

ARTIKEL ILMIAH

**PERENCANAAN PERBAIKAN JARINGAN DRAINASE DI KAWASAN
SESAOT KECAMATAN NARMADA KABUPATEN LOMBOK BARAT**

*Drainage Network Improvement Plan in Sesaot Area,
Narmada Sub-District, West Lombok Regency*

Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan
Mencapai Gelar Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



**REZA AULIA RAMADHAN
F1A016138**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2023**

ARTIKEL ILMIAH

**PERENCANAAN PERBAIKAN JARINGAN DRAINASE DI
KAWASAN SESAOT KECAMATAN NARMADA KABUPATEN
LOMBOK BARAT**

Oleh :

Reza Aulia Ramadhan

F1A016138

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

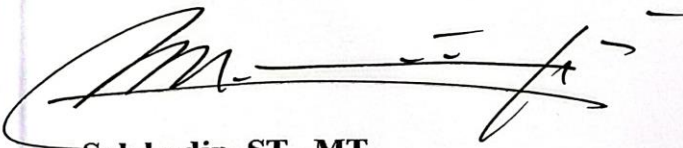
1. Pembimbing Utama



Agustono Setiawan, ST., MSc.
NIP. 19700113 199702 1 001

Tanggal : Juli 2023

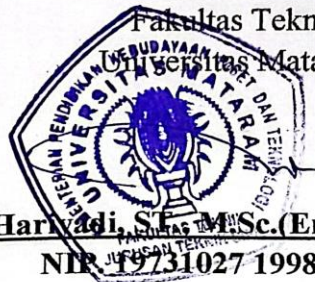
2. Pembimbing Pendamping



Salehudin, ST., MT.
NIP. 19661231 199512 1 001

Tanggal : Juli 2023

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Har Hadi, S.T., M.Sc.(Eng), Dr.Eng.
NIP. 19731027 199802 1 001

ARTIKEL ILMIAH

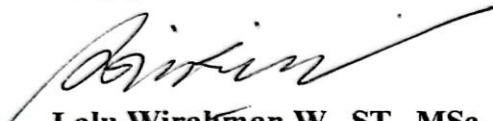
PERENCANAAN PERBAIKAN JARINGAN DRAINASE DI
KAWASAN SESAOT KECAMATAN NARMADA KABUPATEN
LOMBOK BARAT

Oleh:
Reza Aulia Ramadhan
F1A016138

Telah diujikan di depan tim penguji
Pada tanggal 11 Juli 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat S-1
Jurusan Teknik Sipil


Susunan Tim Penguji

1. Penguji I


Lalu Wirahman W., ST., MSc.
NIP. 19680201 199703 1 002


Tanggal: Juli 2023

2. Penguji II


Humairo Saidah, ST., MT.
NIP. 19720609 199703 2 001

Tanggal: Juli 2023

3. Penguji III


Ir. Anid Supriyadi, MT.
NIP. 19660813 199403 1 001

Tanggal: Juli 2023

Mataram, Juli 2023
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram




Muhammad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D.
NIP: 19720222 199903 1 002

PERENCANAAN PERBAIKAN JARINGAN DRAINASE DI KAWASAN SESAOT KECAMATAN NARMADA KABUPATEN LOMBOK BARAT

Reza Aulia Ramadhan¹, Agustono Setiawan², Salehudin³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Email : 64gbit@gmail.com

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

ABSTRAK

Permasalahan banjir dan genangan di Indonesia telah menjadi masalah nasional yang mempengaruhi seluruh aspek kehidupan masyarakat, khususnya di Kawasan Sesaot, Kecamatan Narmada. Kawasan Sesaot yang diteliti ini terdiri dari tiga desa, yaitu Desa Sesaot, Desa Pakuan, dan Desa Lebah Sempage. Berdasarkan hasil survey sistem jaringan drainase eksisting di Kawasan Sesaot, terlihat bahwa masih banyak bagian ruas jalan yang belum memiliki saluran drainase, saluran yang hanya digali, ataupun saluran yang terputus. Selain itu beberapa bagian ruas juga belum memiliki outlet saluran drainase untuk dialirkan ke arah sungai, hal ini dapat menyebabkan genangan dan banjir pada ruas saluran dan dapat menyebabkan kerusakan struktur perkerasan jalan. Sehingga perlu dilakukan perencanaan sistem jaringan drainase di Kawasan Sesaot. Perencanaan ini menggunakan data curah hujan maksimum harian tahunan selama 20 tahun yaitu dari tahun 1999 sampai tahun 2018 dari tiga stasiun hujan terdekat, peta topografi lokasi penelitian, dan harga satuan pekerjaan Kabupaten Lombok Barat tahun 2023. Data tersebut diolah menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*), uji kesesuaian menggunakan uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov, dan metode Log Pearson tipe III dengan kala ulang perencanaan 5 tahun. Perencanaan saluran menggunakan persamaan Mononobe, metode rasional, dan analisis hidrolika. Dari hasil perhitungan diperoleh curah hujan rancangan sebesar 98,151 mm. Untuk perhitungan rencana anggaran biaya digunakan standar satuan harga 2023. Pada perhitungan debit banjir rancangan, didapat nilai debit banjir rancangan tiap saluran sebesar 0,380 m³/detik pada saluran Lebah Sempage I (Kiri); 0,436 m³/detik pada saluran Lebah Sempage I (Kanan); 0,566 m³/detik pada saluran Lebah Sempage II (Kiri); 0,690 m³/detik pada saluran Lebah Sempage II (Kanan); 0,198 m³/detik pada saluran Pakuan I (Kiri); 0,536 m³/detik pada saluran Pakuan I (Kanan); 0,549 m³/detik pada saluran Pakuan II (Kiri); 0,679 m³/detik pada saluran Pakuan II (Kanan); 0,213 m³/detik pada saluran Sesaot I (Kiri); 0,213 m³/detik pada saluran Sesaot I (Kanan); 0,581 m³/detik pada saluran Sesaot II (Kiri) dan 0,381 m³/detik pada saluran Sesaot II (Kanan). Berdasarkan analisis sistem jaringan drainase eksisting di Kawasan Sesaot, beberapa hal yang perlu diperbaiki adalah perencanaan outlet saluran menuju sungai terdekat pada tiap ruas saluran sehingga beban debit yang mengalir menuju saluran pada akhir ruas tidak terlalu besar; perencanaan saluran drainase pada ruas saluran yang belum memiliki drainase dan saluran yang tidak mampu menahan debit banjir. Perencanaan saluran drainase dan outlet di wilayah Kawasan Sesaot menggunakan beton U-Ditch dengan dimensi 80×80×100 dan Box Culvert dengan dimensi 80×80×100. Rencana anggaran biaya untuk pembangunan saluran dan outlet ini sebesar Rp 52,600,000,000.00 (lima puluh dua milyar enam ratus juta rupiah).

Kata Kunci : Perencanaan Jaringan Drainase, Drainase, Banjir, Kawasan Sesaot

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan banjir dan genangan di Indonesia telah menjadi masalah nasional yang mempengaruhi seluruh aspek kehidupan masyarakat, khususnya di Kawasan Sesaot, Kecamatan Narmada. Kawasan yang diteliti terdiri dari tiga desa, yaitu Desa Sesaot, Desa

Pakuan, dan Desa Lebah Sempage. Kawasan ini memiliki total luas sebesar 34.48 km² dan memiliki sekitar 14.141 penduduk menurut data Direktorat Jenderal Kependudukan dan Pencatatan Sipil 2022.

Berdasarkan letak topografinya kawasan ini merupakan daerah pegunungan atau dataran tinggi yang termasuk daerah wisata.

Kawasan ini merupakan salah satu wilayah yang memiliki permasalahan pada saluran drainase. Kondisi saluran drainase di sepanjang di kawasan tersebut terbilang minim. Saluran drainase yang ada di ruas jalan ini sudah tidak bisa berfungsi dengan baik. terlihat dari beberapa bagian jalan yang belum memiliki drainase, banyaknya tanggul saluran drainase yang rusak atau hancur, dan berserakan menyumbat saluran drainase yang ada. Terlihat juga banyak saluran drainase di jalan ini yang sudah ditumbuhi rumput dan tersumbat oleh sampah ataupun sedimen sehingga saluran drainase tidak mampu menampung debit banjir.

Berdasarkan kondisi itulah maka perlu dilakukan penelitian terhadap sistem jaringan drainase pada kawasan ini agar kapasitas saluran dan curah hujan dapat seimbang. Sehingga perlu direncanakan perbaikan sistem jaringan drainase pada lokasi tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Berapakah curah hujan rancangan dan debit banjir di Kawasan Sesaot ?
2. Bagaimanakah sistem jaringan drainase eksisting di Kawasan Sesaot ?
3. Apakah jaringan drainase eksisting di Kawasan Sesaot masih dapat menampung debit banjir ?
4. Bagaimanakah rencana perbaikan jaringan drainase di Kawasan Sesaot ?
5. Berapakah dimensi penampang saluran drainase di Kawasan Sesaot ?
6. Berapakah besar rencana anggaran untuk membangun saluran drainase di Kawasan Sesaot ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui curah hujan rancangan dan debit banjir di Kawasan Sesaot.
2. Untuk mengetahui perencanaan sistem jaringan drainase di Kawasan Sesaot.
3. Untuk mengetahui apakah jaringan drainase eksisting di Kawasan Sesaot masih dapat menampung debit banjir.

4. Untuk mengetahui rencana perbaikan jaringan drainase di Kawasan Sesaot.
5. Untuk mengetahui dimensi rencana penampang saluran drainase di Kawasan Sesaot.
6. Untuk mengetahui rencana anggaran untuk membangun saluran drainase di Kawasan Sesaot.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi yang ditinjau adalah ruas jalan Keru – Sesaot (dari depan SDN 2 lebah Sempage sampai gapura Desa Sesaot) dengan Panjang 11.2 km di wilayah Kecamatan Narmada.
2. Kawasan Sesaot meliputi tiga desa, yaitu Desa Sesaot, Desa Pakuan, Desa Lebah Sempage.
3. Data curah hujan menggunakan data sekunder selama 20 tahun, dari tahun 1999 sampai dengan tahun 2018 yang diperoleh dari Badan Wilayah Sungai (BWS), sebagai pengelola Bendungan dan Dinas Pengairan Kabupaten Lombok Barat.
4. Tidak menghitung air limbah rumah tangga.
5. Kondisi drainase diperoleh dari survey langsung lapangan pada ruas jalan Lebah Sempage – Sesaot.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diharapkan dari penelitian ini , diantaranya :

1. Agar dapat mencegah terjadinya banjir akibat genangan air hujan di area Kawasan Sesaot sehingga terciptanya jalan yang nyaman dan sehat.
2. Memberikan solusi pada pihak terkait sebagai alternatif perencanaan sistem drainase di lokasi tersebut.

II. DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dewansyah (2018) melakukan penelitian dengan judul Analisis dan Sistem Drainase di Jl. Raden Gunawan Kecamatan Raja Basa Kota Bandar Lampung, Penelitian ini dilakukan dengan perencanaan redesain saluran drainase eksisting dengan menggunakan penampang saluran U-Ditch dengan tipe

U100/100 dan menggunakan Box Culvert pada P0-P1 serta A0-A2. Dengan kapasitas saluran rencana U-Ditch ukuran U100/100 = 2,191 m³/detik; U150/150 = 6.591 m³/detik; U150.250 = 13,350 m³/detik. Sehingga dapat diperoleh debit saluran lebih besar dari debit rencana Qs > Qr.

Luvitasari (2019) melakukan penelitian dengan judul Analisis Dan Perencanaan Sistem Drainase Jalan Suranadi Kecamatan Narmada Kabupaten Lombok Barat Penelitian ini dilakukan dengan perencanaan redesain saluran drainase eksisting dengan menggunakan saluran U-Ditch dengan tipe 80/80, tipe 100/100, dan tipe 50/50. Serta rencana anggaran biaya untuk pembangunan saluran ini sebesar Rp. 14,919,000,000 (Empat belas miliar Sembilan ratus Sembilan puluh Sembilan juta rupiah).

Sidiq (2019) melakukan penelitian dengan judul Perencanaan Sistem Drainase Di Kawasan Pemenang Barat Kabupaten Lombok Utara. Penelitian ini dilakukan dengan perencanaan redesain saluran drainase eksisting dengan menggunakan tipe saluran U- Ditch serta debit saluran yang diperoleh yaitu tipe 40 × 50 cm = 0,098 m³/detik; tipe 60 × 60 cm = 0,139 m³/detik; tipe 80 × 80 cm = 0,461 m³/detik, dan 120 × 120 cm = 1,08 m³/detik.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengertian Drainase

Menurut Suripin (2004), drainase berasal dari kata *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, membuang, dan mengalihkan atau mengeringkan air. Secara umum drainase dapat didefinisikan sebagai suatu Tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan sehingga fungsi kawasan/lahan tidak terganggu.

2.2.2 Analisis Hidrologi

2.2.2.1 Perbaikan Data

Dalam perencanaan suatu sistem drainase, data hidrologi yang sangat diperlukan untuk keperluan rencana sistem drainase adalah data curah hujan. Data ini harus dikumpulkan dengan jangka waktu cukup panjang yang diambil dari beberapa stasiun penakar hujan di sekitar daerah kajian.

Data hujan yang dipakai, diperoleh dari hasil pencatatan dari stasiun penangkap hujan otomatis yang berada berdekatan dengan lokasi perencanaan. Data yang diperoleh tidak dapat langsung digunakan, karena terdapat data yang kosong atau hilang. Kekosongan data curah hujan tersebut disebabkan oleh beberap hal antara lain pemindahan alat ukur, perubahan cara pengukuran dan sebagainya. Pengisian data yang hilang dapat dilakukan dengan cara yang disebut *Normal Ratio Method*. Adapun persamaannya sebagai berikut (Triatmodjo, 2008) :

$$P_x = \frac{1}{n} \left[\frac{N_x}{N_A} P_A + \frac{N_x}{N_B} P_B + \dots + \frac{N_x}{N_N} P_N \right] \quad (2.1)$$

dengan :

- P_x : data hujan pada stasiun x yang diperkirakan (mm)
 N_x : hujan tahunan di stasiun x (mm)
 P_1, P_2, \dots, P_N : data hujan di stasiun sekitarnya pada periode yang sama (mm)
 N_A, N_B, \dots, N_N : hujan tahunan di stasiun sekitar x (mm)
 n : jumlah stasiun hujan di sekitar x

2.2.2.2 Hujan Rerata Daerah

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan daerah, dinyatakan dalam milimeter (mm).

1. Metode rata-rata aritmatika

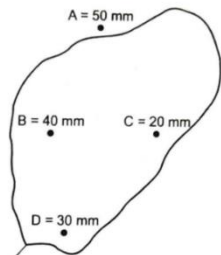
Metode perhitungan rata-rata aritmatik merupakan metode yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata suatu daerah. Pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan biasanya adalah yang berada di dalam DAS, tetapi stasiun hujan di luar DAS yang masih berdekatan juga masih bisa diperhitungkan (Triatmodjo, 2008) :

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n} \quad (2.2)$$

dengan :

- \bar{p} : hujan rerata kawasan (mm)

p_1, p_2, \dots, p_n : hujan di stasiun 1, 2, 3, ..., n (mm)
 n : jumlah stasiun hujan



Gambar 2.1 Stasiun hujan di suatu DAS (Triatmodjo, 2008)

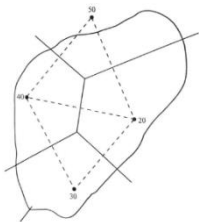
2. Metode poligon Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Prosedur perhitungan curah hujan rata-rata DAS dengan metode poligon Thiessen adalah dengan menghubungkan setiap stasiun hujan dengan garis lurus. Kemudian menarik garis tegak lurus yang berada di tengah-tengah poligon segitiga. Lalu menghitung luas daerah hujan dan hujan rerata DAS (Triatmodjo, 2008).

