

**Kajian Evaluasi Sistem Drainase Perkotaan
(Studi Kasus : Dusun Krajan, Kelurahan Ambulu, Kecamatan Ambulu,
Kabupaten Jember)**

***Urban Drainage System Evaluation Study of Dusun Krajan, Kelurahan Ambulu,
Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember***

Arisda Maryama Santikanuri¹, Nanang Saiful Rizal^{2*}, Adhitya Surya Manggala³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : arisda9393@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember* Koresponden Author

Email : nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id

³ Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : m4ngg4la@gmail.com

Abstrak

Drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat manusia. Dalam bahasa Indonesia, drainase bisa merujuk pada parit di permukaan tanah atau gorong – gorong dibawah tanah. Drainase berperan penting untuk mengatur suplai air demi pencegahan banjir. Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Di Dusun Krajan, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember lebih tepatnya Jl A Yani sering terjadi banjir yang dapat mengganggu pengguna jalan. Tujuan penelitian adalah untuk mengevaluasi sistem drainase yang berada pada Jalan A Yani. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa dari 43 jumlah saluran yang berada pada kriteria baik hanya 10 saluran saja dengan menggunakan kala ulang 2 tahun dan penampang saluran tidak dapat menampung debit. Sehingga tinggi air melebihi penampang eksisting yang dianalisa menggunakan aplikasi HEC-RAS. Dengan bobot nilai kinerja sistem drainase untuk eksisting sebesar 23,3 %.

Keywords: *Drainase, saluran, penampang, debit.*

Abstract

Drainage is an arch or channel of water on the surface or under the ground, either naturally formed or man-made. In Indonesian, drainage can refer to a trench on the ground or an underground culvert. Drainage plays an important role in regulating water supply for flood prevention. Drainage has the meaning of draining, draining, dumping, or diverting water. In Krajan Hamlet, Ambulu District, Jember Regency, more precisely on Jl A Yani, floods often occur which can disturb road users. The purpose of the study was to evaluate the drainage system on Jalan A Yani. The results showed that of the 43 channels that were in good criteria, only 10 were using a 2-year return period and the channel cross-section could not accommodate the discharge. So that the water level exceeds the existing cross section which was analyzed using the HEC-RAS application. With the weight value of the drainage system performance for the existing of 23.3%.

Keywords: *Drainage, channel, cross section, discharge.*

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat manusia. Dalam bahasa Indonesia, drainase bisa merujuk pada parit di permukaan tanah atau gorong – gorong dibawah tanah. Drainase berperan penting untuk mengatur suplai air demi pencegahan banjir. Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. (Suripin,2004)

Kelurahan Ambulu secara geografis terletak di Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember merupakan bagian dari wilayah Provinsi Jawa Timur, mempunyai batas wilayah antara lain sebelah barat berbatasan dengan Kelurahan Tegalsari, sebelah utara berbatasan dengan Kelurahan Karang Anyar, sebelah timur berbatasan dengan Kelurahan Pontang, dan sebelah selatan berbatasan dengan Kelurahan Sabrang. Kelurahan Ambulu memiliki luas 5,02 km². Yang secara geografi terletak pada 8°20'57,87" S dan 113°36'45,58" E. Kelurahan Ambulu memiliki kepadatan penduduk 14,517/jiwa/KM² dengan jumlah laki-laki sebanyak 6,986/jiwa/KM² dan jumlah wanita sebanyak 7.531/jiwa/KM². (Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember).

Drainase di Dusun Krajan, Keluran Ambulu. Kecamatan Ambulu saat musim hujan akan terjadi genangan yang berada pada ruas Jalan A. Yani, Dusun Krajan, Kelurahan Ambulu, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember. Menurut Jember 1 TV dalam sekilas Berita Jember terjadinya genangan cukup parah terjadi pada bulan maret 2021. Genangan yang berada pada jalan akan mengganggu lalu lintas pengguna jalan dalam melakukan aktivitas sehari-hari dan jika masalah ini tidak kunjung mendapatkan respon maka akan menimbulkan masalah seperti kerusakan jalan yang

mengakibatkan kecelakaan. terjadinya banjir pada musim hujan dan jika pada musim kemarau jalan rusak akan mengakibatkan polusi udara yaitu debu.

Dalam penelitian ini akan dilakukan evaluasi terhadap sistem drainase yang mengalir di kawasan Jl. A Yani, Dusun Krajan, Kelurahan Ambulu, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember. Agar diketahui permasalahan sesungguhnya yang menyebabkan terjadinya genangan air serta perlu adanya pemeliharaan drainase dari sampah dan endapan yang terjadi agar drainase dapat menyalurkan air dengan baik.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan. Adapun permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana menginventarisasi kondisi eksisting sistem drainase di kawasan Dusun Krajan Kelurahan Ambulu Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember?
2. Berapa menghitung jumlah debit yang terjadi disetiap saluran pada sistem drainase di kawasan Dusun Krajan Kelurahan Ambulu Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember?
3. Bagaimana menganalisa kinerja sistem drainase dalam menampung debit banjir di kawasan Dusun Krajan Kelurahan Ambulu Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember?
4. Bagaimana mengevaluasi sistem drainase agar mampu mengatasi permasalahan banjir di kawasan Dusun Krajan Kelurahan Ambulu Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Tidak membahas RAB.
2. Lingkup yang diamati atau penelitian hanya berada pada sistem drainase yang ada dikawasan Dusun Krajan Kelurahan Ambulu Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember

3. Menghitung debit rencana yang didasarkan pada analisa hidrologi dari data curah hujan yang ada.

D. Tujuan

Dengan Memperhatikan latar belakang dan permasalahan yang terjadi maka tujuan studi adalah:

1. Untuk menginventarisasi kondisi eksisting sistem drainase di kawasan Dusun Krajan Kelurahan Ambulu Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember
2. Untuk menghitung jumlah debit yang terjadi disetiap saluran pada sistem drainase di kawasan Dusun Krajan Kelurahan Ambulu Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember.
3. Untuk menganalisa kinerja sistem drainase dalam menampung debit banjir di kawasan Dusun Krajan Kelurahan Ambulu Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember.
4. Untuk mengevaluasi sistem drainase agar mampu mengatasi permasalahan banjir di kawasan Dusun Krajan Kelurahan Ambulu Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember

E. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penulis
Sebagai sarana untuk menerapkan pengetahuan yang diperoleh selama menempuh studi, khususnya pada materi dan perancangan sistem drainase pada suatu kawasan.
2. Bagi Akademik
Tugas Akhir ini dapat dijadikan sebagai sarana tambahan referensi di perpustakaan Universitas Muhammadiyah Jember mengenai permasalahan yang terkait dengan penulisan Tugas Akhir ini, Memberikan informasi terbaru bagi mahasiswa/mahasiswi Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember. Dan menambah wawasan dan pengalaman bagi mahasiswa/mahasiswi Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember.
3. Bagi Instansi
Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat dan himbauan atau masukan yang

teknis yang baik untuk sistem drainase kawasan di Dusun Krajan Kelurahan Ambulu Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember.

4. Bagi Pembaca
Manfaat bagi kalangan pembaca yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini adalah dapat memberikan informasi yang bermanfaat dan dapat menambah pengetahuan dan referensi bagi pembaca.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Drainase

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris yaitu drainage mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase dapat diartikan sebagai suatu tindakan teknis yang bertujuan untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, atau kelebihan air irigasi dari suatu kawasan atau lahan, sehingga fungsi kawasan atau lahan tidak terganggu (Suripin, 2004).

B. Definisi Banjir

Banjir di defenisikan sebagai tergenangnya suatu tempat akibat meluapnya air yang melebihi kapasitas pembuangan air disuatu wilayah dan menimbulkan kerugian fisik, sosial dan ekonomi (Rahayu dkk, 2009). Banjir merupakan ancaman musiman yang terjadi apabila meluapnya tubuh air dari saluran yang ada dan menggenangi wilaah sekitarnya. Banjir merupakan ancaman alam yang paling sering terjadi dan paling banyak merugikan, baik dari segi kemanusiaan maupun ekonomi (IDEP,2007).

C. Penentuan Curah Hujan

Stasiun penakar hujan hanya menunjukkan kedalaman hujan di titik mana stasiun tersebut berada, sehingga hujan di suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun pengukur yang ditempatkan secara terpencar, jumlah hujan yang tercatat di masing-masing stasiun tidak sama. Dalam analisis hidrologi sering digunakan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat

dilakukan dengan tiga metode berikut yaitu (Prameswari, 2017).

1. Metode Polygon Thiessen

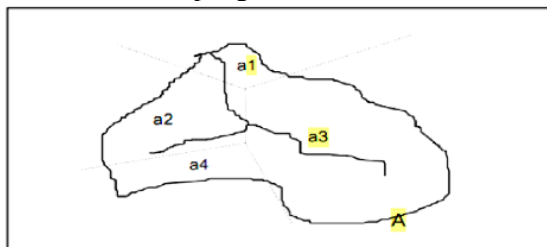
Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*) dihitung dengan cara memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos terdekat (Suripin,2004).

Cara Thiessen:

$$R = \frac{A1R1 + A2R2 + \dots + AnRn}{A1 + A2 + \dots + An} \quad (1)$$

Keterangan:

- R = curah hujan daerah
- R1, R2, Rn = curah hujan di tiap pos pengamatan
- A1, A2, An = luas daerah tiap pos pengamatan



Gambar 1 Daerah-Daerah Polygon (a1, a2, a3, a4) Yang Dibatasi Oleh Garis Putus-Putus Pada Wilayah A

Sumber : fdokumen.com

D. Analisa Frekuensi dan Probabilitas

Frekuensi hujan merupakan besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala-ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Tujuan dari analisis frekuensi dan probabilitas data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung (*independent*) dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik (Suripin, 2004).

1. Metode Gumbel

Persoalan yang utama dengan nilai-nilai ekstrim datang dari persoalan banjir (E.J Gumbel, 1941). Tujuan dari nilai-nilai ekstrim tersebut datang untuk menganalisis hasil pengamatan nilai-nilai ekstrim tersebut untuk memperkirakan nilai-nilai ekstrim berikutnya. Distribusi Gumbel banyak digunakan untuk menganalisis pada data maksimum.

Analisis frekuensi Gumbel tersebut dilakukan dalam persamaan sebagai berikut:

$$X = X + Sk \quad (2)$$

Faktor probabilitas K untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (3)$$

Keterangan:

Y_n = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel/data n

S_n = *reduced standart deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel/data n

Y_{Tr} = *reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini

$$Y_{Tr} = - \ln \left\{ - \ln \frac{Tr - 1}{Tr} \right\} \quad (4)$$

Nilai Reduced Mean, Y_n sebagai fungsi periode ulang, Reduced Standart Deviation, S_n dan Reduced Variate.

E. Uji Chi-Kuadrat

Uji chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan ini menggunakan parameter X^2 , yang dapat dihitung dengan rumus berikut (Suripin, 2004) :

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (5)$$

Keterangan:

X_h^2 = parameter chi-kuadrat.

G = jumlah sub kelompok.

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i.

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i.

F. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov–Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametik (*non parametric tes*), karena pengujinya tidak

menggunakan fungsi tertentu. Prosedurnya adalah sebagai berikut :

1. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang masing-masing data tersebut:
2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya)
3. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
4. Berdasarkan tabel nilai kritis (Smirnov-Kolmogrov test) tentukan harga Do.

