225 = 0,075$$

k. Perhitungan H saluran yang direncanakan

$$H = h + w = 0,225 + 0,075 = 0,3$$

Rencana Anggaran Biaya

Biaya yang diperlukan untuk merencanakan saluran drainase dan penerapan *ecodrainage* berupa panen air hujan sebesar Rp. 2.194.708.584,55.

Penjadwalan

Waktu yang diperlukan untuk penjadwalan saluran drainase berdasarkan perhitungan didapat 76 hari. Berikut merupakan kurva s penjadwalan perencanaan ulang saluran drainase.

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Meter	Volume	Beban (%)	Produktivitas	Jumlah Pekerja	Durasi	Juli				Agustus				September				
								1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	PEMBUATAN PERENCANAAN																			
a	Pembuatan Laporan	17.766.631,25	4830,50	0,014	16,67	15,00	20,00	0,005	0,005											
b	Pembuatan Perhitungan	24.082.294,00	632,50	0,015	16,67	15,00	20,00	0,005	0,005											
2	PEMBUATAN TANAH																			
a	Cadangan Tanah	15.657.527,00	402,51	0,022	1,48	21,00	24,00	0,007	0,007	0,007	0,007									
b	Uraian Pagar	17.011.625,50	288,77	0,022	3,33	15,00	18,00					0,010	0,010							
c	Uraian Kandang	9.291.174,80	298,50	0,005	3,00	10,00	10,00					0,002	0,002							
3	PEMBUATAN SANGKAP																			
a	Pembuatan Sisa Batu	76.763.764,50	888,10	0,010	3,33	15,00	17,00					0,01	0,01							
b	Pembuatan	2.413.511,00	77,00	0,001	2,40	3,00	10,00					0,000	0,001							
4	PEMBUATAN SALURAN PRAKTIKAL																			
a	Pembuatan Salu (Kulor #400)	210.117.227,50	710,00	0,110	6,67	1,00	11,00					0,04	0,04	0,04	0,04					
5	PNOM AIR HUJAN																			
a	Talang Air	148.526.932,50	2620,00	0,076	6,67	15,00	20,00	0,02	0,02	0,02	0,02									
b	Pipa Air 2"	141.628.426,11	4700,00	0,014	10,70	15,00	20,00				0,007									
c	Terdapat Pipa Perbaikan	1.206.903.750,00	470,00	0,122	6,67	2,00	10,00				0,13	0,13	0,13	0,13						
d	Pipa Air 12"	148.136.502,34	6833,00	0,076	10,70	15,00	40,00								0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total Biaya Pelaksanaan								1.950.851.079,15												
PPH 22%								429.187.227,41												
Total Biaya Pelaksanaan + PPH 22%								2.379.998.306,56												

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan saluran drainase dan penerapan *ecodrainage* berupa panen air hujan pada proyek pembangunan Perumahan Grand Clarysa Lumajang, dapat disimpulkan bahwa:

1. Debit rancangan yang dihasilkan dengan perhitungan kala ulang 2 tahun bervariasi, mulai dari 0,0029 m³/detik hingga 0,2072 m³/detik.
2. Debit panen air hujan yang dihasilkan dari atap ukuran 6x5 m sebanyak 0,00201 m³/detik, dengan limpasan sebanyak 0,001647 dalam asumsi hujan turun selama 1 jam/hari.
3. Perencanaan dimensi saluran bervariasi, dengan dimensi terkecil yang diperoleh memiliki lebar 0,3 meter dan tinggi 0,1 meter. Dimensi terbesar yang diperoleh memiliki lebar 0,4 meter dan tinggi 0,6 meter.
4. Biaya yang diperlukan untuk merencanakan saluran drainase dan penerapan *ecodrainage* berupa panen air hujan sebesar Rp. 2.194.708.584,55 dengan durasi pelaksanaan selama 76 hari.

Daftar Pustaka

[1] Basuki, Winarsih, & Adhyani (2009) 'ANALISIS PERIODE ULANG HUJAN MAKSIMUM DENGAN BERBAGAI METODE (RETURN PERIOD ANALYZE MAXIMUM RAINFALL WITH THREE METHOD)', *Agromet*, 23(2), p. 76.

[2] Krisnayanti, D. S. et al. (2017) 'Perencanaan drainase kota Seba', *Jurnal Teknik Sipil*, VI(1), pp. 89–102.

[3] Sosrodarsono, S. and Takeda, K. (2003) editor: *Suybno Kensaku*. Cetakan 9. PT PRADNYA PARAMITA.

[4] Sriyono, E. (2012) 'Analisis debit banjir rancangan rehabilitasi situ sidomukti', *Jurnal Teknik*, 2(2), pp. 78–87.

[5] Wigati, R. and Ichwan, R. (2014) 'Teknologi sumur resapan dalam kajian pemaparan hidrograf banjir Sub Das Ciujung', *Fondasi*, 3(1), pp. 12–23.