$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + A_3 p_3 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.3)$$

dengan :

\bar{p} : hujan rerata kawasan (mm)
 p_1, p_2, \dots, p_n : hujan di stasiun 1, 2, 3, ..., n (mm)
 A_1, A_2, \dots, A_n : luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3, ..., n (km²)



Gambar 2.2 Poligon Thiessen (Triatmodjo, 2008)

3. Metode Isohiet

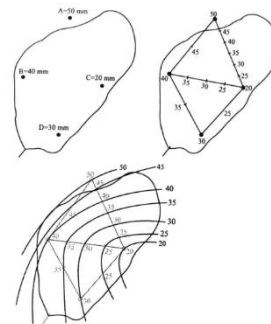
Isohiet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode ini dianggap bahwa hujan pada suatu

daerah antara dua garis isohiet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohiet tersebut.. Prosedur perhitungan curah hujan rata-rata DAS dengan metode poligon isohiet adalah dengan membuat garis kontur hujan dengan merujuk pada curah hujan di masing-masing stasiun. Kemudian menghitung luas daerah hujan dan hujan rata-rata DAS (Triatmodjo, 2008).

$$\bar{p} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.4)$$

dengan :

\bar{p} : hujan rerata kawasan (mm)
 I_1, I_2, \dots, I_n : garis isohiet ke 1, 2, 3, ..., $n, n + 1$
 A_1, A_2, \dots, A_n : luas daerah yang dibatasi oleh garis isohiet ke 1 dan 2, 2 dan 3, ..., n dan $n + 1$. (km²)



Gambar 2.3 Metode isohiet (Triatmodjo, 2008)

2.2.2.3 Uji Konsistensi Data Hujan

Data hujan yang diperoleh dan dikumpulkan dari instansi pengolahnya perlu mendapat perhatian. Beberapa kemungkinan kesalahan dapat terjadi sehingga data yang ada menjadi tidak konsisten.

Untuk mengatasi hal tersebut digunakan cara lain yang menguji konsistensi antara data dalam stasiun itu sendiri dengan mendeteksi pergeseran nilai rata-rata (*mean*), yaitu dengan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Persamaan-persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Harto, 1993):

$$Y_i = \frac{\sum \text{Data Stasiun}}{n} \quad (2.5)$$

$$D_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{y})^2}{n} \quad (2.6)$$

$$S_0^* = 0 \quad (2.7)$$

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{y}) \quad (2.8)$$

$$D_y = \sqrt{\sum D_y^2} \quad (2.9)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y} \quad (2.10)$$

$$Q = \text{maks } |S_k^{**}| \quad (2.11)$$

$$0 < k < n$$

$$R = \text{maks } S_k^{**} - \text{min } S_k^{**} \quad (2.12)$$

$$0 < k < n$$

dengan :

Y_i : data curah hujan ke-i (mm)

n : jumlah data hujan

\bar{y} : rerata curah hujan (mm)

S_k^*, D_y, S_k^{**} : nilai statistik data hujan

Q, R : nilai statistik

k : 1, 2, 3, ..., n

Dengan melihat nilai statistik diatas maka dapat dicari nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} , hasil yang didapat dibandingkan nilai Q/\sqrt{n} syarat R/\sqrt{n} syarat pada Tabel 2.1 dibawah ini. Jika lebih kecil maka data dalam batas konsisten.

Tabel 2.1. Persamaan nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} .

Jumlah Data	Q_y/\sqrt{n}			R_y/\sqrt{n}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,46	1,40	1,50	1,70
40	1,13	1,26	1,50	1,42	1,53	1,74
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,86

(Sumber : Sri Harto, 1993)

2.2.2.4 Analisis Distribusi Frekuensi/Agihan

Menurut Soewarno (1995), Adapun parameter-parameter statistik yang digunakan antara lain sebagai berikut :

1. Nilai rerata (\bar{x})

Merupakan nilai representatif dalam suatu distribusi yang dapat dipergunakan untuk pengukuran sebuah distribusi.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.13)$$

2. Simpangan baku (*standard deviation*) (S)

Umumnya penyebaran data biasanya diukur dengan simpangan baku untuk mengetahui variabilitas dari distribusi. Semakin besar simpangan baku dan koefisien varian, maka semakin besar penyebaran dari distribusi.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (2.14)$$

3. Koefisien asimetri (*skewness*) (C_s)

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrian (*asymmetry*) dari suatu bentuk distribusi.

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (2.15)$$

$$C_s = \frac{a}{S^3} \quad (2.16)$$

4. Koefisien variasi (C_v)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi.

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \quad (2.17)$$

5. Koefisien kurtosis (C_k)

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$C_k = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (2.18)$$

dengan :

x_i : data curah hujan atau debit (mm atau m³/detik)

\bar{x} : rerata curah hujan atau debit

n : jumlah data

S : simpangan baku

C_s : koefisien asimetris

C_v : koefisien variasi

C_k : koefisien kurtosis

Tabel 2.2. Persyaratan parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi.

No.	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	$C_s = 1,14$
		$C_k = 5,4$
2	Normal	$C_s = 0$
		$C_k = 3$
3	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$
		$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008)

2.2.2.5 Uji Kecocokan

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Uji Chi-Kuadrat

Menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Uji Chi-Kuadrat ini menggunakan parameter χ^2 , oleh karena itu disebut dengan uji Chi-Kuadrat. Parameter ini dapat dihitung dengan persamaan (Triatmodjo, 2008) :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.19)$$

dengan :

χ^2 : parameter Chi-Kuadrat terhitung

G : jumlah sub-kelompok

O_i : jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

E_i : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

Tabel 2.3. Nilai kritis untuk distribusi Chi-Kuadrat.

DK	Distribusi χ^2											
	0.99	0.95	0.9	0.8	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.01	0.001
1	0	0.004	0.016	0.064	0.148	0.455	1.074	1.642	2.706	3.841	6.635	10.827
2	0.02	0.103	0.211	0.446	0.713	1.386	2.048	3.219	4.602	5.991	9.210	13.815
3	0.115	0.352	0.584	1.005	1.424	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	11.345	16.268
4	0.297	0.711	1.064	1.649	2.195	3.357	4.778	5.989	7.779	9.488	13.227	18.465
5	0.554	1.145	1.610	2.343	3.000	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	15.086	20.517
6	0.872	1.635	2.204	3.070	3.828	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	16.812	22.457
7	1.239	2.167	2.833	3.822	4.671	6.346	8.383	9.803	12.017	14.067	18.475	24.322
8	1.646	2.733	3.590	4.594	5.527	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	20.090	26.425
9	2.088	3.325	4.168	5.380	6.393	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	21.666	27.877
10	2.558	3.940	4.779	6.179	7.267	9.342	11.781	13.442	15.987	18.307	23.209	29.588
11	3.053	4.575	5.578	6.989	8.148	10.341	12.889	14.631	17.275	19.675	24.725	31.264
12	3.572	5.226	6.304	7.807	9.034	11.340	14.011	15.812	18.549	21.026	26.217	32.909
13	4.107	5.892	7.042	8.634	9.926	12.340	15.119	16.985	19.812	22.362	27.688	34.528
14	4.660	6.571	7.790	9.467	10.821	13.339	16.222	18.151	21.064	23.685	29.141	36.123
15	5.229	7.261	8.547	10.307	11.721	14.339	17.322	19.311	22.307	25.000	30.578	37.697
16	5.812	7.962	9.312	11.152	12.624	15.338	18.418	20.465	23.542	26.296	32.000	39.252
17	6.408	8.672	10.085	12.002	13.531	16.338	19.511	21.615	24.769	27.587	33.409	40.790
18	7.015	9.390	10.865	12.857	14.440	17.338	20.601	22.760	25.989	28.869	34.805	42.312
19	7.633	10.117	11.651	13.716	15.352	18.338	21.689	23.900	27.024	30.133	36.191	43.820
20	8.260	10.851	12.443	14.578	16.266	19.337	22.775	25.038	28.412	31.410	37.566	45.315
21	8.897	11.591	13.240	15.445	17.182	20.377	23.858	26.171	29.615	32.671	38.932	46.797
22	9.542	12.338	14.041	16.314	18.101	21.357	24.959	27.031	30.813	33.924	40.289	48.268
23	10.196	13.091	14.848	17.187	19.021	22.337	26.018	28.429	32.007	35.172	41.638	49.728
24	10.856	13.848	15.659	18.062	19.943	23.337	27.096	29.553	33.196	36.415	42.980	51.179
25	11.524	14.611	16.473	18.940	20.867	24.337	28.172	30.675	34.382	37.652	44.314	52.620
26	12.198	15.379	17.292	19.820	21.792	25.336	29.246	31.795	35.563	38.886	45.642	54.052
27	12.879	16.151	18.114	20.703	22.719	26.336	30.319	32.912	36.741	40.113	46.963	55.476
28	13.565	16.928	18.939	21.588	23.647	27.336	31.391	34.027	37.916	41.337	48.278	56.893
29	14.256	17.708	19.768	22.475	24.557	28.336	32.461	35.139	39.087	42.557	49.588	58.302
30	14.953	18.493	20.559	23.364	25.508	29.336	33.530	36.250	40.256	43.773	50.982	59.703

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008)

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov juga disebut uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, namun dengan memperhatikan kurva dan penggambaran data pada kertas probabilitas. Parameter uji Smirnov-Kolmogorov dapat dihitung dengan persamaan (Triatmodjo, 2008) :

$$\Delta_{maks} = maks[P(X_m) - P^1(X_m)] \quad (2.20)$$

dengan :

Δ_{maks} : selisih terbesarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis

$P(X_m)$: peluang data teoritis

$P^1(X_m)$: peluang data pengamatan

E_i : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

Berdasarkan tabel nilai Δ_{kritis} ditentukan harga Δ_{kritis} . Apabila Δ_{maks} lebih kecil dari Δ_{kritis} maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila Δ_{maks} lebih besar dari Δ_{kritis} yang digunakan untuk menentukan persamaan tersebut tidak dapat diterima.

Tabel 2.4. Nilai Δ_{kritis} uji Smirnov-Kolmogorov.

n	α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,25	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,18	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n > 50	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008)

2.2.2.6 Curah Hujan Rancangan

Besarnya curah hujan rancangan dapat dihitung dengan beberapa tipe sebaran atau distribusi sebagai berikut :

1. Distribusi Normal

Distribusi normal adalah simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk lonceng yang juga disebut sebagai distribusi Gauss. Persamaan yang digunakan yaitu (Soewarno, 1995):

$$x_T = \bar{x} + k.S \quad (2.21)$$

dengan :

x_T : curah hujan rancangan pada periode T (mm)

\bar{x} : curah hujan rata-rata (mm)

k : faktor frekuensi
 S : simpangan baku

T : periode kala ulang hujan
 y_n : nilai rerata varian Gumbel
 S_n : simpangan baku varian Gumbel

Tabel 2.5. Nilai variabel reduksi Gauss.

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	k
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,01	0,99	-2,33
1,05	0,95	-1,64
1,11	0,9	-1,28
1,25	0,8	-0,84
1,33	0,75	-0,67
1,43	0,7	-0,52
1,67	0,6	-0,25
2	0,5	0
2,5	0,4	0,25
3,33	0,3	0,52
4	0,25	0,67
5	0,2	0,84
10	0,1	1,28
20	0,05	1,64
50	0,2	2,05
100	0,01	2,33
200	0,005	2,58
500	0,002	2,88
1000	0,001	3,09

(Sumber : Soewarno, 1995)

2. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaout dengan mengubah nilai variant X menjadi logaritmik variant X. Persamaan yang digunakan yaitu (Triatmodjo, 2008):

$$\log x_T = \log \bar{x} + k \cdot S \log \bar{x} \quad (2.22)$$

dengan :

$\log x_T$: nilai logaritmik curah hujan rancangan pada periode T (mm)

$\log \bar{x}$: nilai logaritmik rerata curah hujan (mm)

k : faktor frekuensi

$S \log \bar{x}$: simpangan baku logaritmik rerata curah hujan

3. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir. Persamaan yang digunakan yaitu (Triatmodjo, 2008) :

$$x_T = \bar{x} - \frac{\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] + y_n}{\sigma_n} S \quad (2.23)$$

dengan :

x_T : curah hujan rancangan pada periode T (mm)

\bar{x} : curah hujan rata-rata (mm)

Tabel 2.6. Nilai y_n dan S fungsi jumlah data.

n	y_n	σ_n	n	y_n	σ_n
8	0,4843	0,9043	27	0,5332	1,1004
9	0,4902	0,9288	28	0,5343	1,1047
10	0,4952	0,9497	29	0,5353	1,1086
11	0,4996	0,9676	30	0,5362	1,1124
12	0,5053	0,9833	31	0,5371	1,1159
13	0,5070	0,9972	32	0,5380	1,1193
14	0,5100	1,0098	33	0,5388	1,1226
15	0,5128	1,0206	34	0,5396	1,1255
16	0,5157	1,0316	35	0,5403	1,1285
17	0,5181	1,0411	36	0,5410	1,1313
18	0,5202	1,0493	37	0,5418	1,1363
19	0,5220	1,0566	38	0,5424	1,1388
20	0,5235	1,0629	39	0,5430	1,1413
21	0,5252	1,0696	40	0,5436	1,1436
22	0,5268	1,0754	41	0,5442	1,1458
23	0,5283	1,0811	42	0,5448	1,1480
24	0,5296	1,0864	43	0,5453	1,1490
25	0,5309	1,0914	44	0,5258	1,1518
26	0,5352	1,0961	45	0,5463	1,1538

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008)

4. Distribusi Log Pearson III

Distribusi log Pearson tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrem. Persamaan yang digunakan yaitu (Soewarno, 1995) :

$$\log x_T = \log \bar{x} + k \cdot S \log \bar{x} \quad (2.24)$$

$$\log \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x \quad (2.25)$$

$$S \log \bar{x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x - \log \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.26)$$

$$C_S = \frac{\sum_{i=1}^n (\log x - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S \log \bar{x}^3} \quad (2.27)$$

dengan :

$\log x_T$: nilai logaritmik curah hujan rancangan pada periode T

$\log \bar{x}$: nilai logaritmik rerata curah hujan

$S \log \bar{x}$: simpangan baku logaritmik rerata curah hujan

C_S : koefisien kemencengan

k : faktor frekuensi

Tabel 2.7. Nilai k untuk distribusi Pearson III.

Kemencengan (Cs)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,789	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	2,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	2,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	2,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	2,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	2,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	2,849	2,211	2,544	2,856	3,595
0,2	-0,033	0,830	1,301	2,818	2,159	2,472	2,763	3,580
0,1	-0,017	0,836	1,292	2,785	2,107	2,400	2,670	3,501
0,0	0,000	0,842	1,282	2,751	2,054	2,328	2,576	3,390
-0,1	0,017	0,836	1,270	2,781	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	2,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,129	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,088	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	0,935	1,069	1,089	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,095	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Sumber : Soewarno, 1995)

2.2.2.7 Kala Ulang Hujan

Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang digunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkapan hujan yang akan dikeringkan. Besarnya kala ulang perencanaan disajikan pada tabel berikut :

Tabel 2.8. Besar kala ulang berdasarkan tipologi.

Tipologi Kota	Luas Daerah Tangkapan Air (Ha)			
	<10	10-100	101-500	>500
Kota Metropolitan	2 Th	2-5 Th	5-10 Th	10-25 Th
Kota Besar	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-20 Th
Kota Sedang	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2-5 Th

(Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2014)

2.2.2.8 Koefisien Aliran

Koefisien aliran adalah perbandingan antara air permukaan disuatu daerah akibat turun hujan dengan jumlah air hujan yang turun di daerah tersebut. Koefisien aliran ini lebih kecil dari satu karena adanya kehilangan yang disebabkan oleh tumbuh-tumbuhan, infiltrasi, tertahan di permukaan tanah, evaporasi, dan transpirasi. Untuk sifat-sifat tanah yang beragam, pembobotan nilai C dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Suripin, 2004) :

$$C = \frac{A_1 C_1 + A_2 C_2 + \dots + A_n C_n}{\sum A} \quad (2.28)$$

dengan :

C : koefisien aliran pada daerah beragam

C_1, C_2, \dots, C_n : koefisien aliran pada masing-masing lahan

A_1, A_2, \dots, A_n : luas penggunaan lahan yang ditinjau (km²)

$\sum A$: luasan total dari penggunaan lahan tersebut (km²)

Tabel 2.9. Harga-harga koefisien pengaliran.