G. Nilai Kinerja Sistem Drainase

Kinerja drainase adalah bagaimana hasil drainase yang sudah dibangun dapat mengatasi permasalahan genangan dan banjir. Berdasarkan rencana penyusunan drainase perkotaan yang harus diperhatikan dalam perencanaan drainase adalah aspek teknis seperti kemampuan atau kinerja drainase dalam menampung debit banjir. Bobot setiap komponen drainase disusun dengan menggunakan kriteria kinerja penilaian drainase menggunakan rumus :

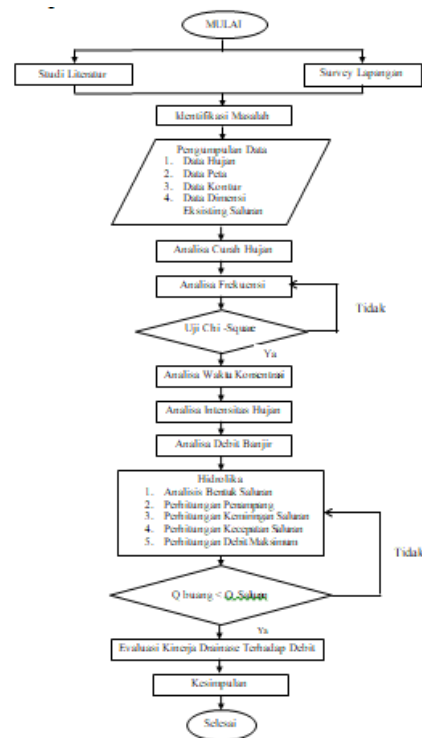
$$\text{Kriteria Presentase} = \frac{\sum \text{memenuhi}}{\sum \text{memenuhi} + \sum \text{tidakmemenuhi}} * 100\%$$

3. METODOLOGI

Pada Penelitian ini memakai data sebagai berikut:

1. Data Hujan
2. Peta Topografi
3. Peta Tata Guna Lahan
4. Data Eksisting Saluran

Adapun Flow Chart Penelitian seperti pada gambar 2 :



Gambar 2 Diagram Alur Penelitian
 Sumber : Hasil penggambaran sendiri

4. ANALISA dan PEMBAHASAN

A. Data Hujan Tahunan

Data Hujan Tahunan didapat dari jumlah total data hujan bulanan stasiun Tanjungrejo, Sabrang SB1, Sanenrejo, dan DAM Arjasa dari bulan Januari – Desember yang kemudian menjadi data hujan tahunan. Dari data tersebut dicari rata-rata hujan untuk stasiun Tanjungrejo, Sabrang SB1, Sanenrejo, dan DAM Arjasa dari tahun 2011-2020.

Tabel 5 Data Hujan Tahunan

No	Tahun	Data Hujan Tahunan
Stasiun Hujan Tanjungrejo		
1	2011	3463
2	2012	2024
3	2013	2708
4	2014	1774
5	2015	2152
6	2016	1164
7	2017	2082
8	2018	1423
9	2019	1542

10	2020	765
Stasiun Hujan Sabrang SB1		
1	2011	2279
2	2012	1363
3	2013	2835
4	2014	2192
5	2015	1282
6	2016	1308
7	2017	1844
8	2018	1328
9	2019	1696
10	2020	680
Stasiun Hujan Sanenrejo		
1	2011	1902
2	2012	1926
3	2013	1729
4	2014	1604
5	2015	2236
6	2016	1548
7	2017	2546
8	2018	1920
9	2019	2058
10	2020	1333
Stasiun Hujan DAM Arjasa		
1	2011	3363
2	2012	2207
3	2013	1729
4	2014	1604
5	2015	1421
6	2016	1158
7	2017	1920
8	2018	2426
9	2019	1789
10	2020	1674

Sumber : Perhitungan, 2022

B. Uji Konsintesi Data

Pada dasarnya, uji konsistensi data curah hujan dilakukan agar data curah hujan maksimum tahunan yang kita miliki (dari data curah hujan) dari keempat stasiun dapat terkoreksi setelah melakukan perhitungan curah hujan hilang. Sehingga data curah hujan maksimum tahunan dari keempat stasiun tersebut memiliki hubungan yang kuat.

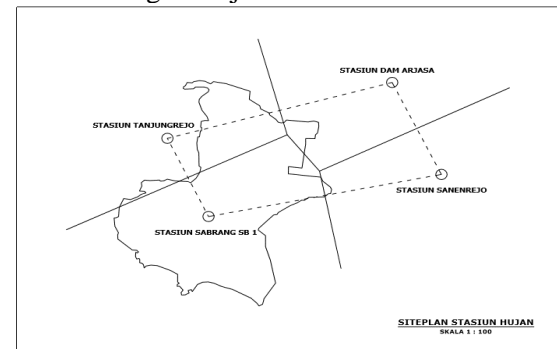
Tabel 1 Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Tanjungrejo

No	Tahun	Stasiun Perk Jatirono		Stasiun Sekitarnya	
		R1 (mm)	R1 _{Kom} (mm)	R2 (mm)	R2 _{Kom} (mm)
1	2011	3463,00	3463,00	11007,00	11007,00
2	2012	2024,00	5487,00	7520,00	18527,00
3	2013	2708,00	8195,00	9001,00	27528,00
4	2014	1774,00	9969,00	7174,00	34702,00
5	2015	2152,00	12121,00	7091,00	41793,00
6	2016	1164,00	13285,00	5178,00	46971,00
7	2017	2082,00	15367,00	8392,00	55363,00
8	2018	1423,00	16790,00	7097,00	62460,00
9	2019	1542,00	18332,00	7085,00	69545,00
10	2020	765,00	19097,00	4452,00	73997,00

Sumber : Perhitungan, 2022

C. Curah Hujan Rerata Kawasan Dengan Metode Polygon Thiessen

Metode ini disebut juga sebagai metode rata-rata timbang (weighted mean). Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh stasiun hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak antar stasiun.



