



**PERENCANAAN BIORETENSI JALAN MANGGIS KECAMATAN
PATRANG KABUPATEN JEMBER DENGAN VARIASI MODEL
DISTRIBUSI PROBABILITAS CURAH HUJAN**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
program studi Teknik Lingkungan*

SKRIPSI

Oleh

Ahmad Ridwan

181910601037

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK LINGKUNGAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2025

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Almarhumah Ibu Sunariyah dan Bapak Salam yang telah melahirkan, merawat dan membesarkan penulis dengan sangat baik dan penuh kasih sayang, sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan hingga di jenjang Perguruan Tinggi.
2. Mas dan Mbak saudara serahim penulis, Khusnul Hotimah, Hanik Budiayanti, Setio Budiono dan Arini Nafisiah yang seringkali penulis repotkan dan selalu memberikan *support* baik moril dan materil selama penulis mengenyam pendidikan.
3. Bapak/Ibu Dosen dan rekaan-rekan se-almamater Universitas Jember yang telah memberikan banyak sekali ilmu dan banyak membantu serta menemani penulis selama di bangku perkuliahan.
4. Kakanda dan ayunda alumni serta seluruh teman-teman seperjuangan di orgaisasi tercinta Himpunan Mahasiswa Islam (HMI) yang juga banyak memberikan pembelajaran hidup serta menyemangati hingga penulis bisa menjadi seperti yang sekarang.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah:286)

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah:6)

“Awalnya semua akan terlihat tidak mungkin, hingga akhirnya kamu mampu melalui semuanya”

(Ahmad Ridwan, 2024)



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Ridwan

NIM : 181910601037

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul "*Perencanaan Bioretensi Jalan Manggis Kecamatan Patrang Kabupaten Jember Dengan Variasi Model Distribusi Probabilitas Curah Hujan*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta beredia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Januari 2025
Yang menyatakan,



(Ahmad Ridwan)
NIM.181910601037

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Perencanaan Bioretensi Jalan Manggis Kecamatan Patrang Kabupaten Jember Dengan Variasi Model Distribusi Probabilitas Curah Hujan* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Jember pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 16 Januari 2025

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing

1. Pembimbing Utama

Nama : Abdur Rohman, S.T., M.Agr., Ph.D.

NIP : 198606112023211021

()

2. Pembimbing Anggota

Nama : Ir. Ririn Endah Badriani, S.T., M.T.

NIP : 197205281998022001

()

Penguji

3. Penguji Utama

Nama : Dr. Ir. Yeny Dhokhikah, S.T. M.T.

NIP : 197301271999032002

()

4. Penguji Anggota

Nama : Ir. Noven Pramitasari, S.T., M.T.

NIP : 199211062019032017

()

ABSTRACT

Patrang District is a densely populated area with a total population in 2023 of 103,048 people, with a population growth rate in 2020-2023 of 63.28% (BPS Jember Regency in Figures, 2024). The increase in population has an impact on the occurrence of many developments for residential needs, resulting in a reduction in water catchment areas in the Patrang area, one of which occurs in the Jalan Manggis area, Patrang District, Jember Regency. The lack of water catchment areas and high rainfall in densely populated residential areas has a negative impact such as flooding / inundation if not handled properly. Handling of high rainfall can be done by creating a drainage system. In this research, the drainage system used is a bioretention type of eco-drainage. The purpose of this research is to find out what distribution model is in accordance with rainfall data in the study area and to find out how much decrease in the volume of standing water from the results of modeling simulations. This research uses RStudio 4.2.2 software for rainfall analysis, where the rainfall data used is the monthly maximum rainfall data using several distribution models, namely Normal distribution, Log-Normal distribution, Log-Pearson III distribution, Gumbel distribution, Gamma distribution, Weibull distribution, Frechet distribution, and Pareto II distribution. Test the suitability of the distribution model using Kolmogorov-Smirnov test with Asymptotic simulation, Kolmogorov-Smirnov test with Monte Carlo simulation, Kolmogorov-Smirnov test with Exact simulation. Bioretention planning using EPA SWMM 5.2 modeling software. Rainfall intensity data is planned using a return period of 2, 5 and 10 years, with subcatchment planning of 14 areas, 16 junctions, 3 outfalls and 14 conduits. The results of the rainfall analysis obtained the most suitable distribution model is the normal distribution. 2. The largest reduction in inundation volume for the 2-year return period is at Junction J10 with a reduction of 17.72%, for the 5-year return period is J9 with a reduction of 21.47%, and for the 10-year return period is J9 with a reduction of 19.76%.

Keyword: Bioretention, Inundation, Runoff

RINGKASAN

Perencanaan Bioretensi Jalan Manggis Kecamatan Patrang Kabupaten Jember Dengan Variasi Model Distribusi Probabilitas Curah Hujan. Ahmad Ridwan, 1819101601037; 2024/2025; Program Studi Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Jalan Manggis Kecamatan Patrang Kabupaten Jember merupakan kawasan perumahan yang padat penduduk dan minim area resapan air. Minimnya area resapan air ditambah curah hujan yang tinggi dapat mengakibatkan terjadinya banjir. Penanganan banjir akibat curah hujan tinggi dapat dilakukan dengan membuat sistem drainase. Pada penelitian ini sistem drainase yang digunakan adalah eco-drainase jenis bioretensi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui model distribusi apa yang sesuai dengan data curah hujan di wilayah penelitian dan untuk mengetahui berapa penurunan volume genangan air dari hasil simulasi pemodelan. Penelitian ini menggunakan aplikasi RStudio 4.2.2 untuk analisis curah hujan, dimana data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan maksimum bulanan dengan menggunakan beberapa model distribusi yaitu distribusi Normal, distribusi Log-Normal, distribusi *Log-Pearson III*, distribusi *Gumbel*, distribusi *Gamma*, distribusi *Weibull*, distribusi *Frechet* dan distribusi *Pareto II*. Uji kecocokan model distribusi menggunakan *Kolmogorov-Smirnov test with Asymptotic simulation*, *Kolmogorov-Smirnov test with Monte Carlo simulation*, dan *Kolmogorov-Smirnov test with Exact simulation*. Perencanaan bioretensi menggunakan aplikasi pemodelan EPA SWMM 5.2. Data intensitas curah hujan rencana menggunakan kala ulang 2, 5 dan 10 tahun, dengan perencanaan *subcatchment* sebanyak 14 area, 16 *junction*, 3 *outfall* dan 14 *conduit* dengan luas bioretensi sebesar 5% dari luas *subcatchment*. Hasil analisis curah hujan didapatkan model distribusi yang paling sesuai yaitu distribusi normal. Penurunan volume genangan terbesar untuk kala ulang 2 tahun yaitu pada Junction J10 dengan reduksi sebesar 17,72%, untuk kala ulang 5 tahun yaitu J9 dengan reduksi 21,47%, dan untuk kala ulang 10 tahun yaitu J9 dengan reduksi sebesar 19,76%.

PRAKATA

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur yang tiada henti penulis panjatkan ke hadirat Allah S.W.T. atas limpahan rahmat, taufiq, hidayah dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Bioretensi Jalan Manggis Kecamatan Patrang Kabupaten Jember Dengan Variasi Model Distribusi Probabilitas Curah Hujan” ini yang InsyaAllah penuh berkah. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada program studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Ketut Aswatama Wismamitra, S.T. M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Ibu Dr. Ir. Yeny Dhokhikah, S.T. M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan dan Dosen Penguji Utama.
4. Ibu Ir. Noven Pramitasari, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota.
5. Bapak Abdur Rohman, S.T., M.Agr., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Akademik.
6. Ibu Ir. Ririn Endah Badriani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota sekaligus Komisi Bimbingan yang selalu peduli dan tidak pernah lelah mengingatkan penulis selama 5 semester penulis mengerjakan Tugas Akhir.
7. Ibu Prof. Dr. Entin Hidayah, M.U.M. dan Mas Ridwan yang sudah meminjamkan alat untuk penelitian.
8. Bapak Hamdan In'ami, S.TP., M.PSDA dari Dinas Pekerjaan Umum, Bina Marga dan Sumber Daya Air Kabupaten Jember yang telah memberikan data curah hujan pada penelitian ini.
9. Ega Fajar Wicaksono, S.T. dan Aqiel Iqbal Farrossandy, S.T. yang telah banyak membantu penulis dalam mengerjakan penelitian.

10. Altasya Erlanda Noer, S.P. yang telah bersedia meminjamkan laptopnya kepada penulis untuk mengerjakan penelitian.
11. Mas Novan dan Mbak Anik yang telah memfasilitasi *printer* selama pengerjaan penelitian ini.
12. Serta seluruh pihak yang mohon maaf tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Penulis juga berharap agar penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi, baik dalam dunia akademik maupun dalam upaya mengatasi permasalahan banjir di masyarakat.

Billahitaufiq walhidayah

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Jember, 30 Januari 2025 M
30 Rajab 1446 H

Penulis



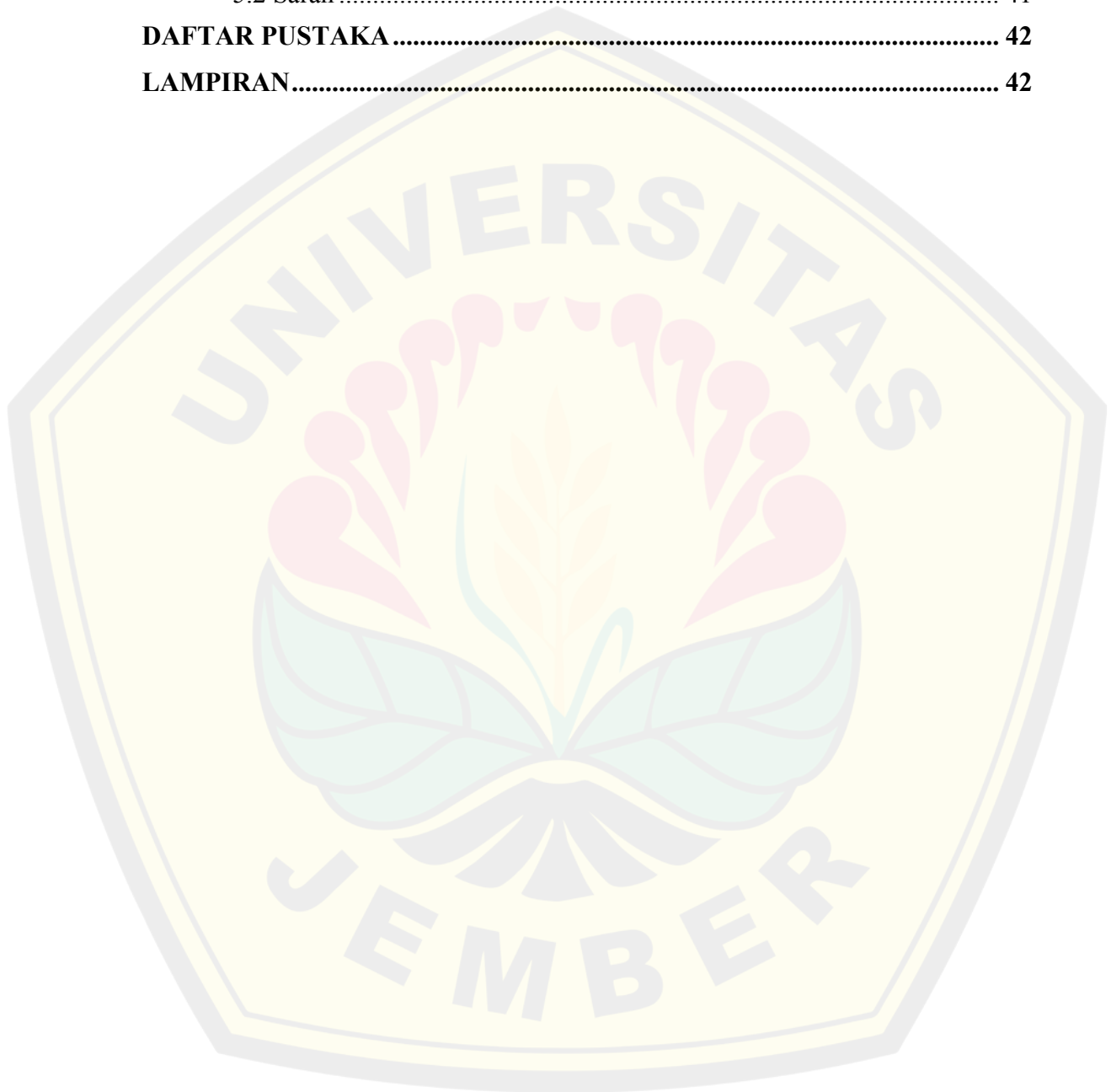
Ahmad Ridwan
NIM.181910601037

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRACT	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Hujan.....	4
2.2 Curah Hujan.....	4
2.3 Kala Ulang	4
2.4 Genangan Air.....	5
2.5 Drainase	5
2.6 Sistem <i>Ecodrain</i>	5
2.7 Bioretensi.....	6
2.8 Infiltrasi Tanah.....	7
2.9 Distribusi Probabilitas	8
2.9.1 Distribusi Normal	8
2.9.2 Distribusi Log Normal.....	8

2.9.3 Distribusi <i>Log-Pearson III</i>	9
2.9.4 Distribusi <i>Gumbel</i>	9
2.9.5 Distribusi <i>Gamma</i>	9
2.9.6 Distribusi <i>Weibull</i>	9
2.9.7 Distribusi <i>Frechet</i>	10
2.9.8 Distribusi <i>Pareto II</i>	10
2.10 Fungsi Perhitungan Pendugaan Parameter Awal.....	10
2.11 Uji Kesesuaian Distribusi.....	12
2.11.1 <i>Kolmogorov-Smirnov test with Asymtotic simulation</i>	12
2.11.2 <i>Kolmogorov-Smirnov test with Monte Carlo simulation</i>	12
2.11.3 <i>Kolmogorov-Smirnov test with Exact simulation</i>	13
2.12 Analisis Intensitas Curah Hujan.....	13
2.13 <i>Software R-Studio</i>	13
2.14 <i>Strom Water Management Model (EPA SWMM 5.2)</i>	14
2.15 Penelitian Terdahulu.....	14
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	16
3.2 Jenis dan Sumber Data.....	16
3.3 Prosedur Penelitian.....	16
BAB 4. PEMBAHASAN.....	22
4.1 Analisis Data Curah Hujan Daerah.....	22
4.2 Analisis Frekuensi.....	23
4.3 Uji Kesesuaian.....	24
4.3.1 <i>Kolmogorov-Smirnov Test</i>	24
4.4 Analisis Curah Hujan Rencana.....	25
4.5 Analisis Intensitas Curah Hujan.....	26
4.6 Kondisi Terkini Wilayah Penelitian.....	27
4.6.1 Topografi Wilayah Penelitian.....	27
4.6.2 Kondisi Saluran.....	28
4.7 Pemodelan Menggunakan EPA SWMM.....	31
4.7.1 Pembagian Jaringan Drainase.....	31
4.8 Kalibrasi Pemodelan.....	35
4.10 Simulasi SWMM Tanpa LID.....	35
4.11 Perencanaan Bioretensi.....	36

4.12 Simulasi SWMM Menggunakan LID.....	39
4.13 Perbandingan Debit Genangan Sebelum Dan Setelah Perencanaan Bioretensi	39
BAB 5. PENUTUP.....	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	42