Tipe daerah aliran	Harga C
Perumahan :	
1. Tanah pasir, datar 2%	0,05 - 0,10
2. Tanah pasir, rata-rata 2-7%	0,10 - 0,15
3. Tanah pasir, curam 2%	0,15 - 0,20
4. Tanah gemuk, datar 2%	0,13 - 0,17
5. Gemuk, rata-rata 2-7%	0,18 - 0,22
6. Tanah gemuk, curam 2%	0,25 - 0,35
Busines :	
1. Daerah kota lama	0,75 - 0,95
2. Daerah pinggiran	0,50 - 0,70
Perumahan :	
1. Daerah "single family"	0,30 - 0,50
2. "Multi unit" terpisah-pisah	0,40 - 0,60
3. "Multi unit" tertutup	0,60 - 0,75
4. "Suburan"	0,25 - 0,40
5. Daerah rumah-rumah apartemen	0,50 - 0,70
Industri :	
1. Daerah ringan	0,50 - 0,80
2. Daerah berat	0,60 - 0,90
Pertamanan, kuburan	0,10 - 0,25
Tempat bermain	0,20 - 0,35
Halaman kereta api	0,20 - 0,40
Daerah yang tidak dikerjakan	0,10 - 0,30
Jalan aspal	
1. Beraspal	0,70 - 0,95
2. Beton	0,80 - 0,95
3. Batu	0,70 - 0,85
Untuk berjalan dan naik kuda	0,75 - 0,85
Atap	0,75 - 0,95
Lahan Vegetasi	0,15

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008)

2.2.2.9 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (t_c) dapat dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen yaitu waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan lahan sampai saluran terdekat (t_0) dan waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai di titik keluaran (t_d), waktu konsentrasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Suripin, 2004) :

$$t_c = t_0 + t_d \quad (2.29)$$

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right)^{0.167} \quad (2.30)$$

$$t_d = \frac{L_s}{60V} \quad (2.31)$$

dengan :

t_c : waktu konsentrasi (menit)

- t_o : waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari permukaan terdekat menuju saluran terdekat (menit)
- t_d : waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari masuk saluran hingga ke titik keluaran (menit)
- L : panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)
- L_s : panjang lintasan aliran di dalam saluran sungai (m)
- V : kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)
- S : kemiringan lahan
- n : koefisien kekasaran manning

2.2.2.10 Debit Air Hujan

Dalam menentukan besarnya debit pengaliran ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut (Suripin,2004) :

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.32)$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (2.33)$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.34)$$

dengan :

- Q : debit yang mengalir (m³/detik)
- C_i : koefisien aliran
- A_i : luas daerah pengaliran (km²)
- I : intensitas hujan (mm/jam)
- t_c : waktu konsentrasi (menit)

2.2.2.11 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah total debit banjir saluran dari tiap-tiap saluran, dimana dalam satu saluran menerima debit banjir saluran dari saluran sebelumnya. Dengan persamaan debit banjir rencana berikut ini :

$$Q_{total} = Q_{sal 1} + Q_{sal 2} + \dots + Q_{sal n} \quad (2.35)$$

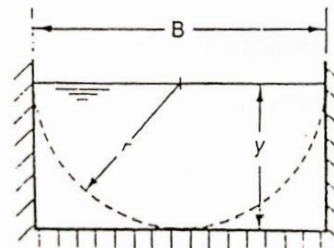
dengan :

- Q_{total} : debit banjir rencana (m³/detik)
- $Q_{sal n}$: debit banjir saluran ke-n (m³/detik)

2.2.3 Analisis Hidrolika

2.2.3.1 Klasifikasi Saluran Berdasarkan Bentuk Penampang

Pada sistem jaringan drainase di Kawasan Sesaot direncanakan bentuk saluran yang dipakai adalah segi empat (Triatmodjo, 2008) :



Gambar 2.4 Saluran ekonomis bentuk segi empat (Triatmodjo, 2003)

$$A = b \times h \quad (2.36)$$

$$P = b + 2h \quad (2.37)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.38)$$

dengan :

- A : luas penampang saluran (m²)
- b : lebar saluran (m)
- h : kedalaman saluran tergenang air (m)
- R : jari-jari hidrolis (m)
- P : kekeling basah (m)

2.2.3.2 Kecepatan Rata-Rata Aliran Pada Saluran

Kecepatan rata-rata aliran pada saluran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan manning, dengan persamaan sebagai berikut (Triatmodjo, 2008) :

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (2.39)$$

dengan :

- V : kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)
- R : jari-jari hidrolis (m)
- S : kemiringan dasar saluran
- n : koefisien kekasaran manning

Tabel 2.10. Harga-harga koefisien kekasaran manning.

No	Permukaan	Harga n Yang Disarankan			
		Minimum	Normal	Maksimum	
1	Baja dan Permukaan Gelombang	0,021	0,025	0,030	
2	Kayu Diserut Tak Diawetkan	0,010	0,012	0,014	
3	Plester Semen	0,011	0,013	0,015	
4	Beton	0,011	0,013	0,015	
5	Batu Potong Diatur	0,013	0,015	0,017	
6	Batu Bata	0,011	0,013	0,015	
7	Pasangan Batu	0,017	0,025	0,030	
8	Aspal Halus	0,013	0,013	-	
9	Tanah	Lurus Baru, Seragam, Landai Dan Bersih	0,016	0,025	0,033
		Berkeleok, Landai Dan Berumput	0,023	0,032	0,040
		Tidak Terawat Dan Kotor	0,050	0,095	0,140
		Berbatu, Kasar Dan Tidak Teratur	0,035	0,040	0,045

(Sumber : Anggrahini, 1997)

2.2.3.3 Kemiringan Saluran

Kemiringan saluran dapat dihitung dengan persamaan berikut (Angrahini, 1997):

$$I = \frac{\Delta h}{L} \quad (2.40)$$

dengan :

- I : kemiringan dasar saluran
- Δh : selisih tinggi elevasi awal dan akhir saluran (m)
- L : jarak dari elevasi awal ke elevasi akhir (m)

2.2.3.4 Debit Saluran

Dalam menentukan besarnya debit saluran ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut (Triatmodjo, 2008) :

$$Q = V \times A \quad (2.41)$$

dengan :

- Q : debit rencana (m³/detik)
- V : kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)
- A : luas tampang basah saluran (m²)

2.2.3.5 Tinggi Jagaan

Puncak dari tanggul saluran harus dijaga agar lebih tinggi dari muka air pada saat debit maksimum, hal ini dilakukan untuk memperhitungkan gelombang dan naik turunnya permukaan air.

Tabel 2.11 Tinggi jagaan minimum saluran pembuang.

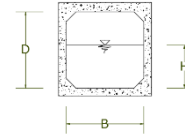
Debit (m ³ /det)	Tinggi Jagaan (m)
< 0,5	0,20
0,5 - 1,5	0,20
1,5 - 5,0	0,25
5,0 - 10,0	0,30
10,0 - 15,0	0,40
> 15,0	0,50

(Sumber : Angrahini, 1997)

2.2.3.6 Gorong-Gorong

Gorong-gorong adalah saluran tertutup yang mengalirkan air melewati jalan raya, jalan kereta api, atau timbunan lainnya. Gorong-gorong biasanya dibuat dari beton, aluminium gelombang, dan lain-lain. Bentuk penampang melintang gorong-gorong bermacam-macam, ada yang bulat, persegi, oval dan lainnya. Dalam menghitung besarnya debit yang melalui

gorong-gorong dapat dihitung dari persamaan berikut (Suripin, 2004) :



Gambar 2.5 Gorong-gorong.

$$Q = \frac{2}{3} CBH \sqrt{\frac{2}{3} gH} \quad (2.42)$$

dengan :

- Q : debit saluran (m³/detik)
- C : koefisien kontraksi pada sisi-sisi pemasukan Apabila ujungnya persegi, maka $C = 0,9$ sedangkan apabila ujungnya dibulatkan, maka $C = 1$
- B : lebar gorong-gorong (m)
- H : elevasi muka air di hulu dikurangi elevasi dasar gorong-gorong (m²)
- g : percepatan gravitasi (m/detik²)

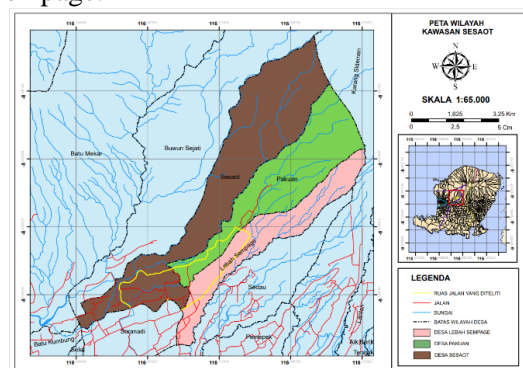
2.2.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya merupakan hal yang penting dalam pembangunan konstruksi karena sangat berpengaruh dengan total biaya yang akan dikeluarkan pada saat pelaksanaan. Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah ruas Jalan Lebah Sempage-Sesaot yang meliputi ruas jalan di Desa Sesaot, Desa Pakuan, Desa Lebah Sempage.



Gambar 3.1 Peta wilayah Kawasan Sesaot.

3.1 Data Yang Dibutuhkan

Data yang dibutuhkan dalam analisis penelitian ini adalah :

1. Data Primer

Data primer merupakan hasil pengukuran di lapangan berupa :

- Dimensi saluran eksisting
- Kelandaian saluran
- Lebar jalan
- Lebar bahu jalan

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah pengumpulan data yang dilakukan dengan mengumpulkan data yang diperoleh dari instansi terkait, studi Pustaka, dan data-data hasil penelitian sebelumnya. Data sekunder yang diperlukan untuk perencanaan ini adalah :

- Peta topografi
- Peta tata guna lahan Kawasan Sesaot
- Peta jaringan drainase
- Data curah hujan yang diperoleh dari Stasiun Sesaot dengan lama pengamatan 20 tahun dimulai dari tahun 1999 sampai tahun 2018.

3.3 Alat Yang Digunakan

Alat dan software yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Meteran
- Kamera
- Alat tulis
- AutoCAD
- ArcGIS
- Global Mapper
- Microsoft Excel

3.4 Tahapan Penilitan

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam studi kasus ini adalah :

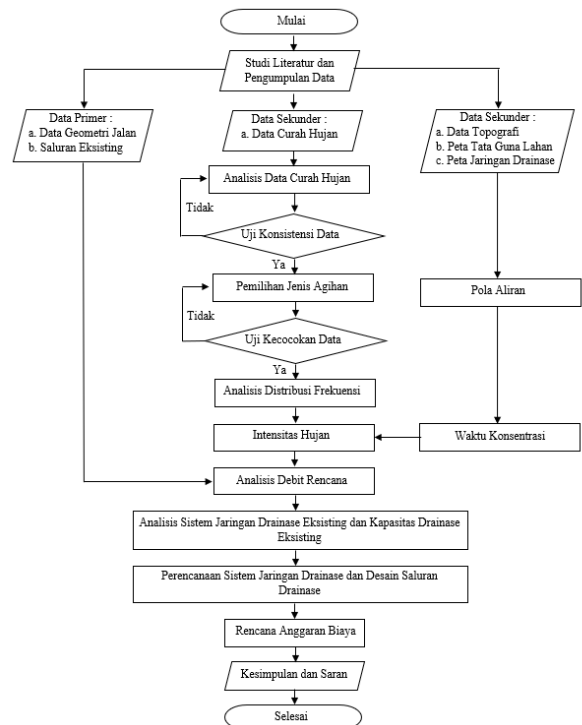
1. Pengumpulan data

Data yang akurat dan lengkap adalah hal yang penting dalam suatu perencanaan agar analisis yang akan dilakukan sesuai dengan ketentuan teknik perencanaan dengan tetap memperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh. Data yang digunakan yaitu :

- Data primer
 - Data sekunder
- Analisis hidrologi

- Uji konsistensi data dilakukan dengan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS).
 - Analisis distribusi frekuensi untuk menentukan jenis agihan/distribusi yang digunakan.
 - Uji kecocokan diperlukan untuk mengetahui apakah data curah hujan yang ada sudah sesuai dengan jenis sebaran yang dipilih. Dalam hal ini metode yang digunakan yaitu metode uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov.
 - Analisis curah hujan rancangan yang sesuai dengan distribusi yang memenuhi syarat.
- Analisis intensitas hujan.
 - Menghitung debit banjir rancangan.
 - Analisis kapasitas saluran eksisting.
 - Merencanakan jaringan drainase.
 - Perencanaan saluran drainase.
 - Penggambaran rencana dimensi saluran drainase.
 - Perencanaan anggaran biaya.

3.5 Bagan Alir Tahapan Penelitian

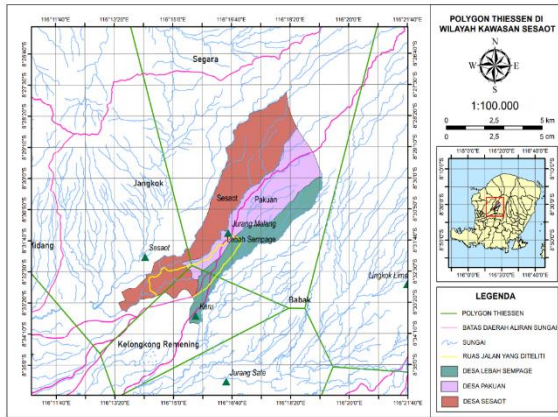


Gambar 3.2 Bagan alir tahapan penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hidrologi

4.1.1 Data Curah Hujan



Gambar 4.1. Peta poligon Thiessen wilayah Kawasan Sesaot.

Analisis hidrologi dilakukan guna mendapatkan karakteristik hidrologi dan meteorologi daerah aliran sungai. Tujuannya adalah untuk mengetahui karakteristik hujan, debit air yang ekstrim maupun yang wajar yang akan digunakan sebagai dasar analisis selanjutnya dalam pelaksanaan detail desain. Adapun langkah-langkah untuk mendapatkan debit banjir rancangan antara lain :

- Analisis curah hujan
- Uji konsistensi (menggunakan metode RAPS)
- Analisis distribusi frekuensi
- Uji kecocokan distribusi frekuensi
- Analisis debit banjir rancangan

Berdasarkan hasil poligon Thiessen, data hujan yang digunakan untuk analisis pada *catchment area* pada wilayah Kawasan Sesaot adalah stasiun hujan Sesaot, Keru dan Jurang Malang.

Tabel 4.1. Data curah hujan tahunan stasiun hujan manual.

No	Tahun	Sesaot (mm)	Keru (mm)	Jurang Malang (mm)
1	1999	2207	1010	2064
2	2000	2033	1460	2456
3	2001	1846	1188	1154
4	2002	1558	307	1914
5	2003	2997	713	1707
6	2004	2597	1894	1326
7	2005	2827	2976	2245
8	2006	1847	1643	1611
9	2007	2079	1413	1619
10	2008	2096	1484	2106
11	2009	1950	3209	1457
12	2010	2096	1874	2800
13	2011	2534	1598	1072
14	2012	3428	1799	1602
15	2013	3178	2633	2466
16	2014	2252	1767	1493
17	2015	2229	2028	1616
18	2016	3807	2639	2987
19	2017	3014	2269	2087
20	2018	2816	443	1601

(Sumber : Balai Wilayah Sungai NT1)

4.1.2 Uji Konsistensi Data Hujan

Untuk uji konsistensi data digunakan data curah hujan tahunan. Metode yang digunakan untuk uji konsistensi data adalah metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS). Contoh perhitungan uji konsistensi data menggunakan metode RAPS stasiun hujan Sesaot adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$Y_i = 2207 \text{ mm}$$

$$n = 20$$

$$\bar{Y} = 2469,52 \text{ mm}$$

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{y})$$

$$= (2207 - 2469,52)$$

$$= -262,720 \text{ mm}$$

$$D_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{y})^2}{n}$$

$$= \frac{(-262,70)^2}{20}$$

$$= 3451,077 \text{ mm}^2$$

$$D_y = \sqrt{\sum D_y^2}$$

$$= \sqrt{336238,636}$$

$$= 579,861 \text{ mm}$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y}$$

$$S_k^{**} = \frac{-262,720}{579,681} = -0,453$$

Hasil perhitungan uji konsistensi data hujan pad tiap stasiun hujan dapat dilihat pada Tabel 4.2, Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.

Tabel 4.2. Uji RAPS data curah hujan di stasiun hujan Sesaot.

No	Tahun	Curah Hujan (Yi)	Yi-Ȳ	Sk*	Dy ²	Sk**	Sk**
1	1999	2207	-262.720	-262.720	3451.077	-0.453	0.453
2	2000	2033	-437.020	-699.739	9549.302	-1.207	1.207
3	2001	1846	-623.220	-1322.959	19420.127	-2.282	2.282
4	2002	1558	-911.720	-2234.678	41561.622	-3.854	3.854
5	2003	2997	527.781	-1706.898	13927.613	-2.944	2.944
6	2004	2597	127.781	-1579.117	816.393	-2.723	2.723
7	2005	2827	357.781	-1221.337	6400.344	-2.106	2.106
8	2006	1847	-622.320	-1843.656	19364.078	-3.179	3.179
9	2007	2079	-390.220	-2233.876	7613.563	-3.852	3.852
10	2008	2096	-373.420	-2607.295	6972.106	-4.496	4.496
11	2009	1950	-519.980	-3127.275	13518.934	-5.393	5.393
12	2010	2096	-374.000	-3501.274	6993.781	-6.038	6.038
13	2011	2534	64.411	-3436.864	207.436	-5.927	5.927
14	2012	3428	957.981	-2478.883	45886.332	-4.275	4.275
15	2013	3178	708.381	-1770.503	25090.147	-3.053	3.053
16	2014	2252	-217.120	-1987.622	2357.044	-3.428	3.428
17	2015	2229	-240.320	-2227.942	2887.673	-3.842	3.842
18	2016	3807	1337.281	-890.661	89415.957	-1.536	1.536
19	2017	3014	543.981	-346.680	14795.739	-0.598	0.598
20	2018	2816	346.681	0.000	6009.368	0.000	0.000
Jumlah		49390.39			336238.636		
Rata-Rata (Ȳ)		2469.52					
Dy					579.861		
Min Sk**					-6.038		
Maks Sk**					0.000		
Q = Maks Sk**					6.038		
R = Maks Sk** - Min Sk**					6.038		

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.3. Uji RAPS data curah hujan di stasiun hujan Keru.