Gambar 3 Polygon Thiessen

Sumber : Perhitungan, 2022

$$CH = \frac{R1 \times 1A + Rn \times An}{A1 + An}$$

Dengan:

R₁ = curah hujan di stasiun Tanjungrejo, 122 mm

R₂ = curah hujan di stasiun Sabrang SB1, 97 mm

R₃ = curah hujan di stasiun Sanenrejo, 83 mm

R₄ = curah hujan di stasiun DAM Arjasa, 83 mm

A₁ = luas areal poligon stasiun Tanjungrejo, 29,70 Km²

A₂ = luas areal poligon stasiun Sabrang SB1, 30,76 Km²

A₃ = luas areal poligon stasiun Sanenrejo,

$$A_3 = \text{luas areal poligon stasiun Tanjungrejo,} \\
 38,48 \text{ Km}^2 \\
 CH = \frac{122 \times 29,70 + 97 \times 30,76 + 83 \times 42,94 + 83 \times 38,48}{29,70 + 30,76 + 42,94 + 38,48} \\
 = 94,62 \text{ mm}$$

Tabel 2 Curah Hujan Rerata Kawasan

TAHUN 2011		
Stasiun Curah Hujan (mm)	Curah Hujan Maksimum	Curah Hujan Rerata (mm)
Stasiun Hujan Tanjungrejo	122,0	94,2
Stasiun Hujan Sabrang SB1	97,0	
Stasiun Hujan Sanenrejo	83,0	
Stasiun Hujan DAM Arjasa	83,0	

Sumber : Perhitungan, 2022

D. Analisa Frekuensi dan Distribusi Curah Hujan Rencana

Tabel 3 Metode Pemilihan Analisa Distribusi Frekuensi Data Hujan

TAHUN 2011	
Ri	94,20
P	9,09
(R _i - R)	-4,22
(R _i - R) ²	17,79
(R _i - R) ³	-75,05
(R _i - R) ⁴	316,59
Rerata	98,417
Standart Deviasi	28,483
Cs	-1,81
Ck	2,424
Cv	0,289

Sumber : Perhitungan, 2022

$$\text{Standart Deviasi (S)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R(\text{Rerata}))^2}{n-1}} \\
 = \sqrt{\frac{4845}{10-1}} \\
 = 28,483$$

$$\text{Koef Swekness (Cs)} = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (R_i - R)^3 \\
 = \frac{10}{(10-1)(10-2)28,483^3} \times (261090,15)^3 \\
 = -1,81$$

$$\text{Koefisien Kourtosis (Ck)} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - R)^4 - s^4}{s^4} \\
 = \frac{\frac{1}{10} \times 17809564,98}{23,202^4} \\
 = 2,424$$

Tabel 4 Perbandingan Syarat Distribusi dan Hasil Perhitungan

Jenis Distribusi Frekuensi	Syarat Distribusi	Hasil Perhitungan
Distribusi Gumbel	CS ≤ 1,1395 CK ≤ 5,4002	-1,81 ≤ 1,1395 2,42 ≤ 5,4002
Distribusi Log Normal	Cs = 0,942	-1,81 ≤ 0,9402
Distribusi Log-Person III	Cs = 0	-1,81 < 0
Distribusi Normal	Cs = 0	-1,81 ≠ 0

Sumber : Perhitungan, 2022

E. Distribusi Gumbel

Tabel 5 Hasil Perhitungan Gumbel Kala Ulang 2 Tahun

Yn	0,5
Sn	0,9
Yt	0,4
K	-0,1
S	28,5
X	98,4
XT/mm ³	94,6

Sumber : Perhitungan, 2022

Dari perhitungan table diatas dapat diketahui nilai Xt yaitu analisa probabilitas hujan pada periode ulang 2 tahunan yaitu sebesar 94,5636 mm, periode ulang 5 sebesar 128,5872 dll.

F. Uji Smirnov Kolmogrov

Tabel 6 Uji Smirnov Kolmogrov Tahun 2011

Tahun 2011	
n	1
X	163,20
P = m/(n+1)	0,09
P(x) = 1-P	0,91
K = (x-xret)/S	2,27
P'(x)	0,991
D = P'(x) - P(x)	0,08
Jumlah	984
Mean	98

SD	28
----	----

Sumber : Perhitungan, 2022

Dari perhitungan di atas didapat nilai Δ_{maks} sebesar $0,11 < \Delta_{cr}$ sebesar $0,4092$, maka Distribusi Gumbel dapat diterima.

G. Uji Chi-Square

Uji sebaran ini dimaksudkan untuk mengetahui distribusi-distribusi yang memenuhi syarat untuk dijadikan dasar dalam menentukan debit air rencana dengan periode ulang tertentu. Metode *Chi Square* ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$X^2_{hitung} = \sum_{i=1}^k \frac{(fe-ft)^2}{ft}$$

Dengan :

X^2_{hitung} = Harga chi-square hitung

Fe = frekuensi pengamatan kelas

Ft = frekuensi teoritis kelas

K = jumlah kelas

Tabel 7 Uji Chi-Square

Kelas	Jumlah Data	Ef	Of	Of-Ef	(Of - Ef)^2/Ef
1	60,34 - 89,73	2,5	4	1,5	0,9
2	89,73 - 119,12	2,5	3	0,5	0,1
3	119,12 - 148,51	2,5	2	-	0,1
4	148,51 - 177,9	2,5	1	-	0,9
Jumlah		8	10		2,0

Sumber : Perhitungan, 2022

Dari hasil perhitungan diatas didapat nilai X^2 sebesar $2,00$ yang kurang dari nilai X^2 pada tabel uji Chi-Kuadrat yang besarnya adalah $5,991$. Maka dari pengujian kecocokan penyebaran distribusi Gumbel dapat di terima.

H. Perhitungan Waktu Konsentrasi

Perhitungan waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$T_c = 0,0195 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,7}$$

Dengan :

T_c = Waktu konsentrasi

L = Panjang jarak dari tempat terjauh di daerah aliran sampai tempat pengamatan banjir di Saluran 1A ($99,30$ m)

ΔH = Selisih ketinggian antara tempat terjauh dan tempat pengamatan disaluran A

S = Perbandingan selisih tinggi antara tempat

terjauh dan tempat pengamatan terhadap L, yaitu $\Delta H : L$, atau sama dengan kemiringan rata-rata dari daerah aliran.
 $= 0,25 / 99,30 = 0,0025$

$$T_c = 0,0195 \left(\frac{99,30}{\sqrt{0,0025}} \right)^{0,77}$$

$T_c = 6,73$ menit

$T_c = 0,11$ jam

Tabel 8 Waktu Konsentrasi

Nama Saluran	1A
L (m)	99,30
ΔH (m)	0,25
S	0,0025
T_c (menit)	6,73
T_c (jam)	0,11

Sumber : Perhitungan, 2022

I. Intensitas Hujan Rata-Rata

Intensitas Hujan (mm/jam) dapat diturunkan dari data cuah hujan harian (mm) empiris menggunakan metode mononobe, intensitas curah hujan (I) dalam rumus rasional dapat dihitung berdasarkan rumus (loebis 1992):