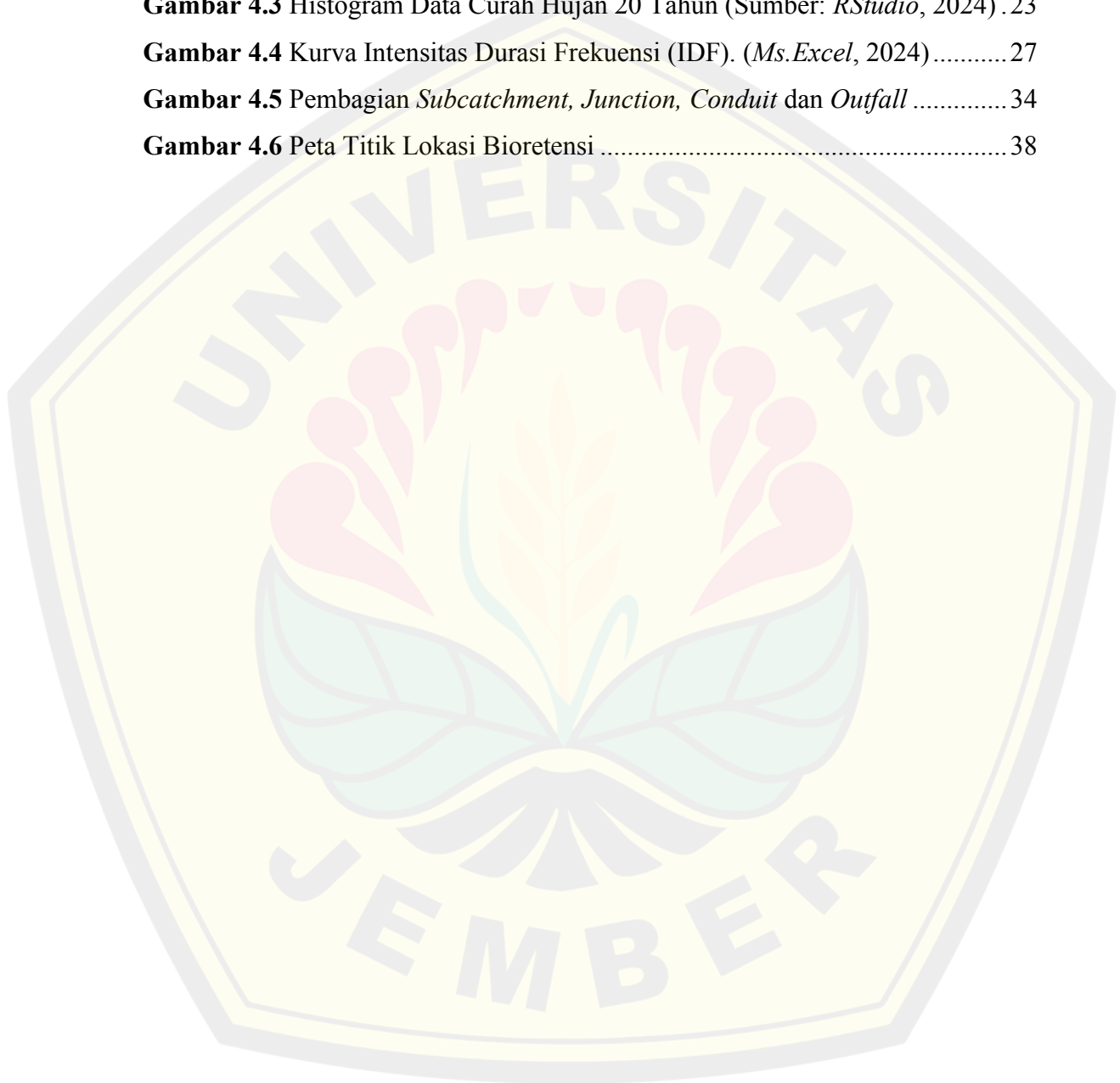


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai kritis (D_0) untuk uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	12
Tabel 2.2 Penelitian terdahulu tentang model distribusi probabilitas curah hujan..	14
Tabel 4.1 Analisis data curah hujan maksimum bulanan	22
Tabel 4.2 Estimasi parameter model distribusi probabilitas	24
Tabel 4.3 Hasil Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	25
Tabel 4.4 Intensitas Curah Hujan Jalan Manggis	26
Tabel 4.5 Elevasi Jalan Manggis	27
Tabel 4.6 Kondisi Saluran Drainase Jalan Manggis	28
Tabel 4.7 Data <i>Subcatchment</i> pada Pemodelan SWMM	31
Tabel 4.8 Data <i>Junction</i> pada Pemodelan SWMM	32
Tabel 4.9 Data Conduit Pada Pemodelan SWMM	32
Tabel 4.10 Kalibrasi SWMM	35
Tabel 4.11 Parameter Perencanaan Bioretensi	37
Table 4.12 Perbandingan genangan air hasil simulasi SWMM	40

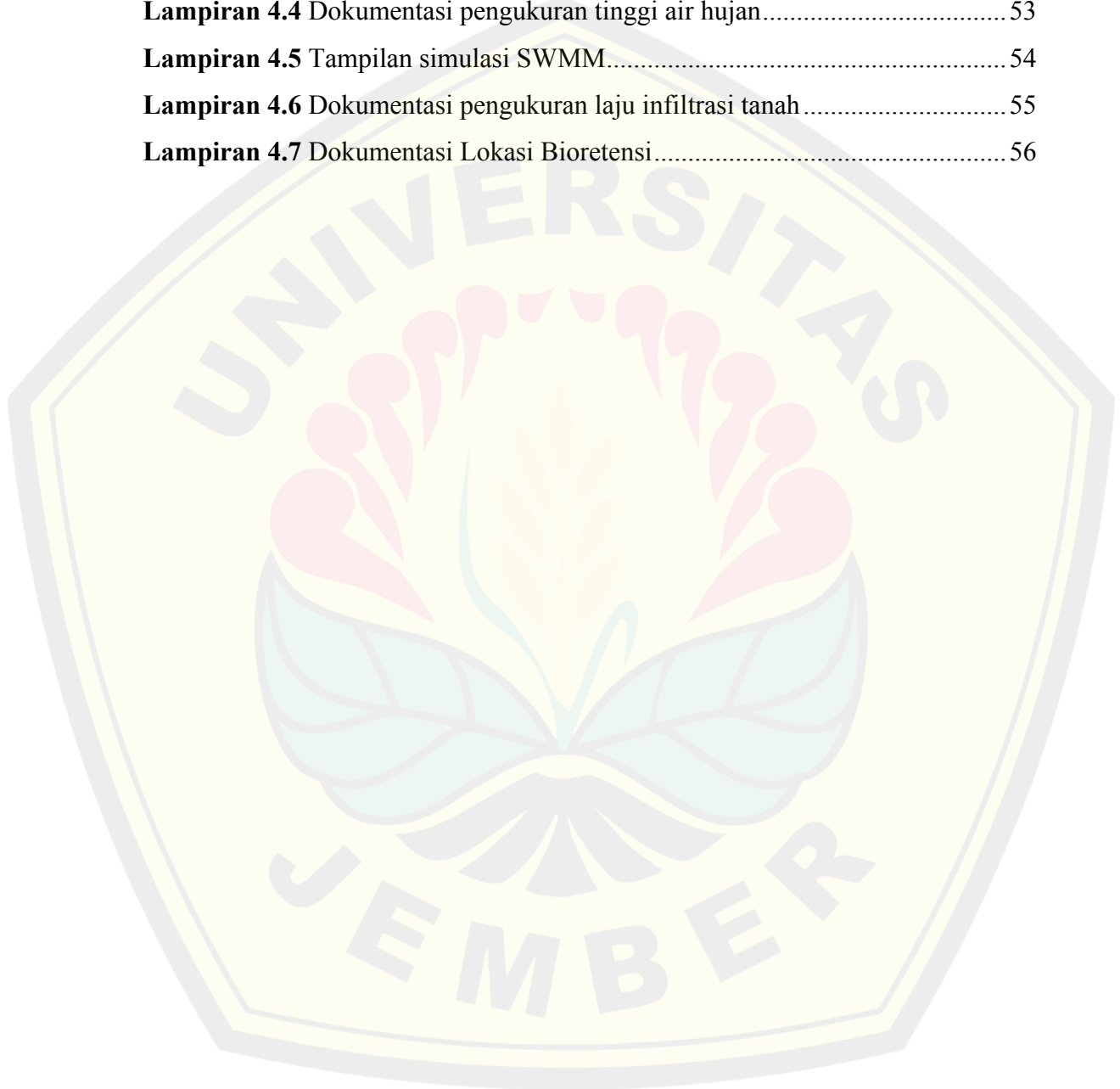
DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	20
Gambar 4.1 Sebaran Data Curah Hujan Harian 2004-2023	22
Gambar 4.2 Histogram Data Curah Hujan 10 Tahun (Sumber: <i>RStudio</i> , 2024) .	23
Gambar 4.3 Histogram Data Curah Hujan 20 Tahun (Sumber: <i>RStudio</i> , 2024) .	23
Gambar 4.4 Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF). (<i>Ms.Excel</i> , 2024)	27
Gambar 4.5 Pembagian <i>Subcatchment</i> , <i>Junction</i> , <i>Conduit</i> dan <i>Outfall</i>	34
Gambar 4.6 Peta Titik Lokasi Bioretensi	38



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 4.1 Data Curah Hujan Bulanan.....	45
Lampiran 4.2 Tampilan analisis frekuensi pada RStudio 4.2.2.	51
Lampiran 4.3 Dokumentasi kondisi wilayah penelitian.....	52
Lampiran 4.4 Dokumentasi pengukuran tinggi air hujan.....	53
Lampiran 4.5 Tampilan simulasi SWMM.....	54
Lampiran 4.6 Dokumentasi pengukuran laju infiltrasi tanah	55
Lampiran 4.7 Dokumentasi Lokasi Bioretensi.....	56



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan terkait air yang sering terjadi di masyarakat akibat dari buruknya pengelolaan lingkungan adalah genangan air. Permasalahan genangan air sering kali terjadi di daerah yang tidak dapat menyerap atau mengalirkan air hujan, akibatnya air hujan yang turun dan tidak terserap ke dalam tanah akan menjadi aliran permukaan (Badriyah, 2015).

Kecamatan Patrang merupakan daerah padat penduduk dengan total populasi pada tahun 2023 yaitu sebanyak 103.048 jiwa, dengan laju pertumbuhan penduduk pada tahun 2020-2023 sebesar 63,28% (BPS Kabupaten Jember Dalam Angka, 2024). Peningkatan jumlah penduduk tersebut dapat mengakibatkan terjadi banyak pembangunan dan berkurangnya area resapan air di kawasan Patrang, adanya alih fungsi lahan akibat adanya pertumbuhan penduduk tersebut salah satunya terjadi di kawasan Jalan Manggis Kecamatan Patrang.

Menurut BMKG curah hujan bulanan berkisar >500 mm dikategorikan sebagai curah hujan sangat tinggi. Curah hujan yang tinggi pada daerah perumahan padat penduduk memiliki dampak negatif seperti genangan apabila tidak ditangani dengan tepat. Penanganan terhadap curah hujan tinggi dapat dilakukan dengan membuat sistem drainase (Pudyastuti, P. S., & Musthofa, R. A. 2020).

Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan oleh Farrossandy di Jalan Manggis Kecamatan Patrang, tentang evaluasi saluran drainase menggunakan periode kala ulang 2, 5 dan 10 tahun menunjukkan adanya banjir pada beberapa titik junction, sehingga diperlukan adanya evaluasi dimensi saluran drainase dengan melakukan perencanaan pemodelan menggunakan aplikasi SWMM.

Penelitian ini akan menggunakan sistem drainase yaitu *eco*-drainase jenis bioretensi. Bioretensi adalah suatu sistem manajemen air hujan yang terdiri atas area dangkal yang ditumbuhi oleh vegetasi. Tujuan dari sistem ini adalah untuk menampung, menyimpan, dan meresapkan air hujan dan limpasan permukaan ke dalam tanah sehingga dapat mengisi akuifer (lapisan air bawah tanah) dan

kemudian dapat dikendalikan dan dimanfaatkan. (Manto & Kadri, 2020). Bioretensi memiliki beberapa keuntungan dan manfaat salah satunya bioretensi dapat diterapkan pada ruas jalan yang memiliki luasan penerapan yang terbatas (Naqiya Asasty & Hindersah, 2022). Bioretensi juga bisa menambah nilai estetika dan dapat dijadikan ruang terbuka hijau di perumahan (Hanani & Hindersah, 2022).

Dalam perencanaan *eco-drainase* jenis bioretensi diperlukan analisis hidrologi untuk mendapatkan besarnya intensitas curah hujan, sebagai dasar perhitungan debit air rencana pada suatu daerah guna merencanakan pembangunan sistem drainase. Kemudian menentukan periode kala ulang berdasarkan topologi. Tahapan dalam analisis hidrologi untuk mendapatkan debit antara lain : Pengumpulan data hidrologi, analisis frekuensi, uji kecocokan, dan analisis intensitas curah hujan. Analisis hidrologi pada penelitian ini menggunakan aplikasi R-Studio 4.2.2. Setelah dilakukan analisis hidrologi kemudian dilakukan pemodelan menggunakan SWMM 5.2 untuk analisis perhitungan debit puncak dari bioretensi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat ditemukan rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Apa model distribusi probabilitas curah hujan yang sesuai untuk menghitung curah hujan rencana di Jalan Manggis Kecamatan Patrang?
- b. Berapakah penurunan debit genangan di Jalan Manggis Kecamatan Patrang setelah dilakukan perencanaan bioretensi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Data curah hujan harian berasal dari Dinas Pekerjaan Umum, Bina Marga dan Sumber Daya Air Kabupaten Jember.
- b. Wilayah penelitian ini yaitu di Jalan Manggis Kecamatan Patrang Kabupaten Jember.

- c. Data curah hujan harian dengan tren waktu 10 tahun terakhir dan 20 tahun terakhir.
- d. Model distribusi probabilitas curah hujan yang digunakan yaitu distribusi Normal, distribusi Log-Normal, distribusi *Log-Pearson III*, distribusi *Gumbel*, distribusi *Gamma*, distribusi *Weibull*, distribusi *Frechet*, dan distribusi *Pareto II*.
- e. Uji distribusi probabilitas menggunakan *Kolmogorov-Smirnov test with Asymptotic simulation*, *Kolmogorov-Smirnov test with Monte Carlo simulation*, *Kolmogorov-Smirnov test with Exact simulation*.
- f. Software yang digunakan untuk analisis statistik yaitu RStudio 4.2.2 dan SWMM 5.2.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Mendapatkan model distribusi probabilitas curah hujan yang sesuai untuk menghitung curah hujan rencana di Jalan Manggis Kecamatan Patrang.
- b. Mengetahui penurunan debit genangan di Jalan Manggis Kecamatan Patrang setelah dilakukan perencanaan bioretensi.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Data curah hujan rencana dapat digunakan sebagai data perencanaan maupun evaluasi drainase di Jalan Manggis Kecamatan Patrang Kabupaten Jember.
- b. Sebagai masukan untuk instansi atau pihak terkait mengenai desain bioretensi sebagai alternatif drainase di Jalan Manggis Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hujan

Hujan merupakan suatu faktor yang mempengaruhi siklus hidrologi yang disebabkan oleh penguapan air ke atmosfer dan jatuh ke permukaan bumi berupa air atau disebut juga dengan presipitasi. Hujan disebabkan oleh perpindahan uap air ke tempat yang lebih tinggi karena terdapat perbedaan tekanan udara yang terakumulasi pada suhu yang lebih rendah. Uap air yang terakumulasi tersebut akan mengalami kondensasi atau pengembunan menjadi titik-titik air yang jatuh ke permukaan bumi. Air hujan yang turun ke permukaan bumi akan jatuh sebagian ke daratan dan sebagian ke laut. Air hujan yang turun ke daratan sebagian akan meresap ke tanah, sebagian mengalir ke area yang lebih rendah dan sebagian akan menguap kembali. Faktor yang mempengaruhi hujan yaitu adanya proses kondensasi, perubahan ukuran partikel uap air yang terakumulasi, dan kejenuhan uap air (Fernandus, 2013).

2.2 Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu unsur cuaca yang datanya diperoleh dengan cara mengukurnya dengan menggunakan alat penakar hujan, sehingga dapat diketahui jumlahnya dalam satuan millimeter (mm). Curah hujan dibatasi sebagai tinggi air hujan yang diterima di permukaan sebelum mengalami aliran permukaan, evaporasi dan peresapan ke dalam tanah. Sedangkan Intensitas curah hujan merupakan ukuran jumlah hujan per satuan waktu tertentu selama hujan berlangsung (Hendri, 2015).