No	Tahun	Curah Hujan (Yi)	Yi-Ȳ	Sk*	Dy ²	Sk**	Sk**
1	1999	1010	-707.304	-707.304	25013.912	-0.929	0.929
2	2000	1460	-257.304	-964.607	3310.255	-1.267	1.267
3	2001	1188	-529.404	-1494.011	14013.403	-1.962	1.962
4	2002	307	-1410.704	-2904.714	99504.218	-3.814	3.814
5	2003	713	-1004.304	-3909.018	50431.276	-5.133	5.133
6	2004	1894	176.797	-3732.221	1562.850	-4.901	4.901
7	2005	2976	1259.137	-2473.085	79271.236	-3.247	3.247
8	2006	1643	-74.404	-2547.488	276.794	-3.345	3.345
9	2007	1413	-304.304	-2851.792	4630.031	-3.745	3.745
10	2008	1484	-233.504	-3085.295	2726.194	-4.051	4.051
11	2009	3209	1491.577	-1593.719	111240.023	-2.093	2.093
12	2010	1874	156.897	-1436.822	1230.826	-1.887	1.887
13	2011	1598	-119.104	-1555.926	709.282	-2.043	2.043
14	2012	1799	81.396	-1474.529	331.270	-1.936	1.936
15	2013	2633	916.097	-538.433	41961.640	-0.733	0.733
16	2014	1767	49.246	-509.186	121.261	-0.669	0.669
17	2015	2028	310.697	-198.490	4826.616	-0.261	0.261
18	2016	2639	921.396	722.907	42448.576	0.949	0.949
19	2017	2269	551.496	1274.403	15207.419	1.673	1.673
20	2018	443	-1274.404	0.000	81205.214	0.000	0.000
Jumlah		34346.07			580022.295		
Rata-Rata (Ȳ)		1717.304					
Dy					761.592		
min Sk**					-5.133		
maks Sk**					1.673		
Q = maks Sk**					5.133		
R = maks Sk** - min Sk**					6.806		

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.4. Uji RAPS data curah hujan di stasiun hujan Jurang Malang.

No	Tahun	Curah Hujan (Yi)	Yi-Ȳ	Sk*	Dy ²	Sk**	Sk**
1	1999	2064	194.741	194.741	1896.207	0.381	0.381
2	2000	2456	586.441	781.182	17195.665	1.530	1.530
3	2001	1154	-714.659	66.524	25536.858	0.130	0.130
4	2002	1914	44.741	111.265	100.089	0.218	0.218
5	2003	1707	-162.259	-50.994	1316.396	-0.100	0.100
6	2004	1326	-543.559	-594.553	14772.807	-1.164	1.164
7	2005	2245	375.841	-218.711	7062.831	-0.428	0.428
8	2006	1611	-257.759	-476.470	3321.979	-0.933	0.933
9	2007	1619	-250.459	-726.929	3136.480	-1.424	1.424
10	2008	2106	236.541	-490.388	2797.587	-0.960	0.960
11	2009	1457	-412.159	-902.547	8493.743	-1.767	1.767
12	2010	2800	930.791	28.245	43318.615	0.055	0.055
13	2011	1072	-796.659	-768.414	31733.260	-1.505	1.505
14	2012	1602	-266.929	-1035.343	3562.549	-2.028	2.028
15	2013	2466	597.047	-438.296	17823.243	-0.858	0.858
16	2014	1493	-375.889	-814.185	7064.619	-1.594	1.594
17	2015	1616	-252.959	-1067.144	3199.407	-2.090	2.090
18	2016	2987	1117.661	50.518	62458.330	0.099	0.099
19	2017	2087	217.641	268.159	2368.385	0.525	0.525
20	2018	1601	-268.159	0.000	3595.457	0.000	0.000
Jumlah		37381.18			260754.508		
Rata-Rata (Ȳ)		1869.059					
Dy					510.641		
min Sk**					-2.090		
maks Sk**					1.530		
Q = maks Sk**					2.090		
R = maks Sk** - min Sk**					3.620		

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.5. Hasil uji konsisten data stasiun hujan di Kawasan Sesaot dengan metode RAPS.

Stasiun Hujan	Q/√n	Nilai Q/√n (99%)	R/√n	Nilai R/√n (99%)	Keterangan
Sesaot	1.350	1,42	1.350	1,60	Konsisten
Keru	1.148	1,42	1.522	1,60	Konsisten
Jurang Malang	0.467	1,42	0.809	1,60	Konsisten

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil perhitungan data curah hujan tiap stasiun berdasarkan Tabel 4.5, data hujan dinyatakan konsisten.

4.1.3 Hujan Wilayah

Perhitungan hujan wilayah yang dihitung dengan meratakan data curah hujan harian maksimum tahunan dari tiap stasiun hujan yang diamati. Data curah hujan maksimum tahunan stasiun hujan Sesaot, Keru, dan stasiun hujan Jurang Malang dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Data hujan harian maksimum tahunan.

No	Tahun	Stasiun Sesaot		Stasiun Keru		Stasiun Jurang Malang	
		Tanggal Kejadian	Curah Hujan (mm)	Tanggal Kejadian	Curah Hujan (mm)	Tanggal Kejadian	Curah Hujan (mm)
1	1999	24-Jan	110	09-Okt	87	25-Jan	93
2	2000	22-Mar	79	18-Nov	85	13-Nov	73
3	2001	11-Mar	78	09-Jun	77	25-Mar	58
4	2002	05-Dec	96	03-Jan	27	16-Dec	69
5	2003	22-Mei	87	13-Okt	54	15-Dec	70
6	2004	29-Okt	88	29-Feb	250	28-Dec	94
7	2005	11-Okt	125	22-Nov	107	22-Nov	94
8	2006	16-Dec	61	28-Jan	76	04-Mar	59
9	2007	25-Dec	93	08-Jan	61	22-Dec	81
10	2008	25-Sep	93	03-Nov	68	04-Nov	111
11	2009	10-Jan	283	31-Jan	320	10-Jan	253
12	2010	24-Sep	134	22-Agu	75	20-Okt	111
13	2011	15-Apr	117	30-Mei	104	04-Feb	43
14	2012	08-Jan	93	08-Jan	85	20-Jan	75
15	2013	04-Dec	102	04-Dec	129	04-Dec	138
16	2014	26-Dec	80	23-Jan	213	28-Dec	81
17	2015	04-Mei	120	04-Mei	130	04-Apr	223
18	2016	16-Jan	133	12-Dec	121	20-Nov	156
19	2017	12-Jun	173	05-Okt	82	02-Feb	80
20	2018	01-Feb	142	19-Jun	88	21-Dec	74

(Sumber : Balai Wilayah Sungai NT1)

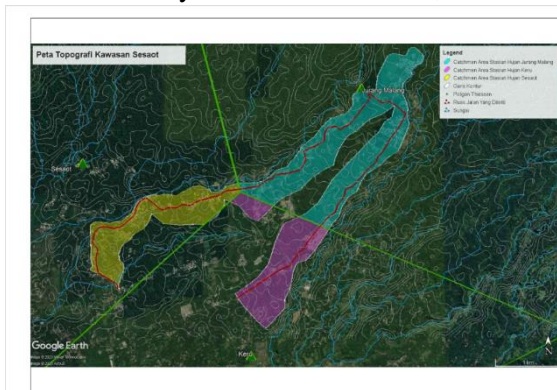
Untuk menentukan hujan wilayah pada Kawasan Sesaot, digunakan perhitungan metode poligon Thiessen dalam menentukan luas daerah pengaruh masing-masing stasiun hujan. Luas daerah tangkapan air hujan yang berpengaruh dapat dilihat pada Gambar 4.2 dengan luas pengaruh masing-masing wilayah daerah tangkapan air hujan :

Catchmen area pada stasiun hujan Sesaot (25.54%) : 1,160 km²

Catchmen area pada stasiun hujan Keru (23.77%) : 1,080 km²

Catchmen area pada stasiun hujan Jurang Malang (50.69%) : 2,302 km²

Total luas wilayah catchmen area : 4,542 km²



Gambar 4.2. Peta catchmen area pada tiap stasiun hujan di Kawasan Sesaot.

Perhitungan untuk mendapatkan hujan rerata wilayah harian maksimum dengan metode poligon Thiessen :

Diketahui :

A_1 (Catchmen area pada stasiun hujan Sesaot) = 1,160 km²

A_2 (Catchmen area pada stasiun hujan Keru) = 1,080 km²

A_3 (Catchmen area pada stasiun hujan Jurang Malang) = 2,302 km²

p_1 (Curah hujan harian pada stasiun hujan Sesaot) = 110 mm

p_2 (Curah hujan harian pada stasiun hujan Keru) = 0 mm

p_3 (Curah hujan harian pada stasiun hujan Jurang Malang) = 14 mm

$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + A_3 p_3 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

$$\bar{p} = \frac{(1,160 \times 110) + (1,080 \times 0) + (2,302 \times 14)}{1,160 + 1,080 + 2,302}$$

$$= 35,19 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Hujan wilayah harian maksimum tahunan.

Tahun	Stasiun Hujan	Tanggal	Bulan	Sesaot (25.34%)	Keru (23.77%)	Jurang Malang (50.69%)	Rata - Rata Hujan Daerah (mm)	Max Rata - Rata Hujan Daerah (mm)
1999	Sesaot	24	Jan	110.00	0.00	14.00	35.19	50.97
	Keru	09	Okt	0.00	87.00	0.00	20.68	
	Jurang Malang	25	Jan	15.00	0.00	93.00	50.97	
2000	Sesaot	22	Mar	79.00	85.00	28.00	54.58	65.93
	Keru	18	Nov	54.00	85.00	63.00	65.93	
	Jurang Malang	13	Nov	49.00	19.00	73.00	54.03	
2001	Sesaot	11	Mar	78.00	18.00	26.00	37.38	38.25
	Keru	09	Jun	25.00	77.00	6.00	27.73	
	Jurang Malang	25	Mar	3.00	34.00	58.00	38.25	
2002	Sesaot	05	Des	96.00	16.00	65.00	61.27	61.27
	Keru	03	Jan	5.00	27.00	30.00	22.90	
	Jurang Malang	16	Des	12.00	0.00	69.00	38.04	
2003	Sesaot	22	Mei	87.00	0.00	0.00	22.22	45.95
	Keru	13	Okt	38.00	54.00	6.00	25.58	
	Jurang Malang	15	Des	41.00	0.00	70.00	45.95	
2004	Sesaot	29	Okt	88.00	29.00	0.00	29.37	71.87
	Keru	29	Feb	9.00	250.00	20.00	71.87	
	Jurang Malang	28	Des	46.00	37.00	94.00	68.19	
2005	Sesaot	11	Okt	125.00	0.00	8.00	35.98	75.13
	Keru	22	Nov	8.00	107.00	94.00	75.13	
	Jurang Malang	22	Nov	8.00	107.00	94.00	75.13	
2006	Sesaot	16	Des	61.00	9.00	33.00	34.45	45.22
	Keru	28	Jan	19.00	76.00	44.00	45.22	
	Jurang Malang	04	Mar	41.00	14.00	59.00	43.70	
2007	Sesaot	25	Des	93.00	0.00	17.00	32.37	41.06
	Keru	08	Jan	0.00	61.00	0.00	14.50	
	Jurang Malang	22	Des	0.00	0.00	81.00	41.06	
2008	Sesaot	25	Sep	93.00	0.00	0.00	23.75	69.39
	Keru	03	Nov	61.00	68.00	0.00	31.75	
	Jurang Malang	04	Nov	3.00	52.00	111.00	69.39	
2009	Sesaot	10	Jan	283.00	210.00	253.00	250.44	250.44
	Keru	31	Jan	8.00	320.00	12.00	84.20	
	Jurang Malang	10	Jan	283.00	210.00	253.00	250.44	
2010	Sesaot	24	Sep	134.00	28.00	0.00	40.88	69.39
	Keru	22	Agu	77.00	75.00	37.00	56.25	
	Jurang Malang	20	Okt	3.00	52.00	111.00	69.39	
2011	Sesaot	15	Apr	117.00	36.00	0.00	38.44	46.94
	Keru	30	Mei	87.00	104.00	0.00	46.94	
	Jurang Malang	04	Feb	21.00	0.00	43.00	27.16	
2012	Sesaot	08	Jan	93.00	85.00	23.00	55.62	55.62
	Keru	08	Jan	93.00	85.00	23.00	55.62	
	Jurang Malang	20	Jan	1.00	0.00	75.00	38.27	
2013	Sesaot	04	Des	102.00	129.00	138.00	126.67	126.67
	Keru	04	Des	102.00	129.00	138.00	126.67	
	Jurang Malang	04	Des	102.00	129.00	138.00	126.67	
2014	Sesaot	26	Des	80.00	43.00	47.00	54.48	87.19
	Keru	23	Feb	28.00	213.00	58.00	87.19	
	Jurang Malang	28	Des	25.00	13.00	81.00	50.53	
2015	Sesaot	04	Mei	120.00	130.00	92.00	108.19	122.48
	Keru	04	Mei	120.00	130.00	92.00	108.19	
	Jurang Malang	04	Apr	37.00	0.00	223.00	122.48	
2016	Sesaot	16	Jan	133.00	99.00	77.00	96.53	112.24
	Keru	12	Des	51.00	121.00	139.00	112.24	
	Jurang Malang	20	Nov	1.00	1.00	156.00	79.56	
2017	Sesaot	12	Jun	173.00	68.00	33.00	77.08	77.08
	Keru	05	Okt	68.00	82.00	31.00	52.57	
	Jurang Malang	02	Feb	49.00	44.00	80.00	63.52	
2018	Sesaot	01	Feb	142.00	0.00	54.00	63.64	63.64
	Keru	19	Jun	125.00	88.00	21.00	63.49	
	Jurang Malang	21	Des	1.00	0.00	74.00	37.76	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.1.4 Analisis Pemilihan Agihan

Untuk mengetahui jenis agihan data yang sesuai, digunakan uji agihan frekuensi. Analisis ini digunakan untuk dasar perhitungan hujan rancangan dengan berbagai kala ulang. Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk

mengetahui kesesuaian agihan data. Adapun jenis agihanm antara lain : agihan Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III. Untuk mengetahui jenis agihan yang akan digunakan, perhitungannya sebagai berikut :

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 x_i &= 50,969 \text{ mm} \\
 \bar{x} &= 78,836 \text{ mm} \\
 x_i - \bar{x} &= 50,969 - 78,836 \\
 &= -27,867 \text{ mm} \\
 (x_i - \bar{x})^2 &= (-27,867)^2 \text{ mm} \\
 &= 776,551 \text{ mm}^2 \\
 (x_i - \bar{x})^3 &= (-27,867)^3 \text{ mm} \\
 &= -21639,906 \text{ mm}^3 \\
 (x_i - \bar{x})^4 &= (-27,867)^4 \text{ mm} \\
 &= 603032,200 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Perhitungan analisis distribuis frekuensi /agihan.