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

Dengan:

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = curah hujan rancangan setempat

Curah hujan rancangan 2 tahun = $94,5636$ mm

T = lama curah hujan ($0,11$ jam)

$$I = \frac{94,5636}{24} \left(\frac{24}{0,11} \right)^{2/3}$$

$$= 89,20 \text{ mm/jam}$$

Tabel 9 Intensitas Hujan Rata-Rata

Nama Saluran	Kala Ulang Tahun	Hujan Rancangan	T_c (jam)	Intensitas (mm/jam)
1A	2	94,56	0,11	89,20
	5	128,59	0,11	109,49
	10	151,12	0,11	121,93
	25	179,58	0,11	136,79
	50	200,69	0,11	147,32
	100	221,65	0,11	157,40

Sumber : Perhitungan, 2022

J. Koefisien Tata Guna Lahan

Berdasarkan fungsi tata guna lahan, maka koefisien tata guna lahan di saluran 1A sebagai berikut :

Pemukiman Penduduk 0,40, dengan luasan 0,53 (Km²)

Perumahan 0,80, dengan luasan 0,05 (Km²)

Persawahan 0,60, dengan luasan 1,48 (Km²)

Kebun 0,40, dengan luasan 0,40 (Km²)

Perkotaan 0,70, dengan luasan 0,17 (Km²)

Dengan menggunakan rumus C_{DAS} sebagai Berikut :

$$C_{DAS} = \frac{0,53 \times 0,40 + 0,05 \times 0,80 + 1,48 \times 0,60 + 0,40 \times 0,40 + 0,17 \times 0,70}{0,32 + 0,06 + 0,01 + 0,08} = 0,51$$

Tabel 10 Koefisien Tata Guna Lahan

No	Daerah	Luas Koefisien A x B		
		A	B	C
1	Pemukiman	0,53	0,4	0,21
2	Perumahan	0,05	0,8	0,04
3	Kebun	0,40	0,2	0,08
4	Perkotaan	0,17	0,7	0,12
5	Persawahan	1,48	0,6	0,89
	Jumlah	2,63		1,34
	CDAS	0,51		

Sumber : Perhitungan, 2022

K. Debit Banjir Rencana

Persamaan Metode Rasional dengan contoh perhitungan pada saluran 1A sebagai berikut :

Dengan:

Q = Debit banjir maksimum (m³/dtk)

C = Koefisien pengaliran/limpasan tata guna lahan
 = 0,5091

I = Intensitas curah hujan rata-rata (mm/jam)
 Intensitas hujan rancangan 2 tahun
 = 89,203 mm/jam

A = Luas daerah pengaliran (km²) luas daerah DAS saluran 1A = 0,010 km²

Q = 0,2778 . C . I . A
 = 0,2778 . 0,5091 . 89,203 . 0,010
 = 0,126 m³/dtk

Tabel 11 Debit Banjir Rencana

Nama Saluran	1A
Kala Ulang/ Tahunan	2
C	0,509
I (mm/jam)	89,203
A (km ²)	0,010
Q (m ³ /detik)	0,126

Sumber : Perhitungan, 2022

L. Kemiringan Dasar Saluran

Perbandingan selisih tinggi antara tempat terjauh (ΔH) dan tempat pengamatan terhadap panjang saluran (L), yaitu $\Delta H / L$. Penentuan kemiringan dasar saluran diusahakan mengikuti kemiringan permukaan kontur tanah didaerah rencana. Contoh perhitungan pada saluran 1A dengan data sebagai berikut :

L = 99,30 m

$\Delta H = 0,25$ m

$$S = \frac{\Delta H}{L} = \frac{0,25}{99,30} = 0,0025$$

Tabel 12 Kemiringan Dasar Saluran

No	Nama Saluran	L (m)	ΔH (m)	I (mm/jam)
1	1A	99,30	0,25	0,0025
2	1B	99,30	0,25	0,0025
3	2A	133,49	0,08	0,0006
4	2B	133,49	0,08	0,0006
5	3	225,86	0,48	0,0021

Sumber : Perhitungan, 2022

M. Perencanaan Dimensi Saluran Persegi

1. Lebar dasar saluran (B) adalah lebar dasar saluran existing = 0,58 m,
2. Kedalaman aliran (H) adalah jarak vertikal titik terendah pada suatu penampang saluran sampai ke permukaan bebas = 0,70.
3. Lebar puncak (T) adalah lebar penampang saluran pada permukaan bebas, karena saluran berbentuk persegi jadi nilai T = B = 0,60
4. Luas basah (A) adalah luas penampang melintang aliran yang tegak lurus dengan arah aliran.
5. $A = B \times H$
 $= 0,58 \times 0,70$

- $= 0,41 \text{ m}^2$
6. Keliling basah (P) adalah panjang garis perpotongan dari permukaan basah saluran dengan bidang penampang melintang yang tegak lurus arah aliran.

$$P = B + 2H$$

$$= 0,58 + 2 \cdot 0,70$$

$$= 1,98 \text{ m}$$
7. Jari – jari hidrolis (R) adalah rasio luas basah dengan keliling basah

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

$$= \frac{0,41}{1,98}$$

$$= 0,21 \text{ m}$$
8. Menurut data existing dinding saluran menggunakan pasangan batu disemen, maka nilai koefisien kekasaran manning sebesar $n = 0,025$.
9. Dalam evaluasi sistem drainase di kawasan perkotaan Kecamatan Ambulu saluran 1A kecepatan aliran menggunakan metode manning dengan persamaan sebagai berikut :

$$V = \text{Kecepatan aliran dalam saluran (m/dtk)}$$

$$n = \text{Koefisien kekasaran manning} = 0,025$$

$$R = \text{Radius hidrolis} = 0,210$$

$$S = \text{Kemiringan dasar saluran} = 0,0021$$

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

$$= \frac{1}{0,025} \times 0,210^{2/3} \times 0,0021^{1/2}$$

$$= 0,6378 \text{ m/s}$$
10. Untuk menentukan jenis aliran adalah nisbah antara gaya gravitasi dan gaya inersia, yang dinyatakan dengan bilangan *Froude* (F_r). Bilangan *Froude* didefinisikan sebagai berikut :

$$V = \text{kecepatan aliran (m/dtk)}$$

$$y = \text{kedalaman aliran (m)}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi (m/dtk)}$$