2.3 Kala Ulang

Kala ulang atau periode ulang (*return period*) merupakan waktu hipotetik yang dibutuhkan untuk debit air hujan dalam besaran tertentu akan disamai maupun dilampaui dalam jangka waktu tersebut. Data curah hujan atau debit hujan diperkirakan akan disamai atau dilampaui satu kali dalam T tahun, sehingga curah hujan tersebut dikenal sebagai curah hujan periode ulang T tahun atau curah hujan

T tahunan (Upomo dan Kusumawardani, 2016). Penggunaan kala ulang dalam menentukan curah hujan digolongkan berdasarkan tipologi kota.

2.4 Genangan Air

Genangan air disebabkan kurangnya kemampuan tanah dan sistem drainase untuk mengalirkan dan menyerap air hujan. Genangan air biasanya sering terjadi di kawasan perkotaan (Pratiwi et al., 2020). Genangan air dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yakni :

a. Pertambahan Penduduk

Pertambahan penduduk yang semakin pesat menjadi salah satu faktor dari penyebab terjadinya banjir. Pertambahan penduduk dapat disebabkan terjadinya urbanisasi. Lahan perkotaan menjadi tidak teratur disebabkan tidak adanya keseimbangan antara pertambahan penduduk dengan memadainya penyediaan sarana dan prasarana perkotaan.

b. Perubahan Tata Guna Lahan

Terjadinya perubahan tata guna lahan sangat berpotensi untuk terjadinya banjir. Daerah muara merupakan daerah yang sering terjadi banjir. Hal tersebut terjadi karena adanya perubahan tata guna lahan yang tidak diimbangi oleh sistem drainase yang berkelanjutan, sehingga mengakibatkan banyak *runoff* yang dialirkan ke hilir.

2.5 Drainase

Sistem drainase merupakan serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi kelebihan air pada suatu kawasan. Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar pada perkotaan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan komponen penting dalam perkotaan. Drainase mengalirkan air dari permukaan ke badan air atau bangunan resapan sehingga dapat mencegah terjadinya genangan air setelah terjadi hujan (Saidah et al., 2021).

2.6 Sistem *Ecodrain*

Ecodrain merupakan konsep pengelolaan kelebihan air dengan cara meresapkan air ke dalam tanah secara alami atau mengalirkan ke sungai tanpa melebihi kapasitas sungai. Dalam aplikasi *ecodrain* kelebihan air tidak langsung

dialirkan ke sungai, namun air dikelola sedemikian rupa agar dapat menyerap ke dalam tanah guna meningkatkan kandungan air tanah sebagai cadangan khususnya saat musim kemarau (Pidada et al., 2022). Sistem *ecodrain* efektif untuk digunakan sebagai pengendali banjir dan genangan dikarenakan mampu meresapkan air hujan yang melimpah ke dalam tanah dan berguna untuk konservasi air tanah, menekan laju erosi, dan penurunan tanah (Fitria et al., 2022).

2.7 Bioretensi

Bioretensi adalah suatu sistem manajemen air hujan yang terdiri atas area dangkal yang ditumbuhi oleh vegetasi. Tujuan dari sistem ini adalah untuk menampung, menyimpan, dan meresapkan air hujan dan limpasan permukaan ke dalam tanah sehingga dapat mengisi akuifer (lapisan air bawah tanah) dan kemudian dapat dikendalikan dan dimanfaatkan. (Manto & Kadri, 2020). Bioretensi terdiri dari beberapa lapisan, pertama adalah lapisan permukaan yang berfungsi sebagai penangkap limpasan. Lapisan kedua lapisan tanah yang digunakan untuk media tumbuh vegetasi. Pada lapisan tiga terdapat lapisan penampung yang terdiri dari batuan yang berfungsi mengalirkan air ke dalam tanah atau pipa pembuangan bila ada (Rossman, 2016). Bioretensi memiliki beberapa keuntungan dan manfaat salah satunya bioretensi dapat diterapkan pada ruas jalan yang memiliki luasan penerapan yang terbatas (Naqiya Asasty & Hindersah, 2022). Bioretensi juga dapat mereduksi kandungan polutan pada limpasan, salah satunya dapat mereduksi padatan tersuspensi sebesar 57% sampai 69% (Stec & Słyś, 2023). Dalam beberapa penelitian di dalam maupun luar negeri sebelumnya bioretensi dinilai dapat mengurangi debit puncak limpasan permukaan. Penerapan bioretensi mampu mengurangi debit puncak limpasan permukaan sebesar 56% (Wałęga et al., 2018). Penerapan bioretensi mampu mereduksi debit limpasan sebesar 82% (Stec & Słyś, 2023). Penerapan bioretensi mampu mereduksi debit puncak limpasan air permukaan sebesar 94% (Liu et al., 2022).

2.8 Infiltrasi Tanah

Dalam merencanakan bioretensi salah satu parameter yang dibutuhkan adalah infiltrasi tanah. Terdapat dua parameter yang saling berkaitan dalam pengukuran kecepatan infiltrasi yaitu laju infiltrasi dan kapasitas infiltrasi. Laju infiltrasi adalah banyaknya jumlah air yang masuk ke dalam tanah melalui permukaan tanah dalam waktu tertentu (Maghfiroh, 2020), laju infiltrasi biasanya dinyatakan dalam m/s atau cm/jam. Sedangkan kapasitas infiltrasi adalah laju infiltrasi maksimum pada jenis tanah tertentu (Harimi, 2018).

Pengukuran laju infiltrasi dapat dihitung dengan rumus yang sudah ditetapkan pada SNI 7752:2012 Tata Cara Pengukuran Laju Infiltrasi Tanah di Lapangan Menggunakan Infiltrometer Cincin Ganda pada Persamaan 2.1.

$$f = \frac{\Delta h}{\Delta t} \times 60 \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

f = laju infiltrasi (cm/jam)

Δh = selisih tinggi permukaan air (cm)

Δt = selisih waktu pengukuran (menit)

Perhitungan laju infiltrasi tanah juga dapat dilakukan dengan metode horton. Metode ini mengasumsikan infiltrasi berkurang secara eksponensial dari laju maksimum awal ke laju infiltrasi konstan. Parameter input yang dibutuhkan oleh metode ini diantaranya laju infiltrasi maksimum dan konstan, koefisien yang menggambarkan berkurangnya laju infiltrasi dari waktu ke waktu (konstanta pengurangan), dan waktu yang dibutuhkan tanah sepenuhnya jenuh untuk benar-benar kering. Perhitungan menggunakan metode *Horton* dapat dilihat pada Persamaan 2.2.

$$f = fc + (f0 - fc)e^{-kt} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

f = tingkat infiltrasi (cm/jam)

fc = tingkat infiltrasi setelah konstan (cm/jam)

$f0$ = kapasitas infiltrasi aktual awal (cm/jam)

k = konstanta pengurangan

t = waktu (jam)

2.9 Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas merupakan suatu kumpulan probabilitas yang mungkin terjadi. Distribusi probabilitas dapat dibagi menjadi 2 yaitu distribusi probabilitas diskrit dan kontinyu. Distribusi probabilitas diskrit merupakan salah satu distribusi yang variabel acaknya mengasumsikan nilainya dengan probabilitas tertentu. Distribusi probabilitas kontinyu merupakan daftar atau kumpulan probabilitas dari nilai variabel acak kontinyu. Variabel acak kontinyu terdiri atas nilai yang dapat diukur seperti data curah hujan (Olofsson, 2012). Distribusi probabilitas yang biasa digunakan untuk menganalisis data curah hujan yaitu sebagai berikut:

2.9.1 Distribusi Normal

Distribusi normal disebut juga dengan distribusi *Gauss* merupakan distribusi peluang normal yang menerus dan memiliki *probability density function* atau fungsi kerapatan peluang (Upomo dan Kusumawardani, 2016). Persamaan (PDF) distribusi normal dapat dilihat pada Persamaan 2.1.

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, \sigma > 0 \quad \dots (2.1)$$

Keterangan:

σ = parameter sd (standar deviasi)

μ = parameter *mean* (rata-rata)

2.9.2 Distribusi Log Normal

Perhitungan distribusi log normal sama dengan distribusi normal, tetapi pada distribusi ini data diubah terlebih dahulu menjadi bentuk logaritma (Upomo dan Kusumawardani, 2016). PDF distribusi log normal dapat dilihat pada Persamaan 2.2.

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \sigma > 0 \quad \dots (2.2)$$

Keterangan:

σ = parameter *sdlog*

μ = parameter *meanlog*

2.9.3 Distribusi *Log-Pearson III*

Distribusi ini memiliki koefisien kemencengan $\neq 0$. Perhitungan distribusi ini sama dengan perhitungan distribusi Log-Normal yaitu dengan mengubah data menjadi bentuk logaritma, tetapi untuk nilai koefisien (KT) distribusi *Log-Pearson III* berbeda dengan distribusi Log-Normal (Upomo dan Kusumawardani, 2016). PDF distribusi *Log-Pearson III* dapat dilihat pada Persamaan 2.3.

$$f(x) = \frac{1}{ax\Gamma(b)} \left(\frac{\ln x - c}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{\ln x - c}{a}\right)^b\right], \mu, \sigma, \lambda > 0 \quad \dots (2.3)$$

Keterangan:

a = nilai parameter ($a > 0$)

b = nilai parameter ($b > 0$)

c = nilai parameter ($0 < c < \ln x$)

Γ = fungsi *Gamma*

2.9.4 Distribusi *Gumbel*

Distribusi ini memiliki nilai koefisien kemencengan 1,139 dan koefisien kurtosis $< 5,40$. PDF distribusi *Gumbel* dapat dilihat pada Persamaan 2.4.

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-(z+e^{-z})}, \quad z = \frac{x-\mu}{\beta} \quad \dots (2.4)$$

2.9.5 Distribusi *Gamma*

Distribusi *Gamma* merupakan distribusi kontinyu yang digunakan untuk memodelkan distribusi probabilitas dari waktu tunggu. Fungsi distribusi *Gamma* dapat dilihat pada Persamaan 2.5 dan Persamaan 2.6 (Thomopoulos, 2017).

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(k)\theta^k} x^{k-1} e^{-\frac{x}{\theta}} \quad \dots (2.5)$$

$$f(x) = \frac{\beta^a}{\Gamma(a)} x^{a-1} e^{-\beta x} \quad \dots (2.6)$$

Untuk $a > 0$ dan $e = 2,71828$

2.9.6 Distribusi *Weibull*

Distribusi *Weibull* merupakan distribusi probabilitas yang digunakan untuk menyelesaikan menyangkut lama waktu atau umur suatu objek hingga objek tersebut tidak berfungsi. Distribusi ini memiliki parameter c , k , dan μ dengan nilai yang lebih besar dari 0 (Sugiyarto, 2021). PDF distribusi *Weibull* dapat dilihat pada Persamaan 2.7.

$$f(x) = \left\{ \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda} \right)^k} \right\}, \quad k, \lambda > 0 \quad \dots (2.7)$$

Keterangan:

k = parameter *shape*

λ = parameter *scale*

2.9.7 Distribusi *Frechet*

Distribusi *Frechet* merupakan distribusi probabilitas yang memiliki parameter lokasi (μ), parameter skala (α), dan parameter bentuk (ξ) (Sugiyarto, 2021). PDF distribusi *Frechet* dapat dilihat pada Persamaan 2.8.

$$f(x) = \frac{a}{s} \left(\frac{x-m}{s} \right)^{-1-a} e^{-\left(\frac{x-m}{s} \right)^{-a}}, \quad a, s > 0 \quad \dots (2.8)$$

Keterangan:

α = parameter *shape*

s = parameter *scale*

m = parameter *location*

2.9.8 Distribusi *Pareto II*

Distribusi *Pareto II* merupakan distribusi *law* yang nilai rata-rata atau standar deviasinya bergantung pada nilai pangkat fungsi peluangnya. Rumus model distribusi *Pareto II* dapat dilihat pada Persamaan 2.9 (Arnold, 2015).

$$f(x) = \frac{a}{\lambda} \left[1 + \frac{x}{\lambda} \right]^{-(a+1)}, \quad a, \lambda > 0 \quad \dots (2.9)$$

2.10 Fungsi Perhitungan Pendugaan Parameter Awal

Perhitungan pendugaan parameter awal dapat menggunakan fungsi persamaan. Distribusi probabilitas curah hujan yang menggunakan fungsi untuk menduga nilai parameter awal yaitu distribusi *Log-Pearson III*, *Pareto II*, dan Gumbel.

a. Distribusi *Log-Pearson III*

Fungsi persamaan yang digunakan untuk menduga nilai parameter awal distribusi *Log-Pearson III* dapat dilihat pada Persamaan 2.10 dan Persamaan 2.11 (Singh dan Singh, 1998).

$$\sum_{i=1}^n (\ln x_i - c) = n ab \quad \dots (2.10)$$

$$a(b-1) \sum_{i=1}^n \frac{1}{\ln x_i - c} = n \quad \dots (2.11)$$

b. Distribusi Pareto II

Fungsi persamaan yang digunakan untuk menduga nilai parameter awal distribusi Pareto II dapat dilihat pada Persamaan 2.12, Persamaan 2.13, dan Persamaan 2.14 (Mahdi dan Cenac, 2005).

$$\alpha = \frac{2n - \bar{x}^2}{\sum x_i^2} + z \quad \dots (2.12)$$

$$\beta = \bar{x} (\alpha - 1) \quad \dots (2.13)$$

$$x = \beta \left[\left[1 - \gamma^{\frac{-1}{\alpha}} \right] - 1 \right] \quad \dots (2.14)$$

c. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel memiliki dua parameter yaitu scale dan location. Nilai parameter awal distribusi Gumbel menurut Mahdi dan Cenac (2005) dapat diduga menggunakan fungsi Method of Moment atau MME (Moment Matching Estimation) dan dapat diduga secara langsung. Pemilihan nilai parameter untuk pendugaan secara langsung tidak didasari apapun, namun memiliki syarat untuk nilai scale harus lebih dari 0 ($scale > 0$). Pendugaan nilai parameter awal distribusi Gumbel pada penelitian ini menggunakan fungsi MME yang ditampilkan pada Persamaan 2.15 dan Persamaan 2.16.

$$\alpha = \left[\frac{\bar{x}^2 - \bar{x}^2}{J - \gamma^2} \right]^2 \quad \dots (2.15)$$

$$\epsilon = \bar{x} - \gamma \alpha \quad \dots (2.16)$$

d. Distribusi *Frechet*

Distribusi *Frechet* disebut juga dengan distribusi Inverse Weibull memiliki tiga parameter yaitu *shape*, *scale*, dan *location* yang pada RStudio memiliki nama “*lambda*” untuk *location*, “*sigma*” untuk *scale*, dan “*mu*” untuk *shape*. Nilai parameter awal distribusi *Frechet* pada penelitian ini diduga secara langsung yaitu *location* 0,5; *scale* 1; dan *shape* -1,5. Pemilihan nilai parameter tersebut didasarkan pada syarat nilai parameter *shape* dan *scale* harus bernilai positif dan lebih dari 0.

2.11 Uji Kesesuaian Distribusi

Pengujian untuk mengetahui kesesuaian antara distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi probabilitas curah hujan. Pengujian ini dapat menggunakan *Kolmogorov-Smirnov test with Asymptotic simulation*, *Kolmogorov-Smirnov test with Monte Carlo simulation*, *Kolmogorov-Smirnov test with Exact simulation*.

2.11.1 *Kolmogorov-Smirnov test with Asymptotic simulation*

Kolmogorov-Smirnov (K-S) test with *Asymptotic simulation* merupakan uji normalitas distribusi probabilitas *Kolmogorov-Smirnov* yang menguji *probability value* (*p-value*) untuk memastikan agar distribusi tersebut tidak menyimpang secara signifikan terhadap distribusi yang diharapkan. Uji K-S berhasil atau dapat diterima jika selisih terbesar peluang empiris dan teoritis (*D*) lebih kecil dari nilai kritis (*D₀*). Nilai kritis (*D₀*) untuk uji K-S dapat dilihat pada Tabel 2.1 (Soewarno, 1995).