No	Tahun	X_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	1999	50.969	-27.867	776.551	-21639.906	603032.200
2	2000	65.931	-12.904	166.522	-2148.849	27729.439
3	2001	38.247	-40.589	1647.453	-66868.174	2714100.654
4	2002	61.269	-17.567	308.590	-5420.928	95228.040
5	2003	45.952	-32.884	1081.340	-35558.507	1169296.592
6	2004	71.868	-6.967	48.542	-338.205	2356.355
7	2005	75.125	-3.711	13.768	-51.087	189.561
8	2006	45.222	-33.614	1129.874	-37979.123	1276614.920
9	2007	41.056	-37.780	1427.339	-53925.074	2037296.947
10	2008	69.390	-9.446	89.230	-842.883	7962.015
11	2009	250.440	171.604	29448.012	5053403.355	867185390.067
12	2010	69.390	-9.446	89.230	-842.883	7962.015
13	2011	46.945	-31.891	1017.035	-32434.234	1034359.564
14	2012	55.618	-23.218	539.059	-12515.678	290584.556
15	2013	126.666	47.830	2287.703	109420.692	5233584.931
16	2014	87.186	8.350	69.726	582.221	4861.655
17	2015	122.480	43.644	1904.798	83133.005	3628256.409
18	2016	112.245	33.409	1116.161	37289.814	1245815.174
19	2017	77.078	-1.758	3.089	-5.429	9.543
20	2018	63.639	-15.197	230.948	-3509.707	53336.904
Jumlah		1576.714		43394.970	5009748.418	886617967.542
Rata-Rata		78.836				

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari Tabel 4.8 dapat dihitung analisis frekuensi dengan menggunakan persamaan berikut :

1. Menghitung nilai rerata hujan (\bar{x})

$$\begin{aligned}
 \bar{x} &= \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \\
 &= \frac{1576,714}{20} \\
 &= 78,836
 \end{aligned}$$

2. Menghitung simpangan baku (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{43394,970}{(20-1)}}$$

$$= 47,791$$

3. Menghitung koefisien asimetri (*skewness*) (C_s)

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

$$= \frac{20}{(20-1)(20-2)} (5009748.418)$$

$$= 292967,744$$

$$C_s = \frac{a}{S^3}$$

$$= \frac{292967,744}{47,791^3}$$

$$= 2,684$$

4. Menghitung koefisien variasi (C_v)

$$C_v = \frac{47,791}{78,836}$$

$$= 0,606$$

$$3C_v = 3 \times 0,571$$

$$= 1,819$$

5. Menghitung koefisien kurtosis (C_k)

$$C_k = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

$$= \frac{20}{(20-1)(20-2)(20-3) 47,791^4} (886617967,542)$$

$$= 11,694$$

Dengan melihat nilai C_s , C_v dan C_k , dapat diketahui sebaran yang cocok digunakan untuk mengetahui hujan rancangan periode kala ulang yang disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Persyaratan parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi.

No.	Distribusi	Persyaratan	Hasil Hitungan	
1	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$	C_s	2,684
2	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$	C_k	11,694
3	Log Normal	$C_s = C_v^2 + 3C_v$ $C_k = C_v^4 + 6C_v^3 + 15C_v^2 + 3$	C_v	0,606
4	Log Pearson tipe III	Selain dari nilai di atas	$3C_v$	1,819

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan parameter pemilihan distribusi frekuensi curah hujan pada Tabel 4.9 menunjukkan bahwa jenis distribusi yang dipilih adalah Log Pearson III.

4.1.5 Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi

Uji kecocokan distribusi dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili

distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Ada dua pengujian dalam menentukan kecocokan data yaitu uji Chi-Kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov.

1. Uji Chi-Kuadrat

a. Menghitung jumlah kelas distribusi (K) :

$$\text{Jumlah data } (n) = 20$$

$$K = 1 + 3,322 \times \log n$$

$$= 1 + 3,322 \times 20$$

$$= 5,322 \approx 6 \text{ kelas}$$

b. Menghitung derajat kebebasan (DK) :

$$\text{Untuk distribusi Log Pearson III, nilai } P = 2$$

$$DK = K - (P + 1)$$

$$= 6 - (2 + 1)$$

$$= 3$$

c. Penentuan interval kelas (Ik) :

$$Ik = \frac{R_{\text{terbesar}} - R_{\text{terkecil}}}{k}$$

$$= \frac{250,440 - 38,247}{6}$$

$$= 35,366 \text{ mm}$$

d. Sebaran analitis (Ei) :

$$Ei = \frac{n}{k}$$

$$= \frac{20}{6}$$

$$= 3,33$$

e. Pembagian interval kelas (DK) :

$$\text{Interval kelas I} = \text{data terkecil} + Ik$$

$$= 38,247 + 35,366$$

$$= 73,612$$

$$\text{Interval kelas II} = \text{batas akhir kelas I} + Ik$$

$$= 73,612 + 35,366$$

$$= 108,978$$

$$\text{Interval kelas III} = \text{data terkecil} + Ik$$

$$= 108,978 + 35,366$$

$$= 144,343$$

$$\text{Interval kelas IV} = \text{data terkecil} + Ik$$

$$= 92,464 + 16,992$$

$$= 109,456$$

$$\text{Interval kelas V} = \text{data terkecil} + Ik$$

$$= 179,709 + 35,366$$

$$= 215,074$$

$$\text{Interval kelas VI} = \text{data terkecil} + Ik$$

$$= 215,074 + 35,366$$

$$= 250,440$$

Hasil pengujian Chi-Kuadrat disajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Hasil uji Chi-Kuadrat data curah hujan.

Kelas	Interval	O _i	E _i	(O _i - E _i)	(O _i - E _i) ²
1	0 < X < 73,612	13	3,333	9,667	93,444
2	73,612 < X < 108,978	3	3,333	-0,333	0,111
3	108,978 < X < 144,343	3	3,333	-0,333	0,111
4	144,343 < X < 179,709	0	3,333	-3,333	11,111
5	179,709 < X < 215,074	0	3,333	-3,333	11,111
6	215,074 < X < 250,440	1	3,333	-2,333	5,444
Jumlah		20	20	0	121,333

(Sumber : Hasil Perhitungan)

f. Uji kecocokan nilai χ^2_{kritis} dengan nilai χ^2_{hitung} :

Berdasarkan Tabel 2.3, untuk $\alpha = 5\%$; $DK = 3$; diperoleh nilai $\chi^2_{kritis} = 7,815$

$$\chi^2_{hitung} = \sum_{i=0}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$\chi^2_{hitung} = \frac{121,333}{20}$$

$$\chi^2_{hitung} = 6,067$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai $\chi^2_{hitung} = 6,067$ lebih kecil dari nilai $\chi^2_{kritis} = 7,815$. Maka dapat disimpulkan bahwa distribusi Log Pearson III dapat digunakan.

2. Uji Smirnov Kolmogorov

Selain pengujian kecocokan Chi-Kuadrat maka perlu juga dilakukan pengujian kecocokan Smirnov-Kolmogorov. Data digambarkan pada kertas probabilitas dengan cara Weibull. Langkah selanjutnya memploting data pada kertas kementakan dengan peluan teoritis (P) sebagai sumbu X dan curah hujan (log X) sebagai sumbu Y. Kemudian mencari peluang data pengamatan (P₁) dengan cara menarik garis horizontal untuk nilai peluang teoritis (P) terhadap garis ekstrapolasi. Setelah penggambaran pada kertas distribusi Log Pearson III, maka selanjutnya perlu dilakukan pengujian kecocokan metode yang digunakan dengan uji Smirnov-Kolmogorov.

Tabel 4.11. Hasil uji Smirnov-Kolmogorov data curah hujan.

m	X	Log X	Peluang Data (%)		(P-P ₁)	P-P ₁
			P	P ₁		
1	38.247	1.583	4.762	16.500	-11.738	11.738
2	41.056	1.613	9.524	19.500	-9.976	9.976
3	45.222	1.655	14.286	27.000	-12.714	12.714
4	45.952	1.662	19.048	27.000	-7.952	7.952
5	46.945	1.672	23.810	29.000	-5.190	5.190
6	50.969	1.707	28.571	33.000	-4.429	4.429
7	55.618	1.745	33.333	39.000	-5.667	5.667
8	61.269	1.787	38.095	45.000	-6.905	6.905
9	63.639	1.804	42.857	48.000	-5.143	5.143
10	65.931	1.819	47.619	50.000	-2.381	2.381
11	69.390	1.841	52.381	53.000	-0.619	0.619
12	69.390	1.841	57.143	53.000	4.143	4.143
13	71.868	1.857	61.905	55.000	6.905	6.905
14	75.125	1.876	66.667	59.000	7.667	7.667
15	77.078	1.887	71.429	60.000	11.429	11.429
16	87.186	1.940	76.190	69.000	7.190	7.190
17	112.245	2.050	80.952	84.500	-3.548	3.548
18	122.480	2.088	85.714	88.000	-2.286	2.286
19	126.666	2.103	90.476	88.500	1.976	1.976
20	250.440	2.399	95.238	99.500	-4.262	4.262

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 2.4, untuk $\alpha = 5\%$; $n = 20$; diperoleh nilai $\Delta_{kritis} = 0,29\%$.

$$\Delta_{maks} = \frac{12,714}{100} = 0,127\%$$

Maka, syarat $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$ terpenuhi dengan nilai $0,127\% < 0,29\%$. Sehingga hipotesa Log Pearson III diterima.

4.1.6 Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan merupakan besaran hujan dengan kala ulang tertentu, misalnya X^2 merupakan besaran hujan dengan periode ulang 5 tahun dengan pengertian bahwa hujan sebaran itu atau lebih akan terjadi sekali selama kurun waktu 5 tahun. Perhitungan hujan rancangan metode Log Pearson III disajikan pada Tabel 4.12 :

Tabel 4.12. Analisis curah hujan rancangan metode Log Pearson III.

No	Xi	log Xi	log (Xi- \bar{X})	log (Xi- \bar{X}) ²	log (Xi- \bar{X}) ³
1	38.247	1.583	-0.264	0.070	-0.018
2	41.056	1.613	-0.233	0.054	-0.013
3	45.222	1.655	-0.191	0.037	-0.007
4	45.952	1.662	-0.184	0.034	-0.006
5	46.945	1.672	-0.175	0.031	-0.005
6	50.969	1.707	-0.139	0.019	-0.003
7	55.618	1.745	-0.101	0.010	-0.001
8	61.269	1.787	-0.059	0.004	0.000
9	63.639	1.804	-0.043	0.002	0.000
10	65.931	1.819	-0.027	0.001	0.000
11	69.390	1.841	-0.005	0.000	0.000
12	69.390	1.841	-0.005	0.000	0.000
13	71.868	1.857	0.010	0.000	0.000
14	75.125	1.876	0.029	0.001	0.000
15	77.078	1.887	0.040	0.002	0.000
16	87.186	1.940	0.094	0.009	0.001
17	112.245	2.050	0.204	0.041	0.008
18	122.480	2.088	0.242	0.058	0.014
19	126.666	2.103	0.256	0.066	0.017
20	250.440	2.399	0.552	0.305	0.168
Jumlah	1576.714	36.930	0.000	0.743	0.155
Rata-Rata (\bar{X})	78.836	1.846	0.000	0.037	0.008

(Sumber : Hasil Perhitungan)

1. Menghitung nilai rerata hujan (\bar{x})

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n}$$

$$= \frac{36,930}{20}$$

$$= 1,846$$

2. Menghitung simpangan baku (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,743}{(20-1)}}$$

$$= 0,198$$

3. Menghitung koefisien asimetri (*skewness*) (C_s)

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^3$$

$$= \frac{20}{(20-1)(20-2)} (0,155)$$

$$= 0,009$$

$$C_s = \frac{a}{S^3}$$

$$= \frac{0,009}{0,198^3}$$

$$= 1,173$$

Berdasarkan nilai koefisien asimetri (C_s) = 1,173, diperoleh besarnya faktor penyimpangan (k) dengan interpolasi berdasarkan Tabel 4.13, yaitu :

Tabel 4.13. Nilai k untuk distribusi Log Pearson III.

Kemencengan (Cs)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.681	4.820
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-0.132	0.780	1.336	2.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-0.116	0.790	1.333	2.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-0.099	0.800	1.328	2.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-0.083	0.808	1.323	2.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-0.066	0.816	1.317	2.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-0.050	0.824	1.309	2.849	2.211	2.544	2.856	3.595
0.2	-0.033	0.830	1.301	2.818	2.159	2.472	2.763	3.580
0.1	-0.017	0.836	1.292	2.785	2.107	2.400	2.670	3.501
0.0	0.000	0.842	1.282	2.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	0.017	0.836	1.270	2.761	2.004	2.252	2.482	3.950
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.200	1.216	1.280
-1.8	0.282	0.799	0.945	0.945	1.069	1.089	1.097	1.130
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	1.005	1.000
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008)

$$C_s = 1.2; \quad k = -0,195$$

$$C_s = 1,173; \quad k = \dots\dots\dots$$

$$C_s = 1,0; \quad k = -0,164$$

Interpolasi nilai k :

$$k = -0,195 + \frac{1,173-1,2}{1-1,2} (-0,164 - (-0,195))$$

$$= -0,191$$

Perhitungan selanjutnya dilanjutkan pada Tabel 4.14 dengan nilai k untuk setiap periode ulang.

Tabel 4.14. Nilai K untuk tiap periode ulang.

Periode	k
2	-0,191
5	0.736
10	1,340
25	2,081
50	2,615
100	3.132
1000	4,782

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Perhitungan hujan rancangan untuk setiap periode ulang :

$$\log x_T = \log \bar{x} + k \cdot S \log \bar{x}$$

$$x_T = 10^{\log x_T}$$

Dimana :

$$S \log \bar{x} = 0.198$$

a. Hujan Rancangan Periode Ulang 2 Tahun

$$\log x_T = 1,846 + (-0,191) \times 0.198$$

- $x_T = 1,809$
 $x_T = 10^{1,809}$
 $= 64,381 \text{ mm}$
- b. Hujan Rancangan Periode Ulang 5 Tahun
 $\log x_T = 1,846 + 0,736 \times 0,198$
 $= 1,992$
 $x_T = 10^{1,992}$
 $= 98,151 \text{ mm}$
- c. Hujan Rancangan Periode Ulang 10 Tahun
 $\log x_T = 1,846 + 1,340 \times 0,198$
 $= 2,111$
 $x_T = 10^{2,111}$
 $= 129,242 \text{ mm}$
- d. Hujan Rancangan Periode Ulang 25 Tahun
 $\log x_T = 1,846 + 2,081 \times 0,198$
 $= 2,258$
 $x_T = 10^{2,258}$
 $= 181,098 \text{ mm}$
- e. Hujan Rancangan Periode Ulang 50 Tahun
 $\log x_T = 1,846 + 2,615 \times 0,198$
 $= 2,363$
 $x_T = 10^{2,615}$
 $= 230,981 \text{ mm}$
- f. Hujan Rancangan Periode Ulang 100 Tahun
 $\log x_T = 1,846 + 3,132 \times 0,198$
 $= 2,466$
 $x_T = 10^{2,466}$
 $= 292,184 \text{ mm}$
- g. Hujan Rancangan Periode Ulang 1000 Tahun
 $\log x_T = 1,846 + 4,782 \times 0,198$
 $= 2,792$
 $x_T = 10^{2,792}$
 $= 619,345 \text{ mm}$

Hasil perhitungan hujan rancangan periode ulang 2 tahun sampai dengan 1000 tahun disajikan pada Table 4.15.

Tabel 4.15 Nilai Curah Hujan Rancangan

Kala Ulang (Tahun)	Log XT	Hujan Rancangan (mm)
2	1,809	64,381
5	1,992	98,151
10	2,111	129,242
25	2,258	181,098
50	2,363	230,891
100	2,466	292,184
1000	2,792	619,345

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.1.7 Kala Ulang Hujan

Besar kala ulang hujan yang digunakan untuk perencanaan sistem drainase di Kawasan Sesaot dilihat dari tipologi kota serta daerah tangkapan air hujan adalah kala ulang 5 tahun

dengan besar curah hujan rancangan 96,269 mm.

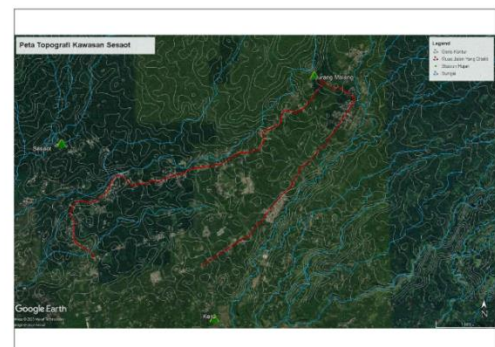
Tabel 4.16. Besar kala ulang hujan untuk perencanaan drainase berdasarkan tipologi.