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g \cdot H}}$$

$$= \frac{0,6378}{\sqrt{9,81 \cdot 0,70}}$$

$$= 0,2434$$
11. Menentukan Debit tiap saluran dengan rumus :

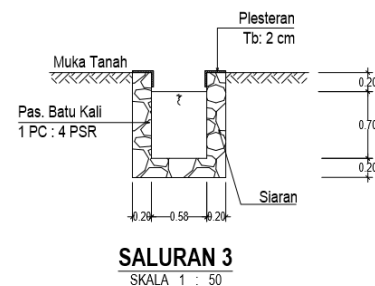
$$A = \text{Luas penampang basah} = 0,41 \text{ m}^2$$

$V = \text{Kecepatan aliran dalam saluran} = 0,6378 \text{ m/s}$
 $Q = V \times A = 0,41 \times 0,6378 = 0,2590 \text{ m}^3/\text{s}$

Tabel 13 Perencanaan Dimensi Saluran Persegi

Nama Saluran	3
B (m)	0,58
y (m)	0,70
A (m ²)	0,41
P (m)	1,98
R (m)	0,21
n	0,025
I	0,0021
V (m/s)	0,6378

Sumber : Perhitungan, 2022



Gambar 4 Gambar Konstruksi Saluran Persegi
 Sumber : Pengolahan Data, 2022

N. Perencanaan Dimensi Saluran Trapesium

- Lebar dasar saluran (B) adalah lebar dasar saluran Existing = 1,0 m,
- Kedalaman aliran (H) adalah jarak vertikal titik terendah pada suatu penampang saluran sampai ke permukaan bebas = 0,9 m.
- Kemiringan dinding tebing adalah 1(horisontal):2(vertikal). Maka nilai $m = 0,5$
- Tinggi jagaan diperoleh :

$$T = \frac{1}{3} \times H$$

$$= \frac{1}{3} \times 0,9$$

$$= 0,30 \text{ m}$$
- Keliling basah (P) adalah panjang garis perpotongan dari permukaan basah saluran dengan bidang penampang melintang yang tegak lurus arah aliran.

$$P = B + H (\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2})$$

$$= 1,0 + 0,9 (\sqrt{1 + 0,5^2} + \sqrt{1 + 0,5^2})$$

$$= 4,25 \text{ m}$$

6. Jari – jari hidrolis (R) adalah rasio luas basah dengan keliling basah

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

$$= \frac{1,31}{4,25} = 0,31 \text{ m}$$

7. Menurut data existing dinding saluran menggunakan pasangan batu disemen, maka nilai koefisien kekasaran manning sebesar $n = 0,025$.

8. Dalam evaluasi sistem drainase di kawasan perkotaan Kecamatan Ambulu saluran 1A kecepatan aliran menggunakan metode manning dengan persamaan sebagai berikut :

V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/dtk)

N = Koefisien kekasaran manning
 $= 0,025$

R = Radius hidrolis
 $= 0,31$

S = Kemiringan dasar saluran
 $= 0,0025$

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

$$= \frac{1}{0,025} x 0,31^{2/3} x 0,0025^{1/2}$$

$$= 0,910 \text{ m/s}$$

9. Untuk menentukan jenis aliran adalah nisbah antara gaya gravitasi dan gaya inersia, yang dinyatakan dengan bilangan Froude (F_r). Bilangan Froude didefinisikan sebagai berikut :

V = kecepatan aliran (m/dtk)

y = kedalaman aliran (m)

g = percepatan gravitasi (m/dtk)

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g \cdot H}}$$

$$= \frac{0,910}{\sqrt{9,81 \cdot 0,9}}$$

$$= 0,31$$

10. Menentukan Debit tiap saluran dengan rumus :

A= Luas penampang basah
 $= 1,31 \text{ m}^2$

V= Kecepatan aliran dalam saluran
 $= 0,910 \text{ m/s}$

$$Q = V \times A$$

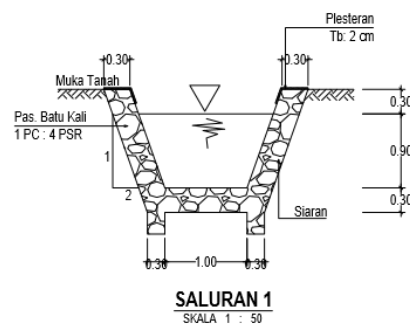
$$= 0,910 \times 1,31$$

$$= 1,188 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 14 Perencanaan Dimensi Saluran Trapezium

Nama Saluran	1A
B (m)	1,0
H (m)	0,9
m	0,50
A (m ²)	1,31
P (m)	4,25
R	0,31
n	0,025
I	0,0025
V (m/s)	0,910
Fr	0,31
Q Saluran (m ³ /s)	1,188
Q Rencana (m ³ /s)	0,126

Sumber : Perhitungan, 2022



Gambar 5 Gambar Konstruksi Saluran Trapezium

Sumber : Pengolahan Data, 2022

O. Pemodelan Saluran pada Program HEC-RAS

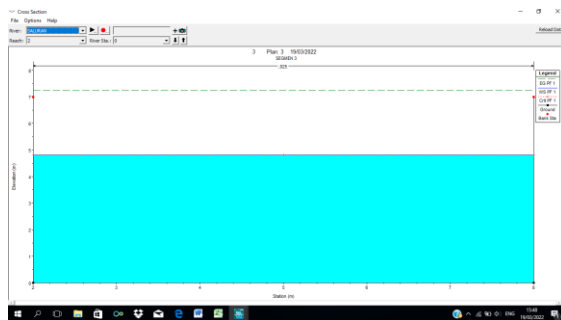
1. Pemodelan Dimensi Saluran Persegi

Pada pemodelan dimensi saluran persegi pada saluran 3 memakai debit kala ulang 2 tahun



Gambar 6 Ketinggian Muka Air Dimensi Eksisting Persegi.