Tabel 2.1 Nilai kritis (*D₀*) untuk uji *Kolmogorov-Smirnov*

n	α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	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	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	<u>1,07</u>	<u>1,222</u>	<u>1,36</u>	<u>1,63</u>

Sumber: Soewarno, 1995

2.11.2 *Kolmogorov-Smirnov test with Monte Carlo simulation*

Kolmogorov-Smirnov (K-S) dengan simulasi *Monte Carlo* merupakan uji normalitas distribusi probabilitas yang metode pengambilan sampelnya dilakukan

secara berulang. Simulasi *Monte Carlo* merupakan metode pengujian *Kolmogorov-Smirnov* (K-S) yang prosesnya mengaitkan perilaku acak dan untuk mengukur kriteria fisik. Metode ini disebut juga dengan *Crude Monte Carlo*, karena melibatkan pembangkit menggunakan bilangan acak.

2.11.3 *Kolmogorov-Smirnov test with Exact simulation*

Uji normalitas K-S dengan pendekatan *Exact* merupakan uji normalitas distribusi probabilitas yang memiliki hasil akurat meskipun datanya tidak berdistribusi normal, memiliki ukuran kecil, dan tidak seimbang.

2.12 Analisis Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan dapat dikatakan sebagai ketinggian atau kederasan hujan per satuan waktu (Kamiana, 2011). Dalam rangka membuat grafik Distribusi Durasi-Frekuensi (IDF) berdasarkan data curah hujan harian, metode *Mononobe* dapat digunakan. Jika data curah hujan dalam jangka waktu pendek tidak ada, dan yang tersedia hanya data curah hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung menggunakan rumus *Mononobe* (Nafiah et al., 2022). Rumus *mononobe* ada pada persamaan 2.17 (Limantara, 2018).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad \dots (2.17)$$

2.13 *Software R-Studio*

R-Studio adalah lingkungan pengembangan terintegrasi (*IDE*) yang sangat populer untuk pemrograman dalam bahasa pemrograman R. R-Studio memiliki akses ke berbagai paket statistik R yang mencakup berbagai distribusi probabilitas, termasuk distribusi normal, *binomial*, *Poisson*, *chi-square*, *t*, dan lain-lain. Pengguna dapat mengimpor paket-paket ini dan menggunakannya untuk menganalisis data dengan mudah. R-Studio memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis data yang mendalam menggunakan distribusi probabilitas. Ini termasuk menghitung statistik deskriptif, menguji hipotesis, dan membangun model statistik yang melibatkan distribusi probabilitas tertentu.

2.14 *Strom Water Management Model (EPA SWMM 5.2)*

Strom Water Management Model (EPA SWMM 5.2) yaitu suatu model dinamik mengenai simulasi hujan-aliran (*rainfall-runoff*). SWMM pada daerah perkotaan berfungsi untuk mensimulasikan kuantitas atau kualitas dari limpasan permukaan. EPA SWMM 5.2 menghitung kuantitas dan kualitas dari suatu limpasan permukaan pada setiap daerah tangkapan air hujan, kecepatan, kedalaman, debit, dan variabel lainnya dalam setiap saluran selama periode simulasi dengan tahapan waktu tertentu. EPA SWMM 5.2 menyediakan menu ***LID Control (Low Impact Development Control)*** yang dimana merupakan pengaplikasian penerapan sistem drainase berwawasan lingkungan pada suatu kawasan atau *ecodrain*, salah satunya bioretensi. Prosedur pemodelan *ecodrain* menggunakan EPA SWMM 5.2 pada dasarnya adalah pemodelan karakteristik Sub DAS dan teknologi *ecodrain*, input data hidrologi, dan running program. Analisis hasil perhitungan didasarkan hasil running EPA SWMM 5.2. Pada tahapan analisis didapatkan debit puncak untuk jenis *ecodrain* yang dipilih (Andajani & Hidayat, 2019).

2.15 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu tentang model distribusi probabilitas curah hujan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penelitian terdahulu tentang model distribusi probabilitas curah hujan.

No	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	(Stec & Słyś, 2023)	<i>New Bioretention Drainage Channel as One of the Low-Impact development Solution : A case Study from Poland</i>	Penerapan bioretensi mampu mengurangi debit limpasan sebesar 82%
2	(Liu et al., 2022)	<i>Ranking Three Water Sensitive Urban Design (WSUD) Practices Based on Hydraulic and Water Quality Treatment Performance : Implications for Effective Stormwater Treatment Design</i>	Penerapan bioretensi mampu mengurangi debit limpasan sebesar 94 %
3	(Wałęga et al., 2018)	<i>The Uses of Bioretention cell to decreasing outflow from parking lot</i>	Penerapan bioretensi mampu mengurangi debit puncak limpasan sebesar 56%

4	Wicaksono (2024)	Perencanaan Alternatif Penanggulangan Di Perumahan Kecamatan Patrang	Bioretensi Genangan Air Pesona Kabupaten Jember	Sebagai Penerapan mampu mengurangi debit puncak limpasan sebesar 62% sampai 75%
---	---------------------	---	--	--



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jalan Manggis, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember, Jawa Timur. Tahap pengerjaan penelitian ini dimulai pada bulan September hingga bulan Desember 2024.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer dan sekunder. Data primer pada penelitian ini yaitu data infiltrasi tanah dan tata guna lahan. Data sekunder pada penelitian ini yaitu data curah hujan harian dari tiga stasiun hujan Jember yaitu Dam Sembah, Dam Bintoro, dan Dam Arjasa selama 20 tahun dari bulan Januari 2004 - Desember 2023 yang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum, Bina Marga dan Sumber Daya Air Kabupaten Jember dan data yang digunakan untuk pemodelan SWMM berupa dimensi saluran, elevasi saluran dan tinggi muka tanah yang diperoleh dari penelitian terdahulu oleh Farrossandy (2022).

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang terstruktur dan sistematis. Adapun prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Pengumpulan Data

Data penelitian yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Data curah hujan
2. Data elevasi saluran
3. Data dimensi saluran
4. Data tinggi muka tanah
5. Data infiltrasi tanah
6. Data tata guna lahan

3.3.2 Pengolahan Data

Pengolahan data digunakan untuk mengetahui intensitas curah hujan, evaluasi saluran drainase aktual, dan pemodelan menggunakan aplikasi RStudio 4.2.2 dan EPA SWMM 5.2. Prosedur pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Analisis Data Curah Hujan Daerah

Analisis data curah hujan daerah berupa analisis statistik deskriptif untuk mengetahui dan memberikan gambaran umum tentang karakteristik data seperti nilai minimal, mean, median, dan nilai maksimal dari data curah hujan daerah dengan periode kala ulang 10 dan 20 tahun.

2. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi pada penelitian ini menggunakan beberapa model distribusi probabilitas. Model distribusi dalam penelitian ini yaitu distribusi Normal, distribusi Log-Normal, distribusi *Log-Pearson* III, distribusi *Gumbel*, distribusi *Gamma*, distribusi *Weibull*, distribusi *Frechet*, distribusi *Pareto* II. Distribusi Log Normal, distribusi *Log-Pearson* III, dan distribusi *Gumbel* merupakan turunan dari distribusi Normal. Masing-masing distribusi memiliki faktor frekuensi yang didapatkan dari tabel frekuensi distribusi tersebut, sehingga faktor frekuensi antar distribusi berbeda.

3. Uji Kesesuaian Model Distribusi Probabilitas

Uji kesesuaian dalam penelitian ini yaitu menggunakan *Kolmogorov-Smirnov test with Asymptotic simulation*, *Kolmogorov-Smirnov test with Monte Carlo simulation*, dan *Kolmogorov-Smirnov test with Exact simulation*. Pengujian ini memiliki dua hipotesis yaitu H_0 dan H_1 . Hipotesis dalam pengujian ini yaitu sebagai berikut:

H_0 = Hipotesis gagal ditolak (berdistribusi normal)

H_1 = H_0 ditolak (berdistribusi tidak normal)

4. Analisis Intensitas Curah Hujan

Analisis intensitas hujan dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *Mononobe*. Menurut (Suripin, 2004), jika tidak ada data curah hujan jangka pendek dan hanya terdapat data curah hujan harian, maka intensitas curah hujan dihitung dengan menggunakan metode *mononobe*. Perhitungan intensitas curah hujan dilakukan pengansumsian untuk hujan terkonsentrasi

selama 6 jam dengan titik awal pada jam 00:00. Intensitas hujan per jam nantinya akan dijadikan data seri waktu atau time series pada aplikasi EPA SWMM 5.2 sebagai data debit banjirnya.

5. Analisis Laju Infiltrasi Tanah

Analisis laju infiltrasi tanah dilakukan dengan melakukan pengamatan di lapangan. Pengamatan lapangan yang dilakukan peneliti berupa survey lokasi, penelitian dan pengukuran nilai laju infiltrasi. Adapun data-data yang diamati pada saat melakukan pengukuran laju infiltrasi yaitu selisih waktu (Δt) dan tinggi muka air (H) pada cincin luar dan cincin dalam, cincin luar berfungsi untuk mengetahui apakah terjadi kebocoran pada cincin dalam, dan cincin dalam berfungsi sebagai pengukur nilai laju infiltrasi. Data hasil pengamatan kemudian digunakan untuk menghitung laju infiltrasi tanah menggunakan metode *Horton*.

6. Pemodelan Menggunakan EPA SWMM 5.2

Tahapan penelitian dan langkah pemodelan menggunakan EPA SWMM 5.2 adalah sebagai berikut:

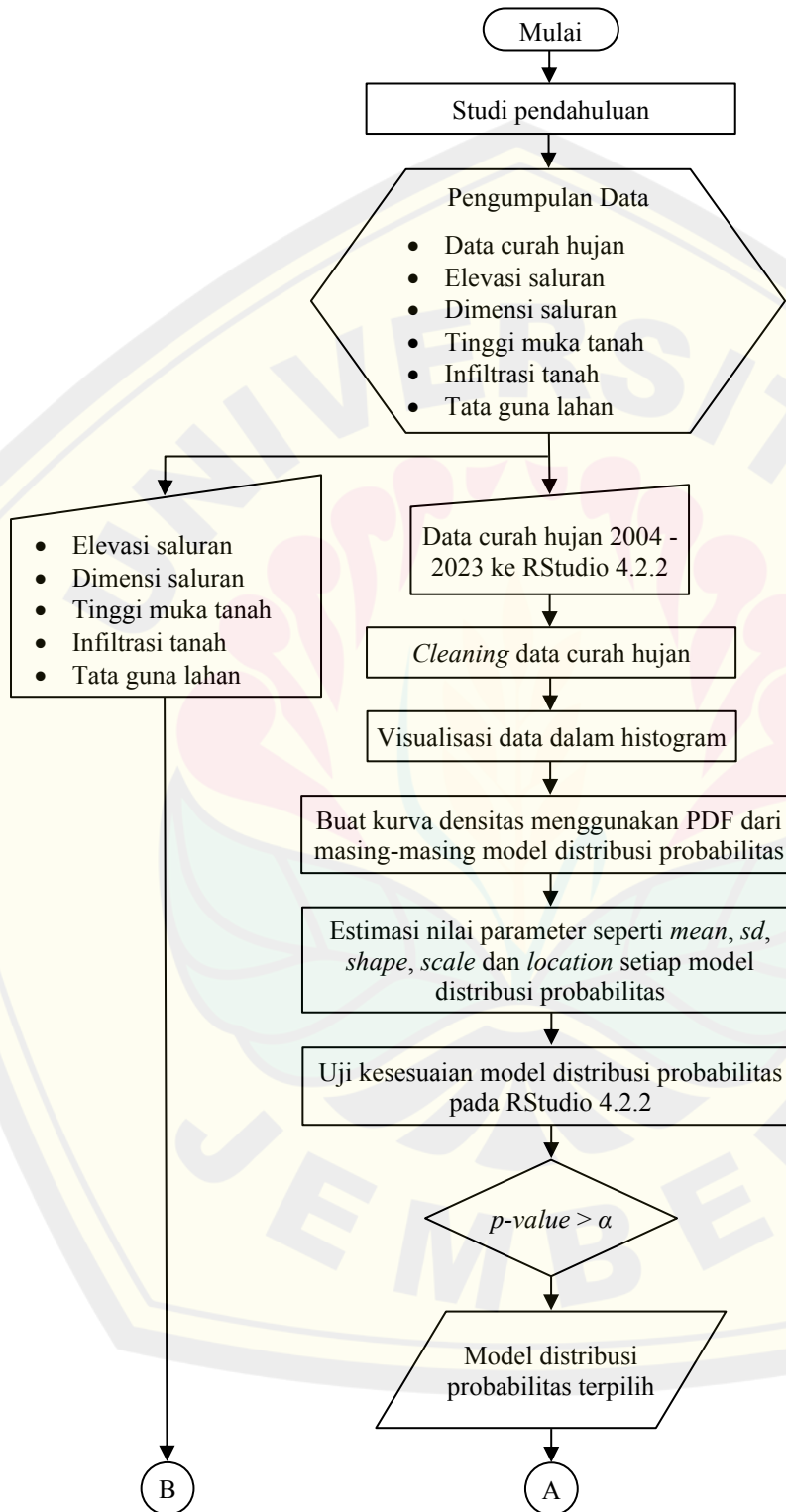
1. Membuat peta lokasi penelitian menggunakan *Google Earth* untuk data input *backdrop* desain pemodelan.
2. Menentukan luas daerah tangkapan (A) dan kemiringan lahan berdasarkan data topografi dan tata guna lahan.
3. Penentuan arah aliran dan dimensi saluran dari peta jaringan drainase.
4. Menentukan intensitas curah hujan dengan kala ulang 2, 5 dan 10 tahun.
5. Melakukan kalibrasi pemodelan SWMM 5.2.
6. Evaluasi kapasitas saluran drainase aktual menggunakan simulasi curah hujan limpasan menggunakan EPA SWMM 5.2.
7. Merencanakan lokasi, jumlah dan dimensi bioretensi.
8. Simulasi curah hujan limpasan menggunakan EPA SWMM 5.2 dengan menambahkan fitur *LID Control* jenis bioretensi.
9. Menganalisa pengurangan limpasan hujan pada penerapan bioretensi.
7. Membandingkan hasil simulasi SWMM tanpa *LID Control* dengan simulasi SWMM menggunakan *LID Control*.