Tipologi Kota	Luas Daerah Tangkapan Air (Ha)			
	<10	10-100	101-500	>500
Kota Metropolitan	2 Th	2-5 Th	5-10 Th	10-25 Th
Kota Besar	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-20 Th
Kota Sedang	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2-5 Th

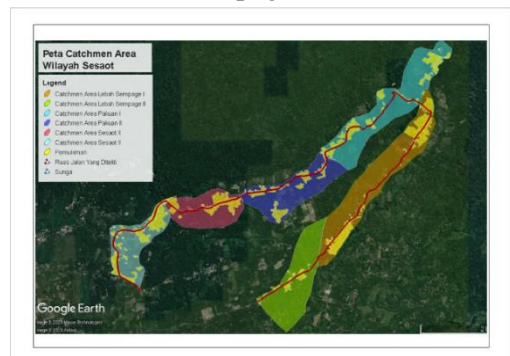
(Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2014)

4.1.8 Daerah Tangkapan Air Hujan

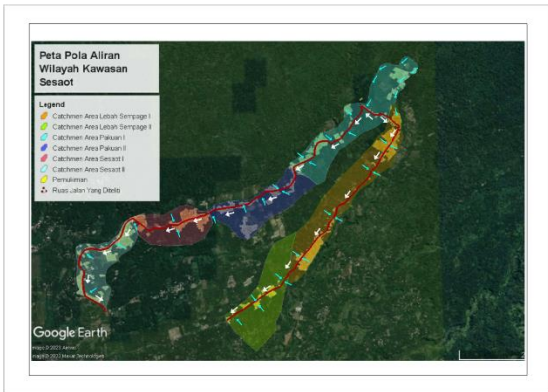
Daerah tangkapan air hujan adalah luas lahan yang masih mempengaruhi besarnya debit pada saluran yang ditinjau, sehingga luas daerah tangkapan air hujan secara detail dapat ditentukan dari peta layout jaringan drainase dan peta topografi. Daerah tangkapan air hujan ini berupa jalan aspal, pemukiman, lahan vegetasi, dan perdagangan. Dari gambar peta topografi Kawasan Sesaot dapat dilihat luas daerah tangkapan air hujan yang berpengaruh pada lokasi yang ditinjau. Luas daerah tangkapan air hujan di Kawasan Sesaot dapat dilihat pada Tabel 4.17.



Gambar 4.3. Peta topografi Kawasan Sesaot.



Gambar 4.4. Peta daerah tangkapan air hujan Kawasan Sesaot.



Gambar 4.5. Peta pola aliran air hujan Kawasan Sesaot.

Tabel 4.17. Luas daerah tangkapan air hujan Kawasan Sesaot

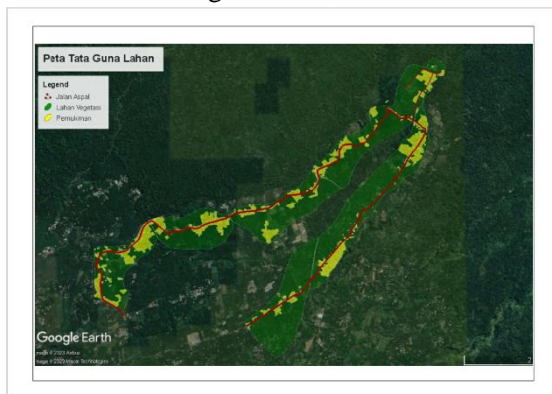
Catchmen Area	Luas (km ²)	Total
Lebah Sempage I	1,050	1,786
Lebah Sempage II	0,762	
Pakuan I	0,973	1,648
Pakuan II	0,675	
Sesaot I	0,535	1,108
Sesaot II	0,573	
Total	4.542	

(Sumber : Hasil Analisis)

4.1.9 Koefisien Pengaliran

Harga koefisien pengaliran ditentukan berdasarkan penggunaan tanah daerah yang ditinjau. Nilai koefisien pengaliran berbeda untuk setiap tipe daerah pengaliran, karena itu pada analisis ini, koefisien pengaliran yang diambil untuk beberapa tipe daerah pengaliran berdasarkan Tabel 2.9 adalah sebagai berikut :

- Jalan aspal : 0,70 - 0,95
- Pemukiman : 0,30 - 0,50
- Lahan vegetasi : 0,15



Gambar 4.6. Peta tata guna lahan Kawasan Sesaot

Untuk tipe daerah pengaliran yang beragam, koefisien pengaliran dicari dengan persamaan 2.26. Berikut adalah contoh perhitungan koefisien pengaliran pada *catchmen area* Lebah Sempage I (Kiri):

- Luas pemukiman : 0,075 km²
- Luas jalan : 0,011 km²
- Luas lahan vegetasi : 0,459 km²
- Luas total daerah layanan : 0,545 km²

$$C_{komposit} = \frac{A_1C_1 + A_2C_2 + A_3C_3}{\sum A}$$

$$= \frac{0,075 \times 0,50 + 0,011 \times 0,95 + 0,459 \times 0,15}{0,545}$$

$$= 0,214$$

Perhitungan selanjutnya untuk *catchmen area* yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18. Hasil analisis *catchmen area* dan koefisien pengaliran.

Catchmen Area	Luas Daerah Layanan (km ²)		Luas Total Daerah Layanan (km ²)	Koefisien Pengaliran (C)	Koefisien Komposit (C _{komposit})
	Pemukiman	Jalan Aspal			
Lebah Sempage I (Kiri)	0,075	0,011	0,545	0,5	0,214
	0,459			0,95	
		0,459		0,15	
Lebah Sempage I (Kanan)	0,137	0,011	0,516	0,5	0,259
	0,368			0,95	
		0,368		0,15	
Lebah Sempage II (Kiri)	0,017	0,004	0,317	0,5	0,179
	0,296			0,95	
		0,296		0,15	
Lebah Sempage II (Kanan)	0,020	0,004	0,449	0,5	0,173
	0,424			0,95	
		0,424		0,15	
Pakuan I (Kiri)	0,034	0,012	0,260	0,5	0,234
	0,213			0,95	
		0,213		0,15	
Pakuan I (Kanan)	0,130	0,012	0,725	0,5	0,226
	0,583			0,95	
		0,583		0,15	
Pakuan II (Kiri)	0,077	0,006	0,508	0,5	0,212
	0,425			0,95	
		0,425		0,15	
Pakuan II (Kanan)	0,038	0,006	0,173	0,5	0,253
	0,129			0,95	
		0,129		0,15	
Sesaot I (Kiri)	0,059	0,004	0,273	0,5	0,239
	0,209			0,95	
		0,209		0,15	
Sesaot I (Kanan)	0,062	0,004	0,267	0,5	0,245
	0,201			0,95	
		0,201		0,15	
Sesaot II (Kiri)	0,133	0,007	0,403	0,5	0,280
	0,262			0,95	
		0,262		0,15	
Sesaot II (Kanan)	0,054	0,007	0,177	0,5	0,290
	0,116			0,95	
		0,116		0,15	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.1.10 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (t_c) dapat dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen yaitu waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan lahan sampai

saluran terdekat (t_0) dan waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai di titik keluaran (t_d). Berikut ini adalah perhitungan waktu konsentrasi pada ruas saluran Lebah Sempage I (Kiri) :

$$\text{Panjang lintasan aliran di dalam saluran } (L_s) = 3000 \text{ m}$$

$$\text{Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan } (L) = 75.80 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi awal lahan } (E_0) = +429 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi akhir lahan } (E_1) = +426 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi awal saluran } (E_0) = +429 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi akhir saluran } (E_1) = +351 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan lahan } (S) = \frac{\Delta h}{L}$$

$$= \frac{E_0 - E_1}{L}$$

$$= \frac{429 - 426}{75.80}$$

$$= 0,047$$

$$\text{Kemiringan saluran } (S) = \frac{\Delta h}{L}$$

$$= \frac{E_0 - E_1}{L}$$

$$= \frac{429 - 351}{3000}$$

$$= 0,026$$

$$\text{Koefisien manning lahan } (n) = 0,023$$

$$\text{Koefisien manning saluran } (n) = 0,013$$

$$\text{Luas tampang basah } (A) = b \times h$$

$$= 0,600 \times 0,300$$

$$= 0,180 \text{ m}^2$$

$$\text{Keliling basah } (P) = b + 2h$$

$$= 0,600 + 2(0,200)$$

$$= 1,20 \text{ m}$$

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

$$= \frac{0,180}{1,20}$$

$$= 0,150 \text{ m}$$

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

$$= \frac{1}{0,013} \cdot 0,150^{\frac{2}{3}} \cdot 0,026^{\frac{1}{2}}$$

$$= 3,499 \text{ m/detik}$$

$$\text{Maka, } t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}}\right)$$

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 63,50 \times \frac{0,023}{\sqrt{0,047}}\right)$$

$$= 14,693 \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{L_s}{60V}$$

$$= \frac{3000}{60 \times 3,499}$$

$$= 14,288 \text{ menit}$$

$$t_c = t_0 + t_d$$

$$t_c = 14,693 + 14,288$$

$$= 28,981 \text{ menit}$$

Perhitungan hasil analisis waktu konsentrasi tiap saluran dapat dilihat pada Tabel 4.19. Berdasarkan Tabel 4.19 maka waktu konsentrasi (t_c) yang digunakan untuk perhitungan intensitas hujan adalah waktu konsentrasi maksimum ($t_{c \text{ maks}}$) sebesar 296,189 menit = 4,936 jam.

Tabel 4.19. Hasil analisis waktu konsentrasi.

Nama Saluran	Panjang Lintasan Lahan (L)	Elevasi Awal Lahan (E ₀)	Elevasi Akhir Lahan (E ₁)	Kemiringan Lahan (S)	Koefisien Manning (n)	Panjang Lintasan Saluran (L _s)	Elevasi Awal Saluran (E ₀)	Elevasi Akhir Saluran (E ₁)	Kemiringan Saluran (S)	Koefisien Manning (n)	Lebar Saluran Eksisting (b)	Tinggi Saluran Eksisting (h)	A (m ²)	P (m)	R (m)	V (m/detik)	t ₀ (menit)	t _d (menit)	t _c (menit)
Lebah Sempage I (Kiri)	63,50	429	426	0,047	0,023	3000	429	351	0,026	0,013	0,600	0,300	0,180	1,200	0,150	3,499	14,693	14,288	28,981
Lebah Sempage I (Kanan)	213,00	441	429	0,056	0,023	3000	429	351	0,026	0,013	0,400	0,300	0,080	0,800	0,100	2,670	45,132	18,725	63,857
Lebah Sempage II (Kiri)	612,00	366	350	0,026	0,023	1180	351	313	0,032	0,013	1,300	0,300	0,330	1,700	0,194	8,083	190,361	2,434	192,794
Lebah Sempage II (Kanan)	1155,00	550	346	0,036	0,023	1180	351	313	0,032	0,013	1,000	0,600	0,600	2,200	0,275	10,139	48,576	1,940	50,466
Pakuan I (Kiri)	122,00	456	429	0,057	0,023	2065	429	388	0,020	0,023	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	1,000	251,615	34,417	60,032
Pakuan I (Kanan)	912,00	478	430	0,031	0,023	2065	429	388	0,020	0,023	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	1,000	261,772	34,417	296,189
Pakuan II (Kiri)	306,00	395	388	0,024	0,023	1800	388	326	0,039	0,013	0,800	0,400	0,240	1,400	0,171	4,470	56,305	5,710	62,015
Pakuan II (Kanan)	66,70	390	388	0,030	0,023	1800	388	326	0,039	0,013	0,700	0,900	0,630	2,500	0,222	6,038	19,372	4,816	23,789
Sesaot I (Kiri)	103,00	330	323	0,049	0,023	1280	326	259	0,052	0,013	0,700	0,500	0,350	1,700	0,206	6,131	23,512	3,478	26,990
Sesaot I (Kanan)	42,70	326	323	0,023	0,023	1280	326	259	0,052	0,013	0,600	0,700	0,420	2,000	0,210	6,215	14,033	3,433	17,466
Sesaot II (Kiri)	337,00	326	259	0,051	0,023	2075	259	238	0,010	0,023	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	1,000	39,878	14,583	54,461
Sesaot II (Kanan)	18,30	260	259	0,035	0,023	2075	259	238	0,010	0,023	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	1,000	3,937	34,583	38,521

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.1.11 Analisis Intensitas Hujan

Analisis intensitas hujan menggunakan persamaan Mononobe karena data curah hujan yang didapat berdasarkan curah hujan harian. Berikut ini adalah perhitungan intensitas hujan (I) berdasarkan curah hujan kala ulang 5 tahun :

Besaran hujan dengan kala ulang 5 tahun (R_{24}) = 98,151 mm

$$\text{Intensitas hujan } (I) = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= \frac{98,151}{24} \left(\frac{24}{4,936}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 11,743 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan hasil analisis intensitas hujan untuk masing-masing saluran dapat dilihat pada Tabel 4.20 :

Tabel 4.20. Hasil analisis intensitas hujan pada saluran

Nama Saluran	R ₂₄ (mm)	t _c (jam)	I (mm/jam)
Lebah Sempage I (Kiri)	98,151	4,936	11,743
Lebah Sempage I (Kanan)			
Lebah Sempage II (Kiri)			
Lebah Sempage II (Kanan)			
Pakuan I (Kiri)			
Pakuan I (Kanan)			
Pakuan II (Kiri)			
Pakuan II (Kanan)			
Sesaot I (Kiri)			
Sesaot I (Kanan)			
Sesaot II (Kiri)			
Sesaot II (Kanan)			

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.1.12 Debit Pengaliran Air Hujan

Untuk menghitung debit air hujan digunakan metode Rasional. Besarnya debit dapat dihitung menggunakan persamaan 2.39. Berikut ini adalah perhitungan debit banjir pada ruas saluran Lebah Sempage I (Kiri) :

$$\begin{aligned} \text{Koefisien pengaliran (C)} &= 0,214 \\ \text{Intensitas hujan (I)} &= 11,743 \\ &\text{mm/jam} \\ \text{Luas daerah pengaliran (A)} &= 0,545 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,214 \times 11,743 \times 0,545 \\ &= 0,380 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Perhitungan hasil analisis debit air hujan pada masing-masing saluran dapat dilihat pada Tabel 4.21 :

Tabel 4.21. Hasil analisis debit air hujan pada saluran.

Nama Saluran	C	I (mm/jam)	A (km ²)	Q (m ³ /detik)
Lebah Sempage I (Kiri)	0.214	11.743	0.545	0.380
Lebah Sempage I (Kanan)	0.259		0.516	0.436
Lebah Sempage II (Kiri)	0.179		0.317	0.186
Lebah Sempage II (Kanan)	0.173		0.449	0.254
Pakuan I (Kiri)	0.234		0.260	0.198
Pakuan I (Kanan)	0.226		0.725	0.536
Pakuan II (Kiri)	0.212		0.508	0.351
Pakuan II (Kanan)	0.253		0.173	0.143
Sesaot I (Kiri)	0.239		0.273	0.213
Sesaot I (Kanan)	0.245		0.267	0.213
Sesaot II (Kiri)	0.280		0.403	0.369
Sesaot II (Kanan)	0.290		0.177	0.168

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.1.13 Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan adalah total debit dari tiap-tiap saluran. Berikut ini adalah contoh perhitungan debit banjir saluran pada wilayah Kawasan Sesaot :

$$\begin{aligned} Q_{\text{Lebah Sempage I (Kiri)}} &= 0,380 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q_{\text{Lebah Sempage II (Kiri)}} &= 0,186 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q_{\text{total}} &= Q_{\text{Lebah Sempage I (Kiri)}} + Q_{\text{Lebah Sempage II (Kiri)}} \\ &= 0,380 + 0,186 \\ &= 0,566 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Perhitungan hasil analisis debit banjir rancangan pada masing-masing saluran dapat dilihat pada Tabel 4.22 :

Tabel 4.22. Hasil analisis debit banjir rancangan.