Sumber : Pengolahan Data, 2022



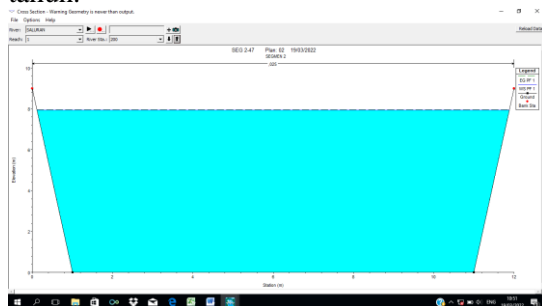
Gambar 7 Ketinggian Muka Air Dimensi Perencanaan Persegi

Sumber : Pengolahan Data, 2022

Berdasarkan data hasil hitung aplikasi HEC-RAS pada saluran 3 menggunakan debit banjir kala ulang 2 tahun adalah 0,238 m³/detik dengan dimensi eksisting dilapangan dengan ukuran lebar 0,25 m dan tinggi 0,30 m tidak dapat menampung debit yang direncanakan dengan tinggi muka air 0,62 m. maka dilakukan perubahan dimensi dengan ukuran lebar 0,58 m dan tinggi 0,70 m dan dapat menampung debit yang direncanakan dengan tinggi muka air 0,49 m.

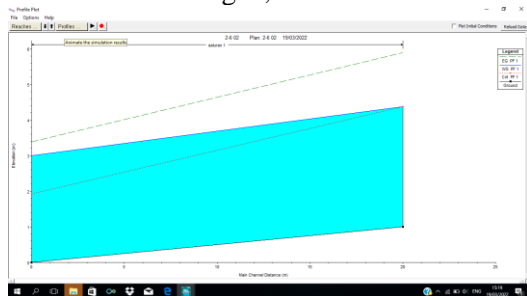
2. Pemodelan Dimensi Saluran Trapesium

Pada pemodelan dimensi saluran persegi pada saluran 2 memakai debit kala ulang 2 tahun.



Gambar 8 Ketinggian Muka Air Dimensi Eksisting Trapesium

Sumber : Perhitungan, 2022



Gambar 9 Long Section

Sumber : Perhitungan, 2022

Berdasarkan data hasil hitung aplikasi HEC-RAS pada saluran 2 menggunakan debit banjir kala ulang 2 tahun adalah 0,226 m³/detik dengan dimensi eksisting dilapangan dengan ukuran lebar 1,0 m dan tinggi 0,90 m dapat menampung debit yang direncanakan dengan tinggi muka air 0,8 m. maka tidak diperlukan perubahan dimensi.

P. Evaluasi Kriteria Kinerja Sistem Drainase

Bobot setiap komponen drainase disusun dengan menggunakan kriteria kinerja penilaian drainase menggunakan rumus :

$$\frac{\sum \text{memenuhi}}{\sum \text{memenuhi} + \sum \text{tidakmemenuhi}} * 100\%$$

1. Kinerja Sistem Drainase Eksisting

Bobot setiap komponen drainase disusun dengan menggunakan kriteria kinerja penilaian drainase menggunakan rumus :

$$= \frac{\sum \text{memenuhi}}{\sum \text{memenuhi} + \sum \text{tidakmemenuhi}} * 100\%$$

$$= \frac{10}{10 + 33} * 100\%$$

$$= 23,3 \%$$

2. Kinerja Sistem Drainase Perencanaan

Bobot setiap komponen drainase disusun dengan menggunakan kriteria kinerja penilaian drainase menggunakan rumus :

$$= \frac{\sum \text{memenuhi}}{\sum \text{memenuhi} + \sum \text{tidakmemenuhi}} * 100\%$$

$$= \frac{100}{100 + 0} * 100\%$$

$$= 100 \%$$

Dari nilai tabel diatas kita dapat mengetahui bagaimana kinerja sistem drainase Jl. A Yani, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember yang sesuai dengan kondisi di lapangan yang sudah mempunyai kriteria kinerja penilaian. Dari kondisi dilapangan saluran drainase dan perhitungan kriteria presentase di peroleh nilai 23.3%, maka kinerja sistem drainase Jl. A Yani, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember termasuk di kriteria cukup dengan keterangan yaitu saluran bisa menampung debit banjir tetapi Sebagian saja yang bisa menampung debit karena permasalahan dimensi saluran , sampah , vegetasi, serta mengalami kerusakan skala yang kecil. Setelah kinerja sistem drainase Jl.

A Yani, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember telah di desain ulang atau perhitungan dimensi baru mempunyai kriteria kinerja dengan memperoleh nilai 100%, maka kinerja sistem drainase Jl. A Yani, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember termasuk di kriteria sangat baik dengan keterangan yaitu saluran bisa menampung debit dan tidak ada permasalahan seperti sampah, dimensi saluran, vegetasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kawasan drainase perkotaan Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember merupakan daerah padat penduduk. Dan kondisi kontur di daerah yang tergenang air posisinya lebih rendah sehingga air lebih mudah menggenang. Ukuran eksisiting untuk saluran 3 penampang persegi untuk lebar adalah 0,25 m dan tinggi adalah 0,30 m, saluran 45 penampang persegi untuk lebar adalah 0,20 m dan tinggi adalah 0,30 m. Ukuran eksisiting untuk saluran 1 penampang Trapesium untuk lebar adalah 1,0 m dan tinggi adalah 0,90 m, saluran 47 penampang persegi untuk lebar adalah 1,5 m dan tinggi adalah 0,60 m.
2. Dari hasil perhitungan didapatkan debit dengan kala ulang 2 tahun untuk penampang berbentuk trapesium saluran 1A adalah 0,126 m³/s tinggi muka air yang didapatkan pada aplikasi HEC-RAS sebanyak 0,80 m, saluran 1B adalah 0,379 m³/s, saluran 47A adalah 4,525 m³/s, saluran 47B adalah 4,632 m³/s. Untuk hasil perhitungan didapatkan debit dengan kala ulang 2 tahun untuk penampang berbentuk persegi saluran 3 adalah 0.238 m³/s, saluran 4 adalah 0,256 m³/s, saluran 6 adalah 0,292 m³/s.
3. Untuk nilai kinerja sistem drainase didapatkan kinerja sistem drainase Jl. A Yani, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember yang sesuai dengan kondisi di lapangan yang sudah mempunyai kriteria kinerja penilaian. Dari kondisi dilapangan