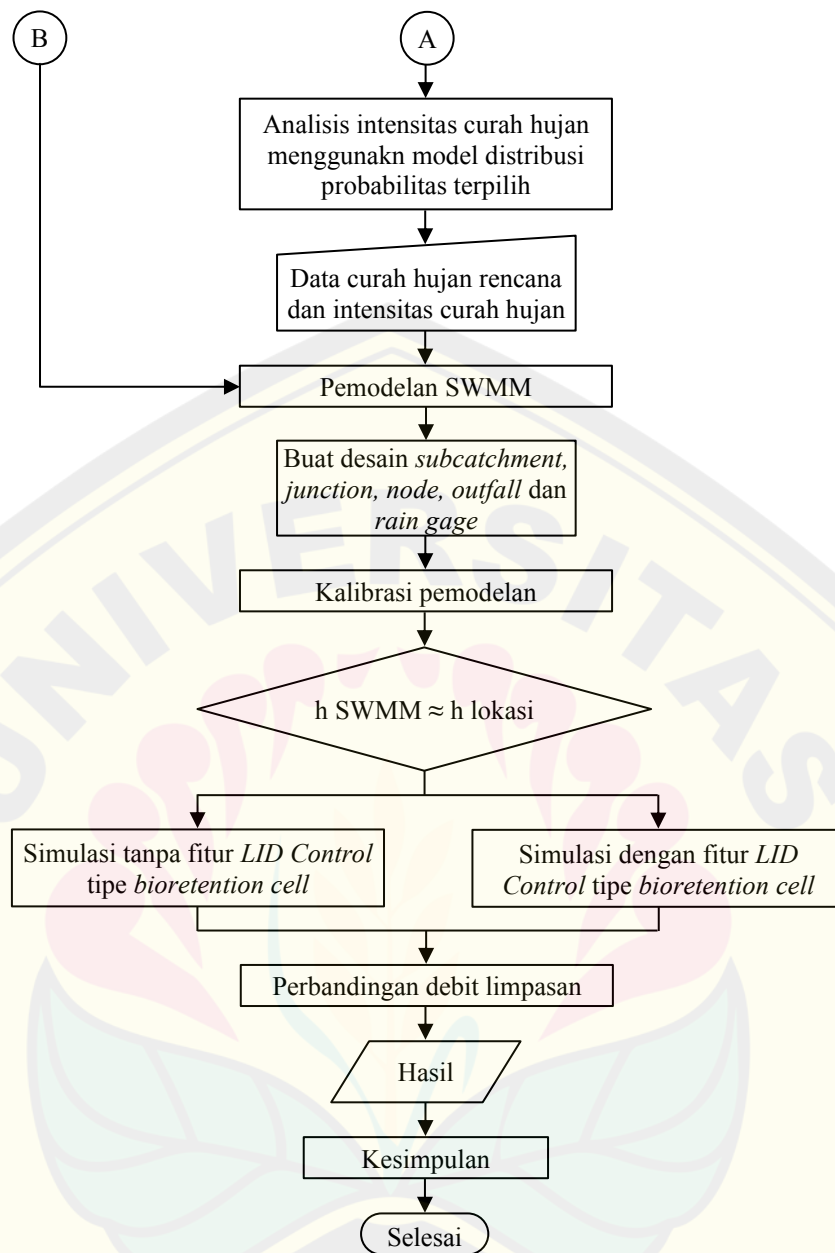


3.3.3 Bagan Alir Penelitian

Flowchart penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.1**

Gambar 3.1 Flowchart Penelitian





BAB 4. PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data Curah Hujan Daerah

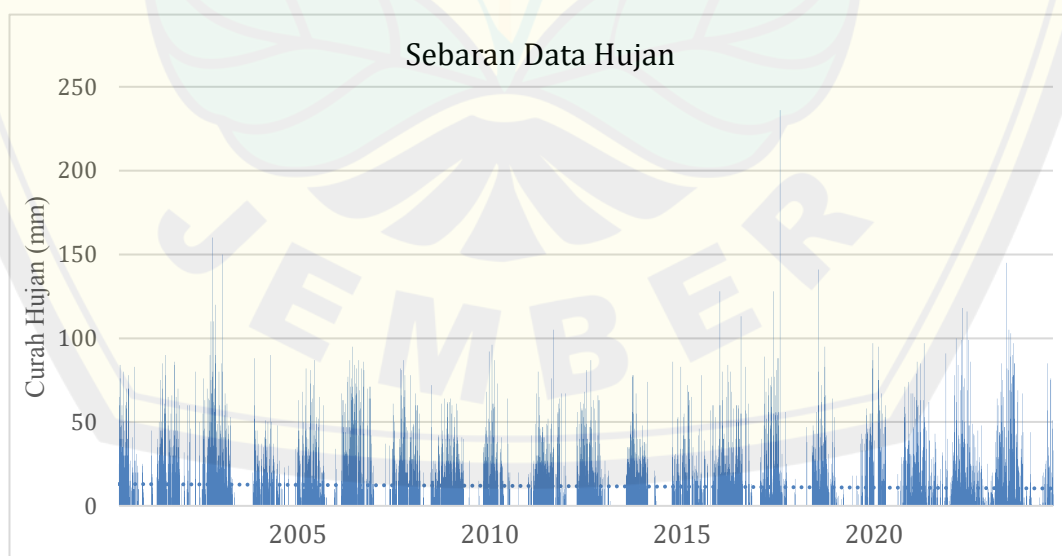
Analisis curah hujan pada penelitian ini menggunakan data curah hujan dari tiga stasiun penakar hujan disekitar wilayah penelitian yaitu stasiun hujan Arjasa, stasiun hujan Sembah dan stasiun hujan Bintoro. Data curah hujan tersebut didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Sumber Daya Air Kabupaten Jember. Data yang didapat merupakan data curah hujan harian dari tahun 2004 sampai tahun 2023. Data curah hujan harian kemudian dikonversi menjadi data curah hujan maksimum bulanan selama 10 tahun dan 20 tahun. Data curah hujan maksimum bulanan dapat dilihat pada Lampiran 4.1. Ringkasan data curah hujan ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Analisis data curah hujan maksimum bulanan

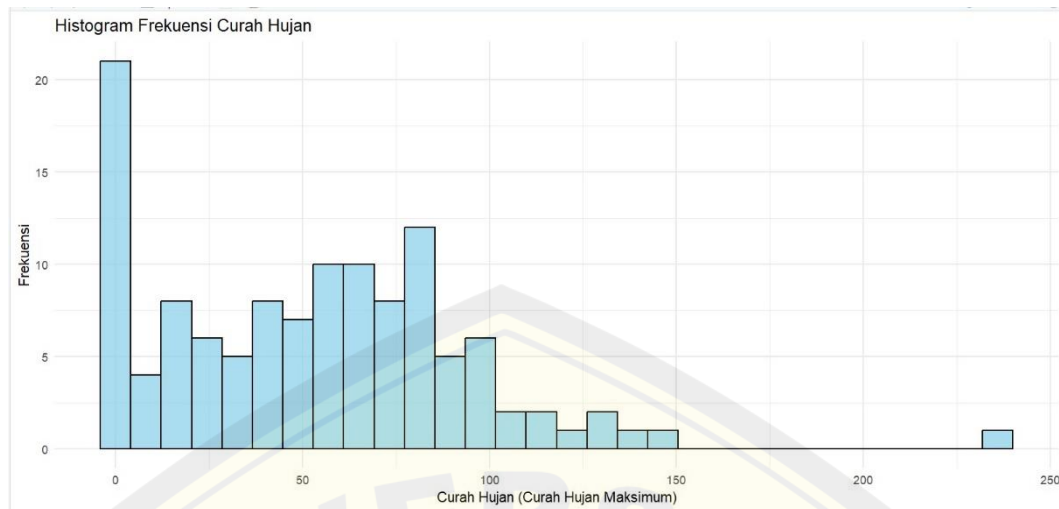
Data Curah Hujan	<i>Min</i> (mm)	<i>Mean</i> (mm)	<i>Median</i> (mm)	<i>Max</i> (mm)
Data Hujan 10 Tahun	0,01054	52,61745	53,00	236,00
Data Hujan 20 Tahun	0,01078	52,05974	55,50	236,00

Sumber: *RStudio*, 2024

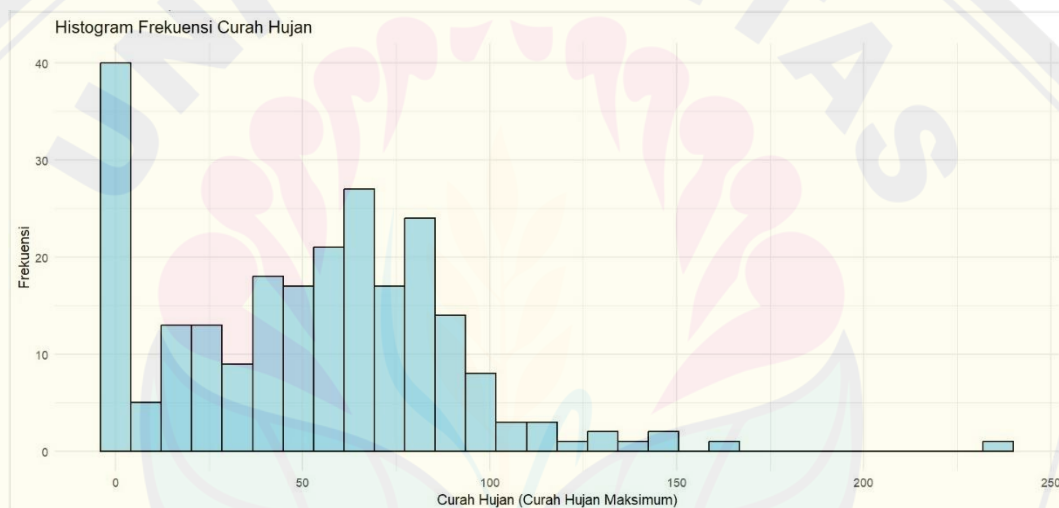
Tabel 4.1 menunjukkan nilai curah hujan tertinggi yaitu 236,00 mm. Sebaran data curah hujan dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Histogram data curah hujan asli 10 tahun dan 20 tahun dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.1 Sebaran Data Curah Hujan Harian 2004-2023



Gambar 4.2 Histogram Data Curah Hujan 10 Tahun (Sumber: *RStudio*, 2024)



Gambar 4.3 Histogram Data Curah Hujan 20 Tahun (Sumber: *RStudio*, 2024)

4.2 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi curah hujan pada penelitian ini menggunakan distribusi Normal, Log-Normal, *Weibull*, *Gumbel*, *Gamma*, *Log-Pearson III*, *Pareto II*, dan *Frechet* menggunakan aplikasi statistik *RStudio* 4.2.2. Analisis frekuensi dilakukan dengan mengestimasi nilai parameter dari fungsi PDF (*Probability Density Function*) tiap model distribusi yang nantinya akan digunakan sebagai *values* pada saat Uji Kesesuaian model untuk membandingkan kesesuaian model distribusi dengan distribusi data. Tampilan analisis frekuensi menggunakan

aplikasi RStudio dapat dilihat pada Lampiran 4.2. Hasil estimasi parameter dari masing-masing model distribusi probabilitas adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Estimasi parameter model distribusi probabilitas

Estimasi Parameter Distribusi			
Distribusi	Parameter	Data Tahun	
		10 Tahun	20 Tahun
Normal	<i>mean</i>	52,61648	52,05896
	<i>sd</i>	40,39222	36,71431
Log-Normal	<i>meanlog</i>	1,72112	1,71650
	<i>sdlog</i>	1,60630	1,56484
Weibull	<i>shape</i>	1,424625	1,71
	<i>scale</i>	77,250347	0,742
Gumbel	<i>location</i>	34,43288	36,1443
	<i>scale</i>	33,44885	32,6383
Gamma	<i>shape</i>	0,57094951	0,573
	<i>rate</i>	0,01083201	0,011
Log-Pearson-III	<i>shape</i>	490,1687	448,02786
	<i>rate</i>	22,17217	29,13943
Pareto-II	<i>location</i>	0,00066444	0,00066444
	<i>scale</i>	0,1626165	0,626165
Frechet	<i>shape</i>	5862214	4,39E+06
	<i>scale</i>	238409558	1,62E+08
	<i>location</i>	-238409519	-1,62E+08

Sumber: Hasil *running RStudio*, 2024

4.3 Uji Kesesuaian

Uji Kesesuaian (*Goodness of Fit Test*) yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Kolmogorov-Smirnov Test*. Uji kesesuaian dilakukan menggunakan aplikasi RStudio 4.2.2. Model distribusi yang sesuai dengan distribusi data asli digunakan untuk menghitung curah hujan rencana dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun. Data curah hujan rencana digunakan untuk menghitung debit limpasan dari drainase untuk perencanaan bioretensi (Wicaksono, 2024).

4.3.1 Kolmogorov-Smirnov Test

Uji *Kolmogorov-Smirnov* pada penelitian ini menggunakan tiga simulasi yaitu *Asymptotic*, *Exact* dan *Monte Carlo*. Nilai parameter hasil estimasi digunakan sebagai *input value* pada program R untuk uji kesesuaian. Hasil uji *Kolmogorov-Smirnov* menggunakan tiga simulasi dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov*

<i>Kolmogorov-Smirnov Test</i>							
Distribusi	Data	<i>Asymptotic</i>		<i>Exact</i>		<i>Monte Carlo</i>	
		D hitung	<i>p-value</i>	D hitung	<i>p-value</i>	D hitung	<i>p-value</i>
Normal	10 tahun	0,097324	0,2057	0,097341	0,1926	0,097346	0,2055
	20 tahun	0,078565	0,1033	0,078586	0,09777	0,078591	0,1031
Log-Normal	10 tahun	0,67683	< 2,2E-16	0,67205	9,99E-16	0,67779	< 2,2E-16
	20 tahun	0,68433	< 2,2E-16	0,67762	2,78E-15	0,68182	< 2,2E-16
<i>Weibull</i>	10 tahun	0,16329	0,003327	0,16329	2,90E-03	0,16329	0,00333
	20 tahun	0,1651	4,16E-06	0,1651	3,48E-06	0,1651	4,16E-06
<i>Gumbel</i>	10 tahun	0,10881	0,1166	0,10881	0,1082	0,093625	0,2436
	20 tahun	0,10524	0,009827	0,10524	0,00908	0,10524	0,009826
<i>Gamma</i>	10 tahun	0,23478	3,59E-06	0,23478	2,66E-06	0,23478	3,59E-06
	20 tahun	0,24776	3,19E-13	0,24776	1,86E-13	0,24776	3,19E-13
<i>Log-Pearson III</i>	10 tahun	1	< 2,2E-16	1	9,99E-16	1	< 2,2E-16
	20 tahun	1	< 2,2E-16	1	2,78E-15	1	< 2,2E-16
<i>Pareto II</i>	10 tahun	1	< 2,2E-16	1	9,99E-16	1	< 2,2E-16
	20 tahun	1	< 2,2E-16	1	2,78E-15	1	< 2,2E-16
<i>Frechet</i>	10 tahun	0,11611	0,007865	0,11611	0,0725	0,11611	0,0787
	20 tahun	0,15611	1,66E-05	0,15611	1,42E-05	0,15452	2,11E-05

Sumber: Hasil *running RStudio*, 2024

Hasil uji K-S menggunakan tiga simulasi dengan nilai $p\text{-value} \geq 0,05$ menunjukkan model distribusi probabilitas yang sesuai dengan data hujan 10 tahun adalah distribusi Normal dan *Gumbel*, dimana nilai $p\text{-value}$ untuk distribusi normal menggunakan simulasi *Asymtotic* yaitu 0,2057, simulasi *Exact* yaitu 0,1926 dan untuk simulasi *Monte Carlo* yaitu 0,2055, dan untuk distribusi *Gumbel* menggunakan simulasi *Asymtotic* yaitu 0,1166, simulasi *Exact* yaitu 0,1082 dan simulasi *Monte Carlo* yaitu 0,2436. Data hujan 20 tahun yang sesuai adalah distribusi Normal dengan simulasi *Asymtotic* yaitu 0,1033, simulasi *Exact* yaitu 0,09777 dan simulasi *Monte Carlo* yaitu 0,1031. Uji K-S menunjukkan distribusi normal merupakan distribusi yang paling sesuai dengan distribusi data hujan, sehingga perhitungan curah hujan rencana akan menggunakan distribusi normal.

4.4 Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana didapat dari hasil perhitungan menggunakan model distribusi probabilitas terpilih yang paling sesuai dengan data curah hujan

asli berdasarkan hasil uji kesesuaian (*goodness of fit test*) yaitu distribusi normal dengan data hujan 20 tahun. Perhitungan curah hujan rencana menggunakan PDF distribusi nomal dengan kala ulang 2, 5 dan 10 tahun. Curah hujan rencana kala ulang 2 tahun adalah 115,6357 mm/hari, kala ulang 5 tahun adalah 130,1884 dan kala ulang 10 tahun adalah 139.9528 mm/hari.