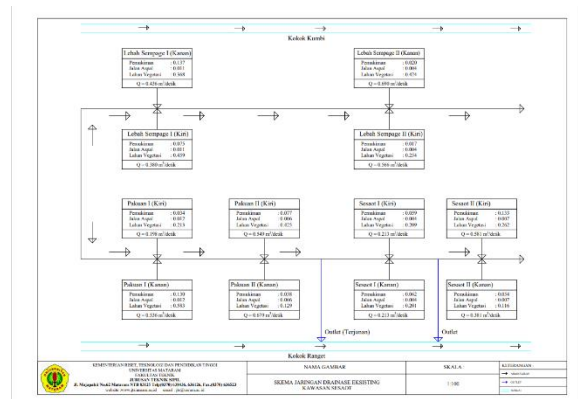
Nama Saluran	Q (m ³ /detik)	Uraian	Q total (m ³ /detik)
Lebah Sempage I (Kiri) (LS1Ki)	0.380	(LS1Ki)	0.380
Lebah Sempage I (Kanan) (LS1Ka)	0.436	(LS1Ka)	0.436
Lebah Sempage II (Kiri) (LS2Ki)	0.186	(LS1Ki) + (LS2Ki)	0.566
Lebah Sempage II (Kanan) (LS2Ka)	0.254	(LS1Ka) + (LS2Ka)	0.690
Pakuan I (Kiri) (PK1Ki)	0.198	(PK1Ki)	0.198
Pakuan I (Kanan) (PK1Ka)	0.536	(PK1Ka)	0.536
Pakuan II (Kiri) (PK2Ki)	0.351	(PK1Ki) + (PK2Ki)	0.549
Pakuan II (Kanan) (PK2Ka)	0.143	(PK2Ka) + (PK2Ka)	0.679
Sesaot I (Kiri) (S1Ki)	0.213	(S1Ki)	0.213
Sesaot I (Kanan) (S1Ka)	0.213	(S1Ka)	0.213
Sesaot II (Kiri) (S2Ki)	0.369	(S1Ki) + (S2Ki)	0.581
Sesaot II (Kanan) (S2Ka)	0.168	(S1Ka) + (S2Ka)	0.381

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.2 Analisis Sistem Jaringan Drainase

4.2.1 Sistem Jaringan Drainase Eksisting

Berdasarkan hasil survey dan pengumpulan data di lapangan, terlihat bahwa masih banyak bagian ruas jalan yang belum memiliki saluran drainase, saluran yang hanya digali, ataupun saluran yang terputus. Selain itu beberapa bagian ruas juga belum memiliki outlet saluran drainase untuk dialirkan untuk mencegah menumpuknya debit banjir pada ruas tanpa outlet diperlukan perencanaan skema jaringan drainase agar saluran drainase tiap ruas dapat mengalirkan debit banjir drainase dengan baik.

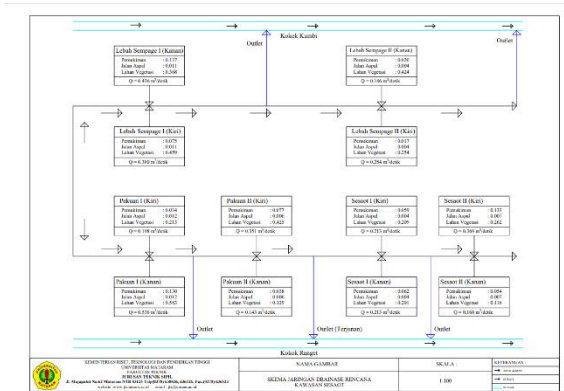


Gambar 4.7. Skema jaringan drainase eksisting Kawasan Sesaot.

4.2.2 Sistem Jaringan Drainase Rencana

Berdasarkan analisis sistem jaringan drainase eksisting di Kawasan Sesaot, diperlukan perencanaan perbaikan sistem jaringan drainase pada kawasan tersebut. Beberapa hal yang perlu diperbaiki dalam sistem jaringan drainase tersebut adalah perencanaan outlet saluran menuju sungai terdekat pada tiap ruas saluran sehingga beban debit yang mengalir menuju saluran pada akhir ruas tidak terlalu besar; perencanaan saluran

drainase pada ruas saluran yang belum memiliki drainase, saluran yang masih berupa galian, saluran drainase yang rusak, serta saluran yang terputus sehingga saluran drainase tiap ruas dapat terhubung; dan melakukan normalisasi pada saluran yang tersumbat oleh sedimen, limbah sampah ataupun vegetasi.



Gambar 4.8. Skema jaringan drainase rencana Kawasan Sesaot.

4.3 Analisis Hidrolika

4.3.1 Analisis Kapasitas Saluran Eksisting

Analisis kapasitas saluran dapat dilakukan dengan membandingkan debit banjir rancangan di saluran tersebut dengan kapasitas dari saluran eksisting tersebut. Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari kapasitas saluran drainase pada ruas Lebah Sempage I (Kiri) pada patok 0+450.

Bentuk saluran eksisting = segi empat

$$Q_{total} = 0,380 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Kemiringan saluran } (S) = 0,026$$

$$\text{Koefisien manning } (n) = 0,013$$

$$\text{Lebar saluran } (b) = 0,600 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi saluran } (h) = 0,200 \text{ m}$$

$$\text{Luas tampang basah } (A) = b \times h = 0,600 \times 0,200 = 0,120 \text{ m}^2$$

$$\text{Kelilih basah } (P) = b + 2h = 0,600 + 2(0,200) = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari hidrolis } (R) = \frac{A}{P} = \frac{0,120}{1,00} = 0,120 \text{ m}$$

Maka,

$$Q_{saluran} = V \times A = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \times A = \frac{1}{0,013} \cdot 0,120^{\frac{2}{3}} \cdot 0,026^{\frac{1}{2}} \times 0,120$$

$$= 0,362 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Nilai $Q_{saluran} = 0,362 \text{ m}^3/\text{detik}$, lebih kecil dari $Q_{total} = 0,380 \text{ m}^3/\text{detik}$. Ini membuktikan bahwa pada saluran eksisting di ruas Lebah Sempage I (Kiri) tidak dapat menampung debit banjir rancangan. Perhitungan selanjutnya dengan langkah yang sama untuk saluran selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.23 :

Tabel 4.23 . Hasil analisis kapasitas saluran eksisting.

Nama Saluran	Q (m ³ /detik)	Kemiringan Saluran (S)	Koefisien Manning (n)	Lebar Desain (b)	Tinggi Desain (h)	A (m ²)	P(m)	R(m)	V (m ³ /detik)	Qsaluran (m ³ /detik)	Keterangan
Lebah Sempage II (Kiri)	0,380	0,026	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Meluang
				0,600	0,200	0,120	1,000	0,120	3,015	0,362	Meluang
				0,600	0,400	0,240	1,400	0,171	3,825	0,918	Memenuhi
				0,600	0,150	0,090	0,900	0,100	2,670	0,240	Meluang
				1,000	0,300	0,300	1,800	0,188	4,061	1,218	Memenuhi
				0,700	0,300	0,210	1,300	0,162	3,677	0,772	Memenuhi
				1,100	0,300	0,330	1,700	0,194	4,156	1,372	Memenuhi
				0,900	0,600	0,540	2,100	0,257	5,013	2,707	Memenuhi
				0,500	0,200	0,100	0,900	0,111	2,865	0,286	Meluang
				0,800	0,300	0,240	1,400	0,171	3,825	0,918	Memenuhi
				0,800	0,400	0,320	1,600	0,200	4,240	1,357	Memenuhi
				1,200	1,000	1,200	3,200	0,375	6,448	7,738	Memenuhi
1,000	0,800	0,800	2,600	0,308	5,651	4,521	Memenuhi				
1,000	0,700	0,700	2,400	0,292	5,453	3,817	Memenuhi				
0,900	0,700	0,560	2,200	0,255	4,980	2,789	Memenuhi				
0,700	0,500	0,350	1,700	0,206	4,322	1,513	Memenuhi				
0,800	0,800	0,640	2,400	0,267	5,136	3,287	Memenuhi				
1,000	0,600	0,600	2,200	0,273	5,214	3,128	Memenuhi				

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil analisis kapasitas saluran eksisting, diperlukan perencanaan saluran baru pada saluran yang belum memiliki saluran drainase, perubahan dimensi pada saluran yang tidak mampu menampung banjir dan merencanakan outlet saluran di beberapa titik pada tiap ruas saluran untuk mengurangi beban debit pada akhir ruas saluran.

4.3.2 Perencanaan Saluran

Perencanaan saluran merupakan proses mendimensi lebar dan tinggi saluran drainase agar memenuhi syarat $Q_{total} < Q_{saluran}$. Berikut ini adalah perhitungan untuk merencanakan saluran drainase pada ruas Lebah Sempage II (Kiri).

Bentuk saluran rencana = segi empat

$$Q_{total} = 0,380 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Kemiringan saluran } (S) = 0,026$$

$$\text{Koefisien manning } (n) = 0,013$$

$$\text{Lebar saluran } (b) = 0,800 \text{ m}$$

$$\text{Luas tampang basah } (A) = b \times h = 0,800 \times h = 0,800h$$

$$\text{Kelilih basah } (P) = b + 2h = 0,800 + 2h$$

$$\text{Jari-jari hidrolis } (R) = \frac{A}{P} = \frac{0,800h}{0,800+2h}$$

Maka,

$$Q = V \times A$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \times A$$

$$0,380 = \frac{1}{0,013} \cdot \left(\frac{0,800h}{0,800 + 2h} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot 0,026^{\frac{1}{2}} \times 0,800h$$

$$h = 0,246 \text{ m} \approx 0,300 \text{ m}$$

Karena $Q_{\text{saluran}} = 0,380 < 0,500 \text{ m}^3/\text{detik}$, berdasarkan Tabel 2.11 maka digunakan tinggi jagaan setinggi 0,20 m, sehingga diperoleh $h = 0,500 \text{ m}$. Dengan nilai $h = 0,500 \text{ m}$, dihitung Q_{saluran} :

$$Q_{\text{saluran}} = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \times A$$

$$= \frac{1}{0,013} \cdot \left(\frac{0,800 \cdot 0,500}{0,800 + 2 \cdot 0,500} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot 0,026^{\frac{1}{2}} \times 0,800 \times 0,500$$

$$Q_{\text{saluran}} = 1,819 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, $Q_{\text{saluran}} = 1,819 \text{ m}^3/\text{detik} > Q_{\text{total}} = 0,380 \text{ m}^3/\text{detik}$, maka kapasitas saluran dapat menampung debit banjir saluran. Untuk dimensi saluran pada ruas Kawasan Sesaot direncanakan menggunakan saluran U-Ditch $80 \times 80 \times 100$. Perhitungan selanjutnya dengan langkah yang sama dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24. Hasil analisis kapasitas saluran rancangan.

Nama Saluran	Q (m ³ /detik)	Kemiringan Saluran (i)	Koefisien Manning (n)	Lebar Dahan (b)	Tinggi Dahan (h)	A (m ²)	P(m)	R(m)	V (m ³ /detik)	Qsaluran (m ³ /detik)	Keterangan
Lebah Sempage I (Kiri)	0.380	0.026	0.013	0.800	0.800	0.640	2.400	0.267	5.136	3.287	Memenuhi
Lebah Sempage I (Kanan)	0.436	0.026		0.800	0.800	0.640	2.400	0.267	5.136	3.287	Memenuhi
Lebah Sempage II (Kiri)	0.566	0.032		0.800	0.800	0.640	2.400	0.267	9.968	6.392	Memenuhi
Lebah Sempage II (Kanan)	0.690	0.032		0.800	0.800	0.640	2.400	0.267	9.968	6.392	Memenuhi
Pakuan I (Kiri)	0.198	0.020		0.800	0.800	0.640	2.400	0.267	4.489	2.873	Memenuhi
Pakuan I (Kanan)	0.536	0.020		0.800	0.800	0.640	2.400	0.267	4.489	2.873	Memenuhi
Pakuan II (Kiri)	0.549	0.039		0.800	0.800	0.640	2.400	0.267	6.271	4.013	Memenuhi
Pakuan II (Kanan)	0.679	0.039		0.800	0.800	0.640	2.400	0.267	6.271	4.013	Memenuhi
Sesaot I (Kiri)	0.213	0.052		0.800	0.800	0.640	2.400	0.267	7.288	4.664	Memenuhi
Sesaot I (Kanan)	0.213	0.052		0.800	0.800	0.640	2.400	0.267	7.288	4.664	Memenuhi
Sesaot II (Kiri)	0.581	0.010		0.800	0.800	0.640	2.400	0.267	3.205	2.051	Memenuhi
Sesaot II (Kanan)	0.381	0.010		0.800	0.800	0.640	2.400	0.267	3.205	2.051	Memenuhi

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan saluran dengan menggunakan saluran U-Ditch $80 \times 80 \times 100$ pada tiap ruas saluran di Kawasan Sesaot, hasil yang diperoleh yaitu $Q_{\text{saluran}} > Q_{\text{total}}$, maka kapasitas saluran rencana mampu untuk menampung debit banjir rancangan.

4.3.3 Perencanaan Outlet Saluran

Untuk merencanakan outlet saluran digunakan saluran gorong-gorong. Gorong-gorong merupakan konstruksi yang dibuat akibat adanya persimpangan antara jalan dengan saluran. Bentuk gorong-gorong yang direncanakan adalah persegi. Berikut ini adalah perhitungan untuk perencanaan outlet gorong-gorong pada ruas Lebah Sempage I (Kiri) :

Bentuk saluran rencana = persegi

$Q_{\text{total}} = 0,380 \text{ m}^3/\text{detik}$

Koefisien kontraksi (C) = 0,9

Koefisien manning (n) = 0,013

Percepatan gravitasi (g) = 0,981 m/detik²

Direncanakan,

Tinggi gorong-gorong (D) = 0,800 m

Lebar gorong-gorong (B) = 0,800 m

Maka,

$$Q = \frac{2}{3} \cdot C \cdot B \cdot H \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot H}$$

$$0,380 = \frac{2}{3} \cdot 0,900 \cdot 0,800 \cdot H \sqrt{\frac{2}{3} \cdot 9,81 \cdot H}$$

$$H = 0,457 \text{ m} \approx 0,500 \text{ m}$$

Untuk menentukan kontrol debit yang masuk pada gorong-gorong diperlukan syarat $H < 1,2D$ untuk pemasukan aliran tidak tenggelam dan $H > 1,2D$ untuk pemasukan aliran tenggelam.

$$H < 1,2D$$

$$0,500 < 1,2 \times 0,800$$

$$0,500 < 0,960$$

Syarat $H < 1,2D$ terpenuhi, maka digunakan gorong-gorong aliran bebas. Setelah menghitung kontrol pemasukan aliran air dalam gorong-gorong, dilakukan perhitungan debit kapasitas gorong-gorong :

$$Q = \frac{2}{3} \cdot C \cdot B \cdot H \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot H}$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 0,900 \cdot 0,800 \cdot 0,500 \sqrt{\frac{2}{3} \cdot 9,81 \cdot 0,500}$$

$$= 0,434 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dengan $Q_{\text{saluran}} = 0,434 \text{ m}^3/\text{detik} > Q_{\text{total}} = 0,380 \text{ m}^3/\text{detik}$, maka kapasitas saluran rencana mampu untuk menampung debit banjir rancangan. Untuk dimensi outlet saluran pada ruas Kawasan Sesaot direncanakan menggunakan Box Culvert $80 \times 80 \times 100$. Perhitungan selanjutnya dengan langkah yang sama dilanjutkan pada Tabel 4.25 :

Tabel 4.25. Hasil analisis perencanaan dimensi gorong-gorong.

Nama Saluran	Q (m ³ /detik)	Koefisien kontraksi (C)	Lebar Desain (B)	Tinggi Muka Air (H)	g (m/s ²)	Qsaluran (m ³ /detik)	Keterangan
Lebah Sempage I (Kiri)	0.380	0.9	0.8	0.5	9.81	0.434	Memenuhi
Lebah Sempage I (Kanan)	0.436		0.8	0.6		0.571	Memenuhi
Lebah Sempage II (Kiri)	0.566		0.8	0.6		0.571	Memenuhi
Lebah Sempage II (Kanan)	0.690		0.8	0.7		0.719	Memenuhi
Pakuan I (Kiri)	0.198		0.8	0.3		0.202	Memenuhi
Pakuan I (Kanan)	0.536		0.8	0.6		0.571	Memenuhi
Pakuan II (Kiri)	0.549		-	-		-	-
Pakuan II (Kanan)	0.679		-	-		-	-
Sesaot I (Kiri)	0.213		0.8	0.4		0.311	Memenuhi
Sesaot I (Kanan)	0.213		0.8	0.4		0.311	Memenuhi
Sesaot II (Kiri)	0.581	0.8	0.7	0.719	Memenuhi		
Sesaot II (Kanan)	0.381	0.8	0.5	0.434	Memenuhi		

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan dimensi gorong-gorong, direncanakan saluran outlet dengan Box Culvert 80×80×100 pada ruas jalan utama Kawasan Sesaot. Untuk ruas Lebah Sempage I dan Lebah Sempage II, outlet saluran mengarah ke Kokok Kumbi. Untuk ruas Pakuan I dan Sesaot I, outlet saluran mengarah ke Kali Sesaot. Untuk ruas Pakuan II, ruas tersebut sudah memiliki outlet eksisting berupa terjunan langsung menuju Kali Sesaot. Untuk ruas Sesaot II, outlet saluran mengarah ke Kokok Atenyek.