saluran drainase dan perhitungan kriteria presentase di peroleh nilai 23.3%, maka kinerja sistem drainase Jl. A Yani, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember termasuk di kriteria cukup dengan keterangan yaitu saluran bisa menampung debit banjir tetapi Sebagian saja yang bisa menampung debit karena permasalahan dimensi saluran, sampah, vegetasi, serta mengalami kerusakan skala yang kecil. Dari total 43 saluran hanya 10 saluran yang mampu menampung debit air. Setelah kinerja sistem drainase Jl. A Yani, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember telah di desain ulang atau perhitungan dimensi baru mempunyai kriteria kinerja dengan memperoleh nilai 100%, maka kinerja sistem drainase Jl. A Yani, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember termasuk di kriteria sangat baik dengan keterangan yaitu saluran bisa menampung debit dan tidak ada permasalahan seperti sampah, dimensi saluran, vegetasi.

4. Pada saluran 1A didapatkan dari aplikasi HEC-RAS tinggi muka air tidak melebihi penampang saluran, maka didapatkan perencanaan desain sistem drainase lebar (B) adalah 1,0 dan tinggi (H) adalah 0,9 m. dengan tebal plesteran 2 cm, pasangan batu kali 1 PC : 4 pasir. Sedangkan untuk saluran 47 A didapatkan perencanaan desain sistem drainase lebar (B) adalah 1,5 dan tinggi (H) adalah 1,2 m. dengan tebal plesteran 2 cm, pasangan batu kali 1 PC : 4 pasir. Pada penampang berbentuk persegi saluran 3 didapatkan perencanaan desain sistem drainase lebar (B) adalah 0,58 dan tinggi (H) adalah 0,70 m. dengan tebal plesteran 2 cm, pasangan batu kali 1 PC : 4 pasir. Sedangkan untuk saluran 44 A didapatkan perencanaan desain sistem drainase lebar (B) adalah 0,40 dan tinggi (H) adalah 0,68 m. dengan tebal plesteran 2 cm, pasangan batu kali 1 PC : 4 pasir.

B. Saran

1. Bagi masyarakat Dusun Krajan, Kelurahan Ambulu, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember harus lebih peduli untuk menjaga kebersihan di saluran drainase yang sudah

ada. dan harus memiliki pola pikir bersih dan sehat maka akan tercipta lingkungan bersih dan sehat pula. Untuk perencanaan tata kota diharapkan lebih rutin untuk mengecek saluran tersebut, sehingga saluran tersebut lebih terawat dan bersih. Setiap rumah diharapkan untuk di buatkan tempat sampah agar masyarakat lebih mudah untuk membuang sampah.

2. Untuk perencanaan drainase mungkin lebih mempermudah pekerja menggunakan aplikasi. Seperti perencanaan hidrolika menggunakan HEC-RAS, pembuatan peta seperti tata guna lahan atau topografi menggunakan Arc-gis. Dan analisa hidrologi menggunakan aplikasi HEC-HMS.

6. DAFTAR PUSTKA

Afrinanda, Adha. 2019. *Tinjauan Perencanaan Drainase alan Karya Wisata Kecamatan Medan Johar*.

Dinas tanaman pangan dan hortikultura Provinsi Jawa Barat, 2018, *Manfaat drainase bagi tanaman dan lingkungan*, [Internet]. [Diunduh tanggal: 08 September2021], tersedia pada:<http://dkpp.jabarprov.go.id/berkas/download/578c36b9b8a31add08d1824547c74f2.pdf>

Luthfiyan, Zammy. 2014. *Perencanaan Sistem Drainase Kota Rogojampi Kabupaten Banyuwangi*. Surabaya: Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Manullang, Krisman Pebrian. 2018. *Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Jalan Raya (Studi Kasus Lingkungan Jalan Nusantara Raya Perumnas 3 Kota Bekasi)*. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Maria, 2018, *Sistem drainase Bangunan dan Gedung*, [Internet]. [Diunduh tanggal : 08 September 2021], Tersedia pada: <https://mariaproperti.co.id/sistem-drainase-bangunan-dan-gedung/>

Nugraha, 2016, *Evaluasi Sistem Drainase di Kawasan Jalan Medan-Binjai Km 15, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang*.

Ni Komang Sri Kartika, 2018. *Evaluasi Fungsi Saluran Drainase Terhadap Kondisi Jalan Gunung Rinjani Di Wilayah Kecamatan Denpasar Barat*.

Permata Prasmewari, 2017, *Perencanaan Drainase Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya Tahap 3 (STA 4+000 Sampai Dengan STA 11+502,94)*.

Riman. (2011). *Evaluasi sistem drainase perkotaan di kawasan kota metropolitan Surabaya*. J. Widya Teknika 19(2): 39-46.

Rizal, Nanang Saiful, (2014). *Perencanaan Irigasi dan Bangunan Air. Jember : LPPM Universitas Muhammadiyah Jember*.

Salim, Noor. 2018. *Kajian Drainase Jalan Nasional Pada Areal Persawahan (Studi Kasus Jalan Nasional Jember-Tanggul)*.

Salim, Noor. *Modul Drainase Kawasan. Jember*

Suhardjono. (2013). *Drainase Perkotaan*. Malang: Universitas Brawijaya.

Suhardjono, 1984, *Drainasi*, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

Suripin, (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.

Vadlon, 2011, *Kinerja Sistem Drainase*.

Wesli, 2018, *Drainase Perkotaan*. Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.