4.5 Analisis Intensitas Curah Hujan

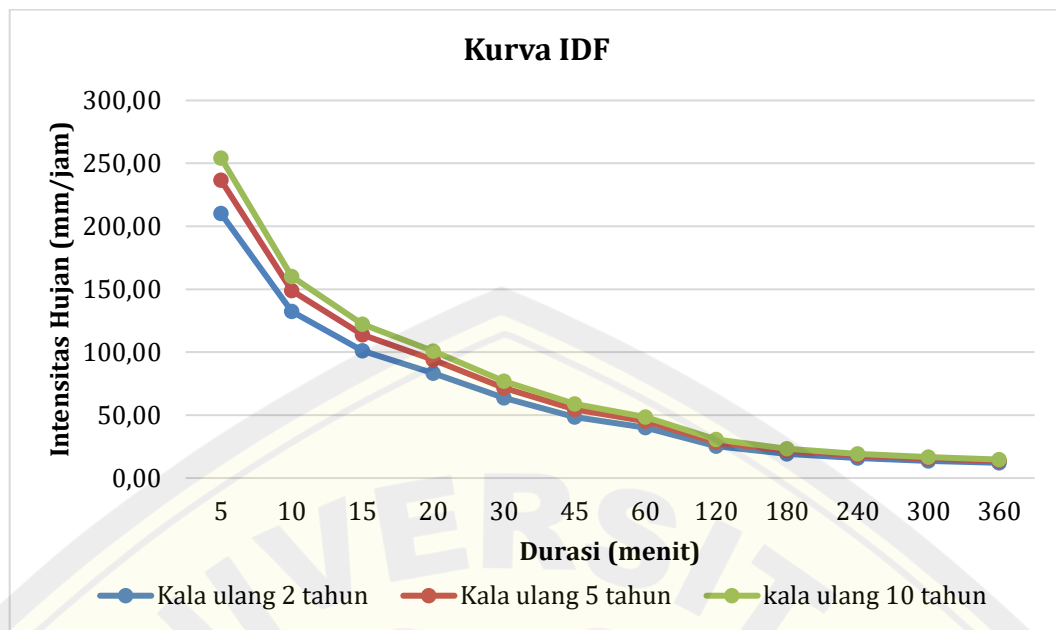
Analisis intensitas curah hujan digunakan dalam perhitungan debit limpasan hujan. Intensitas curah hujan digunakan untuk input data hujan pada aplikasi SWMM 5.2. Analisis intensitas curah hujan dapat menggunakan metode *mononobe*. Perhitungan intensitas curah hujan pada penelitian ini menggunakan waktu asumsi selama 6 jam atau 360 menit. Hasil perhitungan instensitas curah hujan ditampilkan pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Intensitas Curah Hujan Jalan Manggis

Durasi (Menit)	Intensitas Hujan		
	Kala ulang 2 tahun	Kala ulang 5 tahun	Kala ulang 10 tahun
5	210,12	236,56	254,29
10	132,37	149,03	160,19
15	101,02	113,73	122,25
20	83,39	93,88	100,92
30	63,64	71,64	77,01
45	48,56	54,67	58,77
60	40,09	45,13	48,52
120	25,25	28,43	30,56
180	19,27	21,70	23,32
240	15,91	17,91	19,25
300	13,71	15,44	16,59
360	12,14	13,67	14,69

Sumber: Hasil perhitungan, 2024

Hasil perhitungan intensitas curah hujan ditampilkan dalam bentuk Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) ditampilkan pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF). (Ms.Excel, 2024)

4.6 Kondisi Terkini Wilayah Penelitian

Survey lokasi kondisi terkini di wilayah penelitian diperlukan untuk pendataan sebagai dasar dari perencanaan bioretensi. Data yang didapat akan dimasukkan ke dalam *software* pemodelan EPA SWMM 5.2.

4.6.1 Topografi Wilayah Penelitian

Jalan Manggis, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember merupakan daerah padat penduduk yang minim area resapan dan memiliki bentuk kontur tanah yang bergelombang berada di daerah yang tergolong rendah. Dalam merencanakan bioretensi data topografi merupakan hal yang penting untuk mengetahui kemiringan dari saluran dan daerah dari lokasi penelitian. Kondisi wilayah penelitian dapat dilihat pada Lampiran 4.3. Data elevasi didapat dari penelitian terdahulu yang melakukan pengukuran secara langsung menggunakan *Total Station*. Elevasi dari saluran dan peta topografi dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5 Elevasi Jalan Manggis

Panjang Jalan (m)	Elevasi		Panjang Jalan (m)	Elevasi	
	Kiri (cm)	Kanan (cm)		Kiri (cm)	Kanan (cm)
0	113,623	113,643	550	113,257	113,24
50	113,024	113,069	600	113,726	113,666

Panjang Jalan (m)	Elevasi		Panjang Jalan (m)	Elevasi	
	Kiri (cm)	Kanan (cm)		Kiri (cm)	Kanan (cm)
100	112,892	112,799	650	113,57	113,473
150	112,859	112,781	700	114,475	114,429
200	111,887	111,792	750	114,268	114,337
250	111,863	111,876	800	114,319	114,308
300	111,931	111,882	850	114,216	114,323
350	112,018	111,924	900	112,258	112,193
400	112,915	112,91	950	112,273	112,289
450	113,479	113,304	1000	112,463	112,276
500	113,385	113,244	1050	112,356	112,242

Sumber : Farrossandy (2021)

4.6.2 Kondisi Saluran

Kondisi terkini saluran drainase jl. manggis dapat dilihat pada **Tabel 4.6**

Tabel 4.6 Kondisi Saluran Drainase Jalan Manggis

Kode	Kondisi Saluran	Bentuk Penampang	Tipe Kontruksi	Foto
C1	Cukup baik dinding saluran mulai rusak	Persegi Terbuka	Pasangan Batu	
C2	Cukup baik namun dinding rusak dan terdapat sedimen berbatu	Persegi Terbuka	Pasangan Batu	

Kode	Kondisi Saluran	Bentuk Penampang	Tipe Kontruksi	Foto
C3	Saluran mulai dangkal karena sedimen tanah	Persegi Terbuka	Pasangan Batu	
C4	Saluran cukup baik dengan dinding agak rusak dan sedimen berbatu	Persegi Terbuka	Pasangan Batu	
C5	Dinding saluran masih cukup baik namun terdapat sampah dan sedimen	Persegi Terbuka	Pasangan Batu	
C6	Dinding saluran banyak yang rusak, terdapat sampah dan sedimen	Persegi Terbuka	Pasangan Batu	
C7	Saluran mulai dangkal akibat tertimbun tanah	Persegi Terbuka	Pasangan Batu	

Kode	Kondisi Saluran	Bentuk Penampang	Tipe Kontruksi	Foto
C8	Saluran rusak namun bersih	Persegi Terbuka	Pasangan Batu	
C9	Saluran rusak sampai terlihat batu pondasi	Persegi Terbuka	Pasangan Batu	
C10	Saluran tertimbun tanah dan ditumbuhi tanaman	Persegi Terbuka	Pasangan Batu	
C11	Saluran tertimbun tanah dan ditumbuhi tanaman	Persegi Terbuka	Pasangan Batu	
C12	Saluran tertimbun tanah dan banyak sampah	Persegi Terbuka	Pasangan Batu	

Kode	Kondisi Saluran	Bentuk Penampang	Tipe Kontruksi	Foto
C13	Saluran tertimbun tanah dan ditumbuhi tanaman	Persegi Terbuka	Pasangan Batu	
C14	Saluran cukup baik dan bersih	Persegi Terbuka	Pasangan Batu	

Sumber: Survey di lokasi penelitian, 2024

4.7 Pemodelan Menggunakan EPA SWMM

Pemodelan menggunakan software EPA SWMM 5.2 dilakukan untuk mengevaluasi saluran drainase aktual di Jalan Manggis, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember. Objek yang diperlukan pada pengaplikasian *software* EPA SWMM 5.2 yaitu *subcatchment*, *junction*, *conduit*, *outfall*, dan *rain gage*. Periode kala ulang curah hujan yang digunakan untuk evaluasi kondisi terkini lokasi penelitian ini yaitu kala ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun.

4.7.1 Pembagian Jaringan Drainase

Pada penelitian ini jaringan drainase memiliki memiliki 14 *subcatchment* (S), 16 *junction* (J), 14 *conduit* (C) dan 3 *outfall* (O). Data *subcatchment*, *junction*, *conduit* dan *outfall* pada saluran drainase Jalan Manggis dapat dilihat pada **Tabel 4.7, Tabel 4.8, dan Tabel 4.9.**

Tabel 4.7 Data *Subcatchment* pada Pemodelan SWMM

Kode	<i>Subcatchment</i> (m ²)	Bioretensi (m ²)
S1	8484	424.20
S2	7709	385.45
S3	7298	364.90

Kode	Subcatchment (m ²)	Bioretensi (m ²)
S4	6819	340.95
S5	4877	243.85
S6	5557	277.85
S7	5440	272.00
S8	4873	243.65
S9	6662	333.10
S10	2656	132.80
S11	4113	205.65
S12	3159	157.95
S13	2482	124.10
S14	2295	114.75

Sumber: *Google Earth*, 2024

Data *subcatchment* yang digunakan dalam pemodelan SWMM pada Tabel 4.7 merupakan data berupa luasan daerah tangkapan air hujan yang didapatkan dari luas lokasi.

Tabel 4.8 Data *junction* dan *outfall* pada Pemodelan SWMM

Kode	Elevasi (cm)	Kode	Elevasi (cm)
J1	112,907	J11	112,901
J2	112,919	J12	112,925
J3	112,312	J13	113,906
J4	112,318	J14	113,882
J5	111,565	J15	111,867
J6	111,564	J16	111,866
J7	112,32	O1	111,098
J8	112,334	O2	111,185
J9	112,03	O3	111,624
J10	112,037		

Sumber: Farrossandy, 2021

Data pemodelan SWMM yang digunakan untuk *junction* dan *outfall* pada Tabel 4.8 yaitu berupa elevasi pada setiap titik lokasi yang didapatkan dari survei topografi di lokasi penelitian yaitu Jalan Manggis

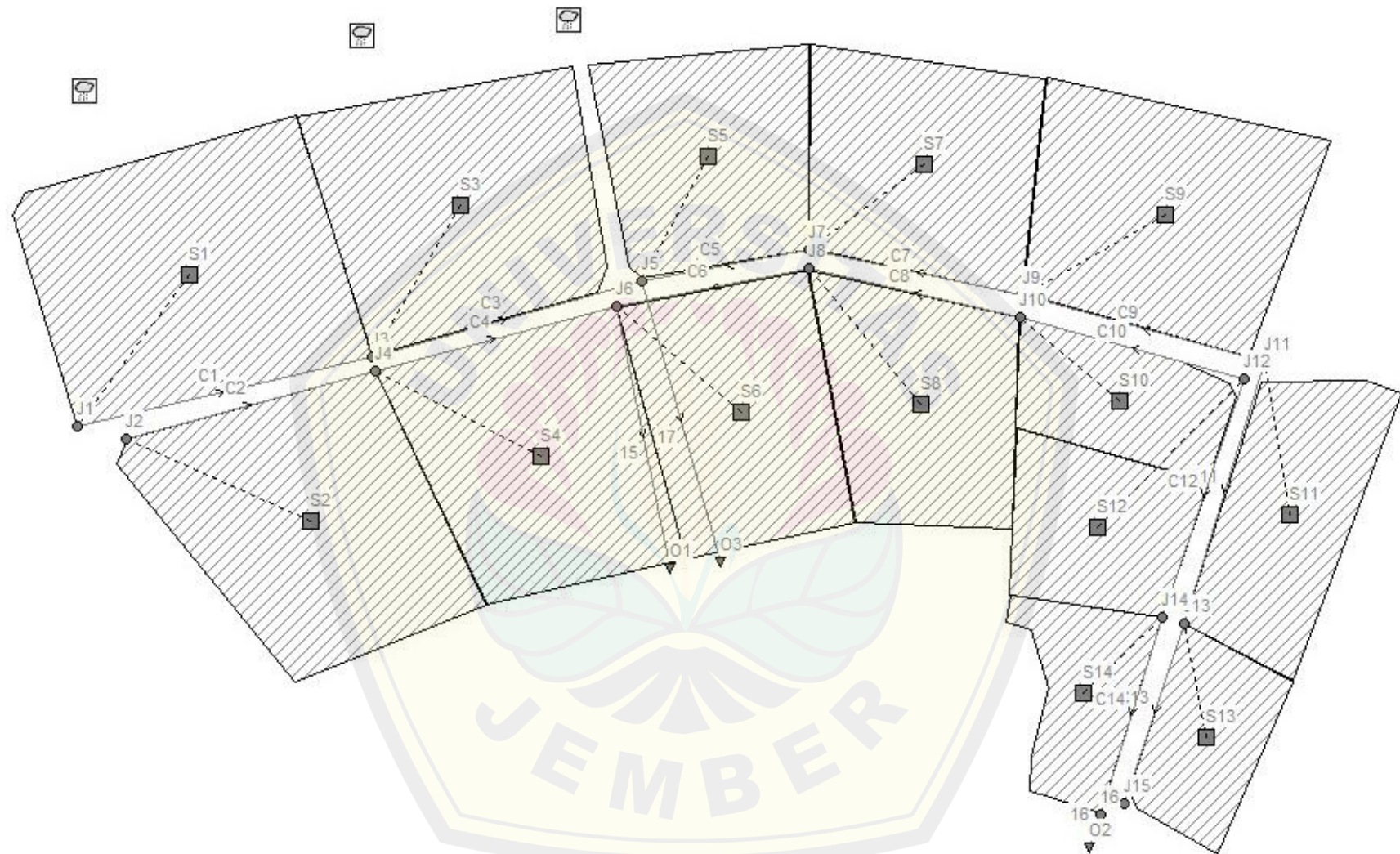
Tabel 4.9 Data *Conduit* Pada Pemodelan SWMM

Kode	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)
C1	88,94	0,5	0,5

Kode	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)
C2	85,82	0,5	0,5
C3	98,54	0,5	0,5
C4	98,22	0,5	0,5
C5	60,51	0,5	0,5
C6	60,56	0,5	0,5
C7	69,95	0,5	0,5
C8	69,45	0,5	0,5
C9	93,91	0,5	0,5
C10	86,48	0,5	0,5
C11	85,55	0,5	0,5
C12	85,27	0,5	0,5
C13	58	0,5	0,5
C14	58,64	0,5	0,5

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum dan Sumberdaya Air, 2021

Data pemodelan SWMM yang digunakan untuk conduit pada Tabel 4.9 yaitu berupa data dimensi saluran yang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum dan Sumberdaya Air. Setelah semua data didapatkan kemudian dilakukan pembagian dan penggambaran jaringan drainase di Jalan Manggis pada pemodelan SWMM, hasil penggambaran jaringan drainase dan arah aliran dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4. 5 Pembagian Subcatchment, Junction, Conduit dan Outfall

4.8 Kalibrasi Pemodelan

Kalibrasi pemodelan bertujuan untuk memastikan hasil simulasi sesuai dengan kondisi aktual. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan tinggi muka air pada kondisi aktual (h lokasi) dengan tinggi muka air pada pemodelan (h swmm) aplikasi EPA SWMM 5.2. Data muka air yang digunakan sebagai pembanding kalibrasi yaitu data tinggi air di lokasi penelitian saat terjadinya hujan pada tanggal 14 Januari 2025 dengan curah hujan sebesar 0,0 mm, 20,35 mm, dan 56,00 mm yang didapat dari perhitungan menggunakan metode *bootstrapping* (Bradley Efron, 1979). Dokumentasi pengukuran tinggi muka air dapat dilihat pada Lampiran 4.4. Hasil kalibrasi pemodelan dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Kalibrasi SWMM

Data hujan minimum 0,00 mm			
Node	h lokasi minimum	h SWMM	% error
C3	5	0	100
C7	3	0	100
Data hujan rata-rata 20,35 mm			
Node	h lokasi rata-rata	h SWMM	% error
C3	20,334	12,3	39,51
C7	14,667	8,3	43,4
Data hujan maksimum 56,00 mm			
Node	h lokasi maksimum	h SWMM	% error
C3	36	34,1	5,28
C7	25	23,2	7,2

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Kalibrasi SWMM dinyatakan baik apabila nilai *error* kurang dari 10% (Rossman, 2022). Hasil kalibrasi yang dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan desain pemodelan sesuai dengan kondisi aktual wilayah penelitian dengan nilai *error* dari kalibrasi sebesar 5,28% pada Node C3 dan 7,2% pada Node C7 dengan curah hujan sebesar 56,00 mm.