4.4 Rencana Anggaran Biaya

Dalam perencanaan ini digunakan standar satuan harga 2023 untuk daerah Kabupaten Lombok Barat. Perhitungan rencana anggaran biaya didasarkan pada volume galian, urugan, bongkaran batukali, dimensi saluran, serta beberapa hal lainnya. Berikut ini adalah perhitungan biaya saluran drainase pada ruas saluran Lebah Sempage II :

Menghitung total galian di saluran drainase pada ruas saluran Lebah Sempage II. Perhitungan luas dilakukan antar patok yang ada, contohnya dari patok 0+000 sampai dengan patok 0+025, dari 0+025 sampai dengan patok 0+050, begitu seterusnya hingga akhir ruas. Diketahui perencanaan dimensi saluran menggunakan U-Ditch 80×80×120. Berikut adalah perhitungannya volume galian pada saluran Lebah Sempage II (Kiri) dari patok 0+000 sampai dengan patok 0+450 :

$$V_{LSII\text{ Ki}} = ((\text{luas penampang drainase rencana}) - (\text{luas penampang drainase eksisting})) \times \text{panjang galian}$$

$$= ((1,400 \times 1,050) - (0,600 \times 0,200)) \times 25$$

$$= 33,75 \text{ m}^3$$

Kemudian dihitung total galian di seluruh ruas saluran pada kawassan Wilayah Sesaot. Perhitungan luas total galian dapat dilihat pada Tabel 4.26 :

Tabel 4.26. Perhitungan volume galian perencanaan drainase.

Nama Saluran	Stasiun	Panjang (m)		Dimensi Saluran Eksisting (m)		Dimensi Saluran Rencana (m)		Dimensi Rencana Galian Saluran (m)		Volume Saluran Eksisting (m ³)	Volume Saluran Rencana (m ³)	Volume Galian Saluran (m ³)	Volume Galian Saluran (m ³)	Volume Galian Saluran (m ³)	Volume Timbunan (m ³)
		Kiri	Kanan	Lebar Saluran	Tinggi Saluran	Lebar Saluran	Tinggi Saluran	Lebar Galian	Tinggi Galian						
Lebah Sempage II (Kiri)	0+000									0.00	22.5	36.75	36.75	0.00	
	0+025	25	-	-	-	1.00	0.90	1.40	1.05	0.00	22.5	36.75	36.75	0.00	
	0+050	25	-	-	-	1.00	0.90	1.40	1.05	0.00	22.5	36.75	36.75	0.00	
	0+075	25	-	-	-	1.00	0.90	1.40	1.05	0.00	22.5	36.75	36.75	0.00	
	0+100	25	-	-	-	1.00	0.90	1.40	1.05	0.00	22.5	36.75	36.75	0.00	
	0+125	25	-	-	-	1.00	0.90	1.40	1.05	0.00	22.5	36.75	36.75	0.00	
	0+150	25	-	-	-	1.00	0.90	1.40	1.05	0.00	22.5	36.75	36.75	0.00	
	0+175	25	-	-	-	1.00	0.90	1.40	1.05	0.00	22.5	36.75	36.75	0.00	
	0+200	25	-	-	-	1.00	0.90	1.40	1.05	0.00	22.5	36.75	36.75	0.00	
	Total									3.00	202.50	330.75	330.75	0.00	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.27. Hasil perhitungan volume galian dan timbunan perencanaan saluran drainase.

Nama Saluran	Volume Saluran Eksisting (m ³)	Volume Galian Saluran (m ³)	Volume Rencana Galian Saluran (m ³)	Volume Galian Saluran (m ³)	Volume Timbunan (m ³)	Volume Urugan Tanah Kembali (m ³)
Lebah Sempage I (Kiri)	381.00	2700.00	4410.00	4029.00	0.00	1260
Lebah Sempage I (Kanan)	172.25	1080.00	1764.00	1591.75	0.00	1260
Lebah Sempage II (Kiri)	381.00	2700.00	4410.00	4029.00	0.00	495.6
Lebah Sempage II (Kanan)	414.25	2700.00	4410.00	3995.75	56.75	495.6
Pakuan I (Kiri)	545.25	1845.00	3013.50	2468.25	8.25	867.3
Pakuan I (Kanan)	172.25	1080.00	1764.00	1591.75	0.00	867.3
Pakuan II (Kiri)	378.75	1440.00	2352.00	1973.25	0.00	672
Pakuan II (Kanan)	409.25	1440.00	2352.00	1942.75	0.00	672
Sesaot I (Kiri)	444.50	1147.50	1874.25	1429.75	0.00	537.6
Sesaot I (Kanan)	124.50	1147.50	1874.25	1749.75	0.00	537.6
Sesaot II (Kiri)	212.75	1890.00	3087.00	2874.25	0.00	871.5
Sesaot II (Kanan)	24.50	1890.00	3087.00	3062.50	0.00	871.5
Outlet Lebah Sempage I	-	301.50	492.45	301.50	0.00	140.7
Outlet Lebah Sempage II	-	720.00	1176.00	720.00	0.00	336
Outlet Pakuan I	-	112.50	183.75	112.50	0.00	52.5
Outlet Pakuan II	-	-	-	-	-	-
Outlet Sesaot I	-	16.20	26.46	16.20	0.00	7.56
Outlet Sesaot II	-	36.00	58.80	36.00	0.00	16.8
Total	3660.25	22246.20	36335.46	31923.95	65.00	9961.56

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Setelah diperoleh volume galian dan timbunan, selanjutnya menghitung volume pekerjaan tiap ruas saluran yang ditinjau. Berikut adalah contoh perhitungan untuk saluran Lebah Sempage I (Kiri) :

$$\text{Dimensi saluran U-Ditch } 80 \times 80 \times 120$$

$$= 0,8 \times 0,8 \times 1,0$$

$$\text{Panjang saluran Lebah Sempage I (Kiri)}$$

$$= 3000 \text{ m}$$

$$\text{Total kebutuhan U-Ditch saluran Lebah Sempage I (Kiri)}$$

$$= \frac{3000}{1,0}$$

$$= 3000 \text{ buah}$$

Untuk kebutuhan saluran lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.28 :

Tabel 4.28. Perhitungan kebutuhan saluran tiap ruas saluran.

Nama Saluran	Tipe Saluran	Panjang Dimensi Saluran (m)	Panjang Saluran (m)	Jumlah Kebutuhan Saluran	Total	
Lebah Sempage I (Kiri)	U-Ditch 80×80×100	1.00	3000	3000	6000	
Lebah Sempage I (Kanan)			3000	3000		
Lebah Sempage II (Kiri)			1180	1180	2360	
Lebah Sempage II (Kanan)			1180	1180		
Pakuan I (Kiri)			2065	2065	4130	
Pakuan I (Kanan)			2065	2065		
Pakuan II (Kiri)			1600	1600	3200	
Pakuan II (Kanan)			1600	1600		
Sesaot I (Kiri)			1280	1280	2560	
Sesaot I (Kanan)			1280	1280		
Sesaot II (Kiri)			2075	2075	4150	
Sesaot II (Kanan)			2075	2075		
Outlet Lebah Sempage I			Box Culvert 80×80×100	1.00	335	335
Outlet Lebah Sempage II					800	800
Outlet Pakuan I	125	125				
Outlet Pakuan II	-	-				
Outlet Sesaot I	18	18				
Outlet Sesaot II	40	40				

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Hal terakhir dari perhitungan biaya adalah mengalikan volume galian dan volume pekerjaan saluran dengan harga satuan yang ada di daerah terkait, sehingga diperoleh total biaya akhir yang dibutuhkan untuk membangun saluran yang direncanakan. Untuk rincian harga satuan per volume pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29. Rekapitulasi harga satuan untuk pekerjaan drainase.

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan Rupiah
1	Mobilisasi		
	Excavator 80-140HP	LS	2,800,000.00
	Dump Truck 4 Ton	LS	250,000.00
	Concrete Mixer 0.3-0.6 M3	LS	100,000.00
2	Pekerjaan Bongkaran		
	Pembongkaran Saluran Pasangan Batu	m ³	404,111.23
3	Pekerjaan Tanah Dan Geosintetik		
	Galian Saluran Air	m ³	71,212.79
	Urugan Tanah Kembali	m ³	127,132.76
	Timbunan Biasa Dari Hasil Galian	m ³	127,132.76
4	Pekerjaan Lantai Kerja		
	Pasir Urug	m ³	204,700.00
5	Pekerjaan Drainase		
	Pemasangan U-Ditch Tipe DS 4a (80×80 dengan tutup)	buah	1,971,989.54
	Pemasangan Box Culvert 80×80	buah	2,379,858.61

(Sumber : Hasil Analisis)

Untuk menghitung total biaya tiap volume pekerjaan, dapat dihitung dengan mengalikan total volume pekerjaan dengan

harga per satuan volume. Berikut adalah perhitungan rencana anggaran biaya :

Total biaya = Volume pekerjaan × Harga per satuan pekerjaan

Diketahui volume pekerjaan timbunan = 65 m³, dengan harga satuan Rp 127,132.76, sehingga :
 Anggaran Biaya untuk pekerjaan timbunan = 65 × 127,132.76 = Rp 8,263,629.40

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.30 :

Tabel 4.30. Perhitungan rencana anggaran biaya.

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan Rupiah	Jumlah Harga
1	Mobilisasi				
	Excavator 80-140HP	LS	1	2,800,000.00	2,800,000.00
	Dump Truck 4 Ton	LS	2	250,000.00	500,000.00
	Concrete Mixer 0.3-0.6 M3	LS	1	100,000.00	100,000.00
2	Pekerjaan Bongkaran				
	Pembongkaran Saluran Pasangan Batu	m ³	3660.25	404,111.23	1,479,148,129.61
3	Pekerjaan Tanah Dan Geosintetik				
	Galian Saluran Air	m ³	31923.950	71,212.79	2,273,393,547.32
	Urugan Tanah Kembali	m ³	9961.560	127,132.76	1,266,440,616.71
	Timbunan Biasa Dari Hasil Galian	m ³	65.0	127,132.76	8,263,629.40
4	Pekerjaan Lantai Kerja				
	Pasir Urug	m ³	1251.800	204,700.00	256,243,460.00
5	Pekerjaan Drainase				
	Pemasangan U-Ditch Tipe DS 4a (80×80 dengan tutup)	buah	22400	1,971,989.54	44,172,565,696.00
	Pemasangan Box Culvert 80×80	buah	1318	2,379,858.61	3,136,653,647.98
Total					52,596,108,727.01

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Setelah dilakukan perhitungan anggaran biaya perencanaan saluran drainase pada wilayah Kawasan Sesaot, diperoleh total biaya pembangunan saluran drainase dan Box Culvert sebesar Rp 52,596,108,727.01 dan dibulatkan menjadi Rp 52,600,000,000.00 (lima puluh dua milyar enam ratus juta rupiah).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan diperoleh curah hujan rancangan dengan kala ulang 5 tahun sebesar 98,151 mm. Pada perhitungan debit banjir rancangan, didapat nilai debit banjir rancangan tiap saluran sebesar 0,380 m³/detik pada saluran Lebah Sempage I (Kiri); 0,436 m³/detik pada saluran Lebah Sempage I (Kanan); 0,566 m³/detik pada saluran Lebah Sempage II (Kiri); 0,690 m³/detik pada saluran Lebah Sempage II

- (Kanan); 0,198 m³/detik pada saluran Pakuan I (Kiri); 0,536 m³/detik pada saluran Pakuan I (Kanan); 0,549 m³/detik pada saluran Pakuan II (Kiri); 0,679 m³/detik pada saluran Pakuan II (Kanan); 0,213 m³/detik pada saluran Sesaot I (Kiri); 0,213 m³/detik pada saluran Sesaot I (Kanan); 0,581 m³/detik pada saluran Sesaot II (Kiri) dan 0,381 m³/detik pada saluran Sesaot II (Kanan).
2. Pada sistem jaringan drainase eksisting di Kawasan Sesaot, terlihat bahwa masih banyak bagian ruas jalan yang belum memiliki saluran drainase, saluran yang hanya digali, ataupun saluran yang terputus. Selain itu beberapa bagian ruas juga belum memiliki outlet saluran drainase untuk dialirkan untuk mencegah menumpuknya debit banjir pada ruas tanpa outlet diperlukan perencanaan skema jaringan drainase agar saluran drainase tiap ruas dapat mengalirkan debit banjir drainase dengan baik.
 3. Ada beberapa titik saluran di Kawasan Sesaot yang masih dapat menampung debit banjir tetapi tetap diperlukan perencanaan saluran baru pada saluran yang belum memiliki saluran drainase, perubahan dimensi pada saluran yang tidak mampu menampung banjir dan merencanakan outlet saluran di beberapa titik pada tiap ruas saluran untuk mengurangi beban debit pada akhir ruas saluran.
 4. Beberapa hal yang perlu diperbaiki dalam sistem jaringan drainase tersebut adalah perencanaan outlet saluran menuju sungai terdekat pada tiap ruas saluran; contohnya saluran pada ruas Lebah Sempage I direncanakan outlet yang mengarah ke Kokok Kumbi, begitu juga dengan ruas Lebah Sempage II. Untuk ruas Pakuan I, Pakuan II, dan Sesaot I direncanakan outlet yang mengarah ke Kali Sesaot sedangkan untuk ruas Sesaot II direncanakan outlet yang mengarah ke Kokok Atenyek sehingga beban debit yang mengalir menuju saluran pada akhir ruas tidak terlalu besar; perencanaan saluran drainase pada ruas saluran yang belum memiliki drainase, saluran yang masih berupa galian, saluran drainase yang rusak, serta saluran yang terputus sehingga saluran drainase tiap ruas dapat terhubung; dan melakukan normalisasi

pada saluran yang tersumbat oleh sedimen, limbah sampah ataupun vegetasi.

5. Saluran drainase direncanakan menggunakan U-Ditch 80×80×100 pada tiap ruas saluran di Kawasan Sesaot dan perencanaan outlet menggunakan Box Culvert 80×80×100.
6. Diperoleh total biaya untuk pembangunan saluran drainase menggunakan U-Ditch 80×80×120 dan outlet menggunakan Box Culvert 80×80×100 di wilayah Kawasan Sesaot Kecamatan Narmada Kabupaten Lombok Barat terbilang sebesar Rp 52,600,000,000.00 (lima puluh dua milyar enam ratus juta rupiah).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, ada beberapa saran yang dapat disampaikan, antara lain :

1. Pada saat melakukan survey pengambilan data di lapangan sebaiknya membawa peralatan ukur yang memadai serta melakukan pengukuran dengan teliti.
2. Sebelum melakukan analisis data, sebaiknya menggunakan data hidrologi yang lengkap dan terbaru.
3. Dalam melakukan perhitungan perencanaan drainase, perhitungan harus dilakukan dengan teliti agar hasil yang diperoleh tidak keliru.
4. Penelitian ini hanya meninjau saluran drainase pada ruas utama jalan di Kawasan Sesaot. Untuk penelitian lebih lanjut dapat direncanakan menggunakan variasi bentuk saluran yang berbeda atau dengan tipe saluran yang berbeda.
5. Diperlukan penanganan yang optimal terhadap sistem drainase Kawasan Sesaot, dengan solusi pengerukan saluran dari sedimen, penyesuaian dimensi saluran, serta perawatan pada saluran eksisting.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2022, *Pedoman Penulisan Tugas Akhir*, Mataram : Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram.
- Anggrahini, 1997, *Hidrolika Saluran Terbuka*, Surabaya. Citra Media.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2014, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12 /PRT/M/2014, *Tentang*

- Penyenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.*
- Kurniawan, Rudy, 2013, *Evaluasi Jaringan Drainase Kota Dompu*, Universitas Mataram, Mataram.
- Darma, 2018, *Perencanaan Saluran Drainase Di Kawasan Villa Mangsit Senggigi Lombok Barat*, Universitas Mataram, Mataram.
- Dewansyah, 2018, *Analisis Dan Sistem Drainase Di Jalan Raden Gunawan 2 Kecamatan Raja Kota Bandar Lampung*, Universitas Lampung, Lampung.
- Harto, Sri, 1993, *Analisis Hidrologi*, Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Karmawan, Darmanto, Widanarko, Sopian dan Nasrullah, 1997, *Drainase Perkotaan*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Luvitasyari, Tirta, 2019, *Analisis Dan Perencanaan Sistem Drainase Jalan Suranadi Kecamatan Narmada Kabupaten Lombok Barat*, Universitas Mataram, Mataram.
- Sidiq, 2019, *Perencanaan Sistem Drainase Di Kawasan Pemenang Kabupaten Lombok Utara*, Universitas Mataram, Mataram.
- Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Penerbit Nova, Bandung.
- Suhardjono, 2013, *Drainase Perkotaan*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Triadmodjo, Bambang, 2008, *Hidraulika II*, Percetakan Beta offset, Yogyakarta.
- Triadmodjo, Bambang, 2008, *Hidrologi Terapan*, Percetakan Beta offset, Yogyakarta.
- Wesli, 2008, *Drainase Perkotaan*, Graha Ilmu, Yogyakarta.