4.10 Simulasi SWMM Tanpa LID

Simulasi atau *running* dilakukan setelah data-data yang dibutuhkan pada pemodelan jaringan drainase telah dimasukkan sesuai dengan data di lokasi penelitian yaitu Jalan Manggis. Simulasi dikatakan berhasil apabila nilai dari *continuity error* kurang dari 10% (Rossman, 2015).

Simulasi banjir dengan periode kala ulang 2 tahun mendapatkan nilai *continuity error* pada *surface runoff* sebesar -1,89% dan nilai *continuity error* pada *flow routing* sebesar -0,271%. Hasil simulasi menunjukkan beberapa titik yang terjadi banjir yaitu pada node J9 sebesar 242,75 mm, J10 sebesar 160,53 mm, dan J15 sebesar 47,69 mm. Simulasi banjir dengan periode kala ulang 5 tahun mendapatkan nilai *continuity error* pada *surface runoff* sebesar -1,92% dan nilai *continuity error* pada *flow routing* sebesar -0,20%. Hasil simulasi menunjukkan beberapa titik yang terjadi banjir yaitu pada node J3 sebesar 20,62 mm, J9 sebesar 325,86 mm, J10 sebesar 178,14 mm, dan J15 sebesar 55,04. Simulasi banjir dengan periode kala ulang 10 tahun mendapatkan nilai *continuity error* pada *surface runoff* sebesar -1,92% dan nilai *continuity error* pada *flow routing* sebesar -0,20%. Hasil simulasi menunjukkan beberapa titik yang terjadi banjir yaitu pada node J3 sebesar 69,02 mm, J9 sebesar 382,32 mm, J10 sebesar 204,90 mm, dan J15 sebesar 60,03. Tampilan simulasi SWMM dapat dilihat pada **Lampiran 4.5**.

4.11 Perencanaan Bioretensi

Perencanaan bioretensi menggunakan software EPA SWMM 5.2 dilakukan dengan menambahkan fitur *LID Control* tipe *bioretention cell* pada menu *hidrology*, parameter bioretensi memerlukan laju infiltrasi tanah. Pengukuran laju infiltrasi tanah dilakukan menggunakan infiltrometer *double ring* dan didapatkan laju infiltrasi tanah pada Jalan Manggis Kecamatan Patrang sebesar 17,93 mm/jam. Menurut USDA *Soil Quality Indicators* apabila laju infiltrasi tanah diatas 0,8 inci/jam diklasifikasikan sebagai tanah berpasir. Dokumentasi pengukuran laju infiltrasi tanah dapat dilihat pada **Lampiran 4.6**.

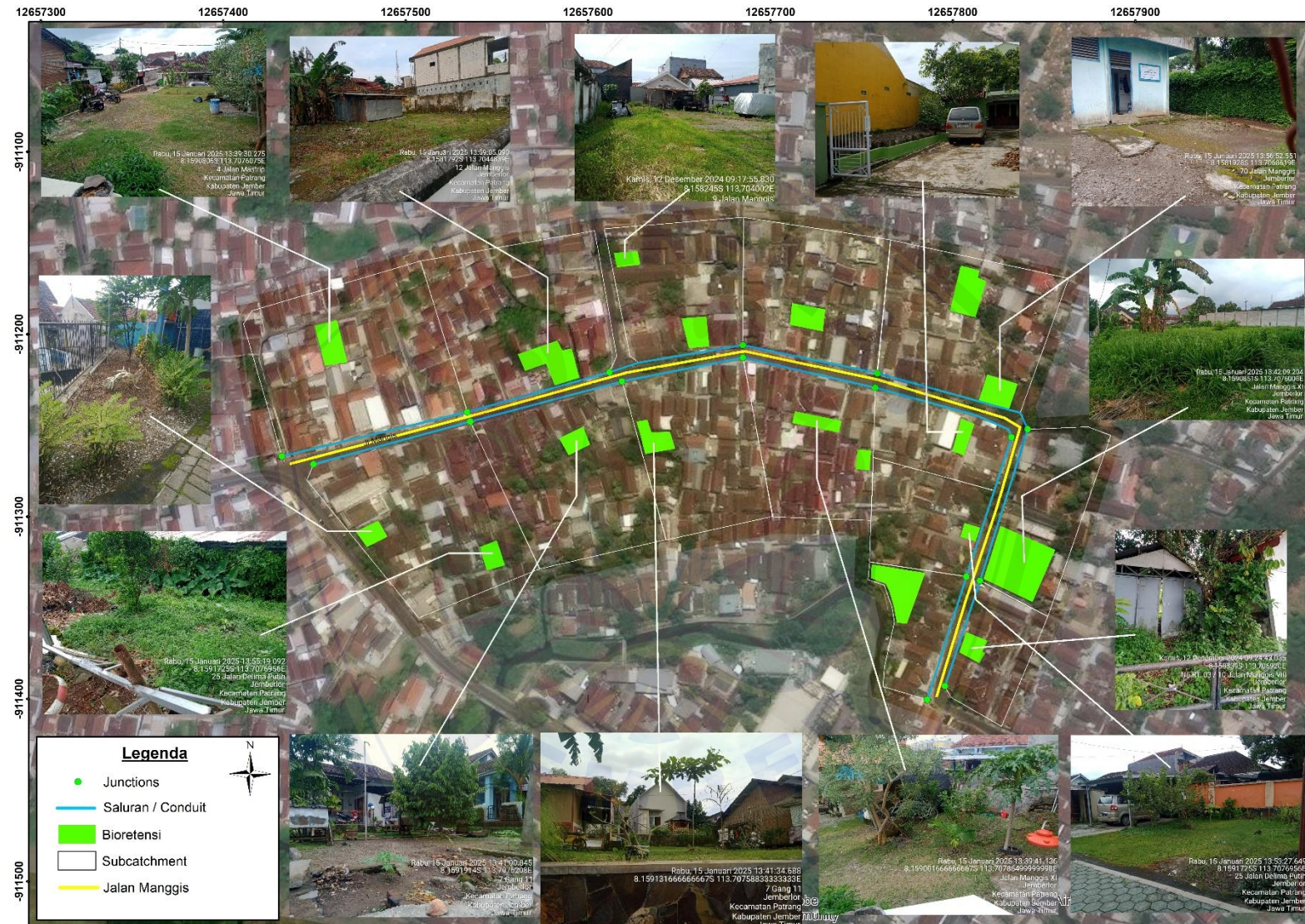
Parameter dalam perencanaan bioretensi mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Bond et al., (2021). Jenis tanah pada lokasi studi tersebut merupakan tanah berpasir yang merupakan jenis tanah yang sama pada lokasi studi penelitian ini apabila dilihat dari hasil uji infiltrasi tanah. Parameter perencanaan bioretensi dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Parameter Perencanaan Bioretensi

Parameter	Jumlah
<i>Surface</i>	
<i>Berm height (mm)</i>	250
<i>Vegetation Volume</i>	0,1
<i>Surface Roughness</i>	0,3
<i>Surface Slope (%)</i>	1
<i>Soil</i>	
<i>Thickness (mm)</i>	600
<i>Porosity</i>	0,45
<i>Field Capacity</i>	0,121
<i>Wilting Point</i>	0,057
<i>Conductivity (mm/jam)</i>	91
<i>Conductivity Slope</i>	44
<i>Suction Head (mm)</i>	50
<i>Storage</i>	
<i>Thickness (mm)</i>	400
<i>Void Ratio</i>	0,54
<i>Seepage Rate (mm/jam)</i>	2,6
<i>Clogging Factor</i>	0

Sumber : *Bond et al.*, (2021)

Bioretensi direncanakan pada setiap *subcatchment* dengan luas area sebesar 5% dari luas *subcatchment* seperti yang terdapat pada Tabel 4.7. Peta titik bioretensi dapat dilihat pada **Gambar 4.6** dan dokumentasi lokasi bioretensi dapat dilihat pada **Lampiran 4.7**.



Gambar 4.6 Peta titik lokasi bioretensi

4.12 Simulasi SWMM Menggunakan LID

Simulasi banjir dengan menggunakan LID pada periode kala ulang 2 tahun mendapatkan nilai *continuity error* pada *surface runoff* sebesar -1,89% dan nilai *continuity error* pada *flow routing* sebesar -0,271% dan dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi berjalan dengan baik dan dapat dilanjutkan karena masing-masing nilai pada *continuity error* kurang dari 10%. Hasil dari simulasi pemodelan dengan SWMM periode kala ulang 2 tahun menunjukkan beberapa titik yang terjadi banjir yaitu pada node J9 sebesar 201,84 mm, J10 sebesar 132,09 mm, dan J15 sebesar 42,58 mm.

Pada simulasi banjir dengan periode kala ulang 5 tahun mendapatkan nilai *continuity error* pada *surface runoff* sebesar -1,92% dan nilai *continuity error* pada *flow routing* sebesar -0,20% dan dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi berjalan dengan baik dan dapat dilanjutkan karena masing-masing nilai pada *continuity error* kurang dari 10%. Hasil dari simulasi pemodelan dengan SWMM periode kala ulang 10 tahun menunjukkan beberapa titik yang terjadi banjir yaitu pada node J9 sebesar 255,9 mm, J10 sebesar 147,14 mm, dan J15 sebesar 49,14.

Pada simulasi banjir dengan periode kala ulang 10 tahun mendapatkan nilai *continuity error* pada *surface runoff* sebesar -1,92% dan nilai *continuity error* pada *flow routing* sebesar -0,20% dan dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi berjalan dengan baik dan dapat dilanjutkan karena masing-masing nilai pada *continuity error* kurang dari 10%. Hasil dari simulasi pemodelan dengan SWMM periode kala ulang 10 tahun menunjukkan beberapa titik yang terjadi banjir yaitu pada node J3 sebesar 7,2 mm, J9 sebesar 306,76 mm, J10 sebesar 169,33 mm, dan J15 sebesar 53,59.

4.13 Perbandingan Debit Genangan Sebelum Dan Setelah Perencanaan Bioretensi

Perbandingan dilakukan antara pemodelan tanpa menggunakan bioretensi dan setelah dilakukan penambahan bioretensi pada pemodelan SWMM sehingga didapatkan nilai reduksi volume genangan air. Reduksi genangan air dapat dilihat pada Table 4.12.

Table 4.12 Perbandingan Genangan Air Hasil Simulasi SWMM

Node	Volume Aktual (mm)	Volume Biortensi (mm)	Reduksi (%)
Hujan Kala Ulang 2 Tahun			
J3	0,0	0,0	0,0
J9	242,75	201,84	16,85
J10	160,53	132,09	17,72
J15	47,69	42,58	10,72
Hujan Kala Ulang 5 Tahun			
J3	20,62	0,0	100
J9	325,86	255,9	21,47
J10	178,14	147,14	17,402
J15	55,04	49,14	10,719
Hujan Kala Ulang 10 Tahun			
J3	69,02	7,2	89,57
J9	382,32	306,76	19,76
J10	204,90	169,33	17,36
J15	60,03	53,59	10,73

Sumber: Hasil perhitungan, 2024

Perbandingan antara simulasi tanpa bioretensi dengan simulasi menggunakan bioretensi menunjukkan adanya perbedaan volume genangan air, sehingga didapatkan persentase reduksi dari masing-masing kala ulang yaitu pada hujan Hujan dengan kala ulang 2 tahun menghasilkan reduksi pada node J3 sebesar 100%, J9 sebesar 16,85%, node J10 sebesar 17,72% dan node J15 sebesar 10,72%. Hujan dengan kala ulang 5 tahun menghasilkan reduksi pada node J3 sebesar 0%, dan node J9 sebesar 21,47%, node J10 sebesar 17,402% dan node J15 sebesar 10,719%. Hujan dengan kala ulang 10 tahun menghasilkan reduksi pada node J3 sebesar 89,57%, dan node J9 sebesar 19,76%, node J10 sebesar 17,36% dan node J15 sebesar 10,73%. Adanya penurunan atau reduksi volume genangan air saat simulasi menunjukkan bahwa bioretensi dapat digunakan sebagai solusi dalam menangani banjir atau genangan air saat hujan tinggi di Jalan Manggis Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Model distribusi probabilitas curah hujan yang paling sesuai di Jalan Manggis, Kecamatan Patrang Kabupaten Jember setelah dilakukan uji kesesuaian menggunakan *Kolmogorov Smirnov Test* dengan tiga simulasi didapatkan model distribusi yang paling sesuai yaitu distribusi normal dengan nilai standar deviasi sebesar 52,05896 dan *mean* sebesar 36,71431.
2. Penurunan volume genangan terbesar pada *subcatchment* yang terlayani bioretensi ketika turun hujan untuk kala ulang 2 tahun yaitu pada *Junction* J10 dengan reduksi sebesar 17,72%, untuk kala ulang 5 tahun yaitu J9 dengan reduksi 21,47%, dan untuk kala ulang 10 tahun yaitu J9 dengan reduksi sebesar 19,76%.

5.2 Saran

1. Dilakukan perencanaan menggunakan LID lain pada software EPA SWMM, seperti sumur resapan, *rain barrel*, maupun *permeable pavement*.
2. Dilakukan perawatan dan perbaikan pada saluran yang mengalami kerusakan dan tertimbun tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Andajani, S., & Hidayat, D. P. . (2019). Evaluasi Faktor Teknis Penentu Kriteria Drainase Berwawasan Lingkungan. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)*, 2(1), 1–5.
- Arnold, B. C. 2015. *Pareto Distributions*. 2nd ed. Florida: Taylor & Francis Group.
- Badan Pusat Statistik. 2024. *BPS Kabupaten Jember Dalam Angka, 2024*. Jember: BPS Jember
- Badriyah, L. D. 2015 Kajian Banjir Akibat Pembangunan Perumahan Dan Solusinya (Studi Kasus Perumahan Permata Indah Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember). *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik – Universitas Unmuh Jember*.
- Farrossandy, A. I., Widiarti, W. Y., & Badriani, R. E. (2022). Evaluasi Saluran Drainase Jalan Manggis Kecamatan Patrang Kabupaten Jember. *Jurnal Teknik Pengairan*. 13(2), 141-158.
<https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2022.013.02.02>
- Fernandus, D. A. 2013. Analisis jenis distribusi curah hujan dan kurva *Intensity Duration Frequency* (IDF) di Kota Makassar. *Skripsi*. Makassar: Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin.
- Fitria, R., Rahmayanti, H., & Sumargo, B. (2022). Pemodelan Sistem Dinamik Eco Drainage di Wilayah Tanah Basah (Studi Kasus Kawasan Kelapa Gading DKI Jakarta). *Rekayasa*, 15(2), 121–128.
- Hanani, A. R., & Hindersah, H. (2022). Kajian Green Infrastucture dalam Upaya Menambah Ketersediaan Air Tanah di Kota Bandung. *Bandung Conference Series: Urban & Regional Planning*, 2(2), 644–656.
- Hendri, A. 2015. Analisis Metode Intensitas Hujan Pada Stasiun Hujan Pasar Kampar Kabupaten Kampar. *Annual Civil Engineering Seminar*. 297-304.1
- Liu, A., Egodawatta, P., & Goonetilleke, A. (2022). Ranking Three Water Sensitive Urban Design (WSUD) Practices Based on Hydraulic and Water

- Quality Treatment Performance: Implications for Effective Stormwater Treatment Design. *Water (Switzerland)*, 14(8).
- Manto, A., & Kadri, T. (2020). *Reduksi Debit Limpasan Dengan Menerapkan Sistem Ekodrainase Pada Kawasan Perumahan. Indonesian Journal of 34 35 Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)*, 3(2), 104–109.
- Naqiya Asasty, A. P., & Hindersah, H. (2022). Kajian Green Infrastructure dalam Pengendalian Genangan di Ruas Jalan Kota Kupang. *Bandung Conference Series: Urban & Regional Planning*, 2(2), 464–471.
- Olofsson, P. dan M. Andersson. 2012. *Probability, Statistics, and Stochastic Processes*. 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Permen. 2014. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12/PRT/M/2014
- Pidada, I. B. P. I., Juniawan, D. G. A., Suryanata, I. M. O., Suryanatha, G. A., & Putri, D. A. P. A. G. (2022). Implementasi Konsep Ecodrainage Dalam Pengelolaan Sampah Organik di Desa Riang Gede. *ABDI MOESTOPO: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 5(2), 236–243.
- Pratiwi, D., Sinia, R. O., & Fitri, A. (2020). Peningkatan Pengetahuan Masyarakat Terhadap Drainase Berporus Yang Difungsikan Sebagai Tempat Peresapan Air Hujan. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 1(2), 17–23
- Pudyastuti, P. S., & Musthofa, R. A. 2020. Analisa Distribusi Curah Hujan Harian Maksimum Di Stasiun Pengukur Hujan Terpilih Di Wilayah Klaten Periode 2008-2010. *Dinamika Teknik Sipil*. 13(1):10-15
- Rossman, L. A. (2016). *Storm Water Management Model Reference Manual (Volume III)*. United States Environmental Protection Agency.
- Saidah, H., Nur, K. N., Parea, R. R. M. I. M., Tamrin, Miswar, T. A. . R. N., Mardewi, J. A. M., & Fenti, D. S. (2021). *Drainase Perkotaan* (Vol. 1).
- Stec, A., & Słyś, D. (2023). New Bioretention Drainage Channel as One of the Low-Impact Development Solutions: A Case Study from Poland. *Resources*, 12(7).

- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Bandung: Nova.
- Sugiyarto, H. 2021. *Pengantar Proses Stokastik*. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan.
- Thomopoulos, N. T. 2017. *Statistical Distributions: Applications and Parameter Estimates*. Cham: Springer International Publishing AG
- Upomo, T. C. dan R. Kusumawardani. 2016. Pemilihan distribusi probabilitas pada analisa hujan dengan metode *goodness of fit test*. *Teknik Sipil dan Perencanaan*. 18(2): 139-148
- Wałęga, A., Cebulska, M., & Gadek, W. (2018). The use of bioretention cell to decreasing outflow from parking lot. *Journal of Water and Land Development*, 36(1), 173–181.
- Wicaksono, E. F. 2024. Perencanaan Bioretensi Sebagai Alternatif Penanggulangan Genangan Air Di Perumahan Pesona Regency Kecamatan Patrang Kabupaten Jember. Skripsi. Jember: Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

LAMPIRAN

Lampiran 4.1 Data Curah Hujan Bulanan

Tahun	Bulan	Stasiun Hujan			Curah Hujan Maksimum	Curah Hujan Rata-rata
		Arjasa	Sembah	Bintoro		
2004	Januari	69	84	60	84	71.00
	Februari	80	58	70	80	69.33
	Maret	70	78	40	78	62.67
	April	20	41	17	41	26.00
	Mei	24	83	20	83	42.33
	Juni	0	0	0	0	0.00
	Juli	10	24	25	25	19.67
	Agustus	0	0	0	0	0.00
	September	19	0	45	45	21.33
	Oktober	19	40	35	40	31.33
	November	50	75	40	75	55.00
	Desember	85	90	60	90	78.33
2005	Januari	25	65	32	65	40.67
	Februari	30	66	60	66	52.00
	Maret	86	65	55	86	68.67
	April	20	70	45	70	45.00
	Mei	5	32	0	32	12.33
	Juni	30	21	60	60	37.00
	Juli	60	46	20	60	42.00
	Agustus	80	30	60	80	56.67
	September	50	15	30	50	31.67
	Oktober	55	76	45	76	58.67
	November	70	64	35	70	56.33
	Desember	110	77	90	110	92.33
2006	Januari	80	110	160	160	116.67
	Februari	72	56	80	80	69.33
	Maret	150	80	85	150	105.00
	April	54	67	60	67	60.33
	Mei	48	53	40	53	47.00
	Juni	8	16	0	16	8.00
	Juli	0	0	0	0	0.00
	Agustus	0	0	0	0	0.00
	September	0	0	0	0	0.00
	Oktober	0	0	0	0	0.00

Tahun	Bulan	Stasiun Hujan			Curah Hujan Maksimum	Curah Hujan Rata-rata
		Arjasa	Sembah	Bintoro		
2007	November	33	88	60	88	60.33
	Desember	37	45	45	45	42.33
	Januari	37	28	30	37	31.67
	Februari	45	51	40	51	45.33
	Maret	50	28	30	50	36.00
	April	50	46	90	90	62.00
	Mei	7	48	25	48	26.67
	Juni	19	27	10	27	18.67
	Juli	23	0	15	23	12.67
	Agustus	7	24	20	24	17.00
	September	0	0	0	0	0.00
	Oktober	35	34	20	35	29.67
	November	35	63	45	63	47.67
	Desember	60	68	45	68	57.67
2008	Januari	60	82	40	82	60.67
	Februari	37	81	60	81	59.33
	Maret	49	87	45	87	60.33
	April	21	65	35	65	40.33
	Mei	60	44	20	60	41.33
	Juni	5	0	0	5	1.67
	Juli	0	0	0	0	0.00
	Agustus	34	14	10	34	19.33
	September	0	0	0	0	0.00
	Oktober	63	67	60	67	63.33
	November	77	74	35	77	62.00
	Desember	95	87	51	95	77.67
2009	Januari	64	84	60	84	69.33
	Februari	69	87	25	87	60.33
	Maret	82	86	20	86	62.67
	April	16	70	30	70	38.67
	Mei	42	71	20	71	44.33
	Juni	24	20	10	24	18.00
	Juli	0	0	0	0	0.00
	Agustus	0	0	0	0	0.00
	September	37	30	25	37	30.67
	Oktober	36	10	10	36	18.67
	November	50	61	45	61	52.00
	Desember	24	22	25	25	23.67

Tahun	Bulan	Stasiun Hujan			Curah Hujan Maksimum	Curah Hujan Rata-rata
		Arjasa	Sembah	Bintoro		
2010	Januari	58	82	40	82	60.00
	Februari	69	87	47	87	67.67
	Maret	38	78	45	78	53.67
	April	45	49	30	49	41.33
	Mei	60	67	35	67	54.00
	Juni	20	55	30	55	35.00
	Juli	6	10	20	20	12.00
	Agustus	0	0	0	0	0.00
	September	10	72	27	72	36.33
	Oktober	42	27	25	42	31.33
	November	35	61	25	61	40.33
	Desember	45	31	64	64	46.67
2011	Januari	43	62	35	62	46.67
	Februari	55	64	60	64	59.67
	Maret	53	61	26	61	46.67
	April	39	31	27	39	32.33
	Mei	27	41	30	41	32.67
	Juni	5	0	27	27	10.67
	Juli	0	0	0	0	0.00
	Agustus	0	0	0	0	0.00
	September	15	6	5	15	8.67
	Oktober	35	32	37	37	34.67
	November	47	68	45	68	53.33
	Desember	96	50	50	96	65.33
2012	Januari	87	45	40	87	57.33
	Februari	73	37	38	73	49.33
	Maret	34	41	40	41	38.33
	April	0	20	64	64	28.00
	Mei	0	17	20	20	12.33
	Juni	0	0	0	0	0.00
	Juli	9	20	18	20	15.67
	Agustus	0	0	0	0	0.00
	September	0	0	0	0	0.00
	Oktober	19	42	18	42	26.33
	November	18	49	25	49	30.67
	Desember	80	67	65	80	70.67
2013	Januari	54	44	40	54	46.00
	Februari	41	49	20	49	36.67

Tahun	Bulan	Stasiun Hujan			Curah Hujan Maksimum	Curah Hujan Rata-rata
		Arjasa	Sembah	Bintoro		
	Maret	52	30	37	52	39.67
	April	76	105	35	105	72.00
	Mei	61	56	45	61	54.00
	Juni	67	37	35	67	46.33
	Juli	67	24	10	67	33.67
	Agustus	0	0	0	0	0.00
	September	0	0	0	0	0.00
	Oktober	13	56	20	56	29.67
	November	57	62	35	62	51.33
	Desember	61	68	47	68	58.67
2014	Januari	37	81	40	81	52.67
	Februari	51	87	37	87	58.33
	Maret	58	51	38	58	49.00
	April	63	66	37	66	55.33
	Mei	0	27	17	27	14.67
	Juni	14	21	9	21	14.67
	Juli	0	3	0	3	1.00
	Agustus	0	0	0	0	0.00
	September	0	0	0	0	0.00
	Oktober	0	0	0	0	0.00
	November	35	30	34	35	33.00
	Desember	77	78	54	78	69.67
2015	Januari	36	78	37	78	50.33
	Februari	40	40	35	40	38.33
	Maret	36	48	38	48	40.67
	April	37	74	30	74	47.00
	Mei	0	0	0	0	0.00
	Juni	14	21	9	21	14.67
	Juli	0	3	0	3	1.00
	Agustus	0	0	0	0	0.00
	September	0	0	0	0	0.00
	Oktober	0	0	0	0	0.00
	November	29	86	35	86	50.00
	Desember	53	53	20	53	42.00
2016	Januari	34	83	31	83	49.33
	Februari	55	72	42	72	56.33
	Maret	68	68	24	68	53.33
	April	43	65	23	65	43.67

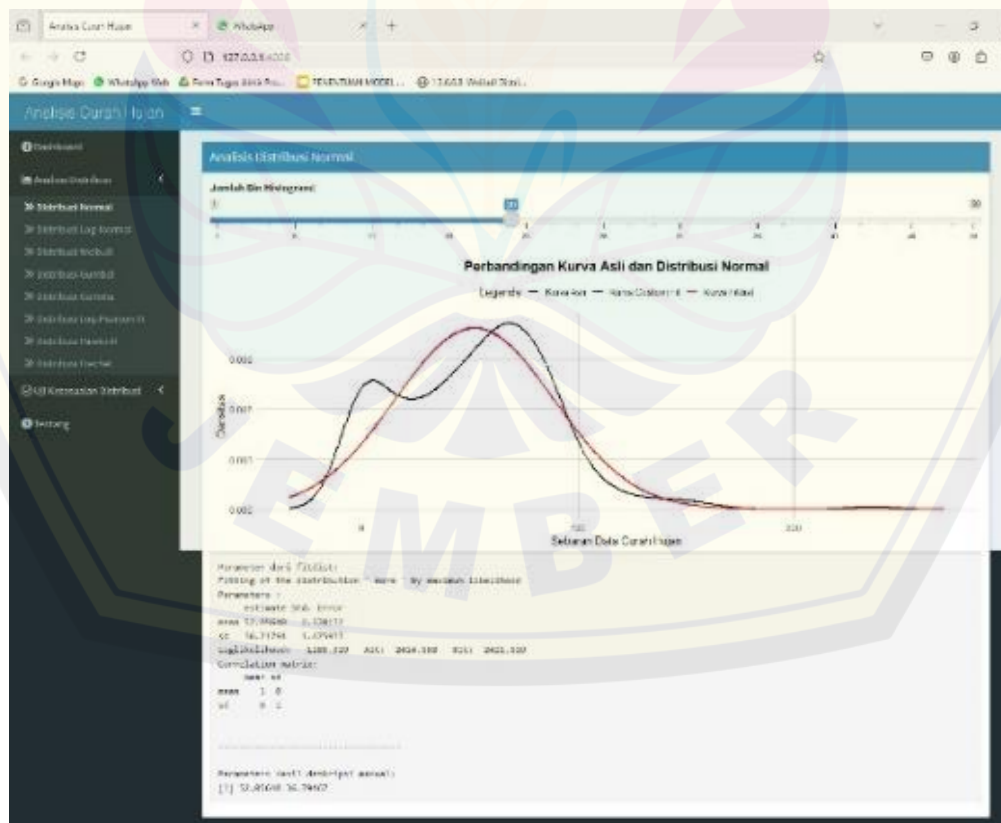
Tahun	Bulan	Stasiun Hujan			Curah Hujan Maksimum	Curah Hujan Rata-rata
		Arjasa	Sembah	Bintoro		
	Mei	21	42	15	42	26.00
	Juni	19	78	20	78	39.00
	Juli	28	39	30	39	32.33
	Agustus	0	57	25	57	27.33
	September	28	60	15	60	34.33
	Oktober	25	53	33	53	37.00
	November	46	128	42	128	72.00
	Desember	35	63	25	63	41.00
2017	Januari	35	84	65	84	61.33
	Februari	20	68	20	68	36.00
	Maret	60	60	15	60	45.00
	April	55	113	40	113	69.33
	Mei	34	83	15	83	44.00
	Juni	61	55	15	61	43.67
	Juli	13	13	5	13	10.33
	Agustus	0	0	0	0	0.00
	September	29	29	15	29	24.33
	Oktober	52	89	30	89	57.00
	November	76	68	30	76	58.00
	Desember	77	72	23	77	57.33
2018	Januari	81	128	25	128	78.00
	Februari	88	88	236	236	137.33
	Maret	13	31	13	31	19.00
	April	14	56	25	56	31.67
	Mei	0	0	0	0	0.00
	Juni	10	16	12	16	12.67
	Juli	0	0	0	0	0.00
	Agustus	0	0	0	0	0.00
	September	13	47	10	47	23.33
	Oktober	0	0	0	0	0.00
	November	36	48	45	48	43.00
	Desember	80	141	60	141	93.67
2019	Januari	72	52	27	72	50.33
	Februari	83	95	60	95	79.33
	Maret	13	31	13	31	19.00
	April	64	28	35	64	42.33
	Mei	3	17	5	17	8.33
	Juni	4	0	0	4	1.33

Tahun	Bulan	Stasiun Hujan			Curah Hujan Maksimum	Curah Hujan Rata-rata
		Arjasa	Sembah	Bintoro		
2020	Juli	7	10	7	10	8.00
	Agustus	0	0	0	0	0.00
	September	0	18	0	18	6.00
	Oktober	0	18	0	18	6.00
	November	43	11	10	43	21.33
	Desember	43	11	10	43	21.33
	Januari	47	37	58	58	47.33
	Februari	97	94	95	97	95.33
	Maret	0	0	0	0	0.00
	April	60	95	75	95	76.67
	Mei	60	47	47	60	51.33
	Juni	0	0	0	0	0.00
	Juli	0	0	0	0	0.00
	Agustus	0	0	0	0	0.00
	September	2	14	19	19	11.67
	Oktober	71	53	59	71	61.00
	November	74	36	39	74	49.67
	Desember	63	67	67	67	65.67
2021	Januari	86	76	79	86	80.33
	Februari	60	63	85	85	69.33
	Maret	63	59	97	97	73.00
	April	47	45	10	47	34.00
	Mei	28	62	20	62	36.67
	Juni	34	43	15	43	30.67
	Juli	17	18	22	22	19.00
	Agustus	3	32	30	32	21.67
	September	53	91	40	91	61.33
	Oktober	17	8	10	17	11.67
	November	44	78	37	78	53.00
	Desember	62	100	28	100	63.33
2022	Januari	118	99	42	118	86.33
	Februari	116	76	40	116	77.33
	Maret	86	99	20	99	68.33
	April	49	42	20	49	37.00
	Mei	27	45	20	45	30.67
	Juni	24	48	29	48	33.67
	Juli	12	3	5	12	6.67
	Agustus	8	25	10	25	14.33

Tahun	Bulan	Stasiun Hujan			Curah Hujan Maksimum	Curah Hujan Rata-rata
		Arjasa	Sembah	Bintoro		
	September	15	7	20	20	14.00
	Oktober	64	45	48	64	52.33
	November	68	81	85	85	78.00
	Desember	110	145	142	145	132.33
2023	Januari	82	105	83	105	90.00
	Februari	90	103	97	103	96.67
	Maret	85	69	85	85	79.67
	April	27	42	30	42	33.00
	Mei	24	67	30	67	40.33
	Juni	6	11	9	11	8.67
	Juli	18	44	19	44	27.00
	Agustus	0	0	0	0	0.00
	September	1	2	5	5	2.67
	Oktober	18	25	20	25	21.00
	November	85	57	37	85	59.67
	Desember	75	76	33	76	61.33

Sumber: Hasil Perhitungan (Ms. Excel, 2024)

Lampiran 4.2 Tampilan analisis frekuensi pada RStudio 4.2.2.



Sumber : RStudio (2024)

Lampiran 4.3 Dokumentasi kondisi wilayah penelitian

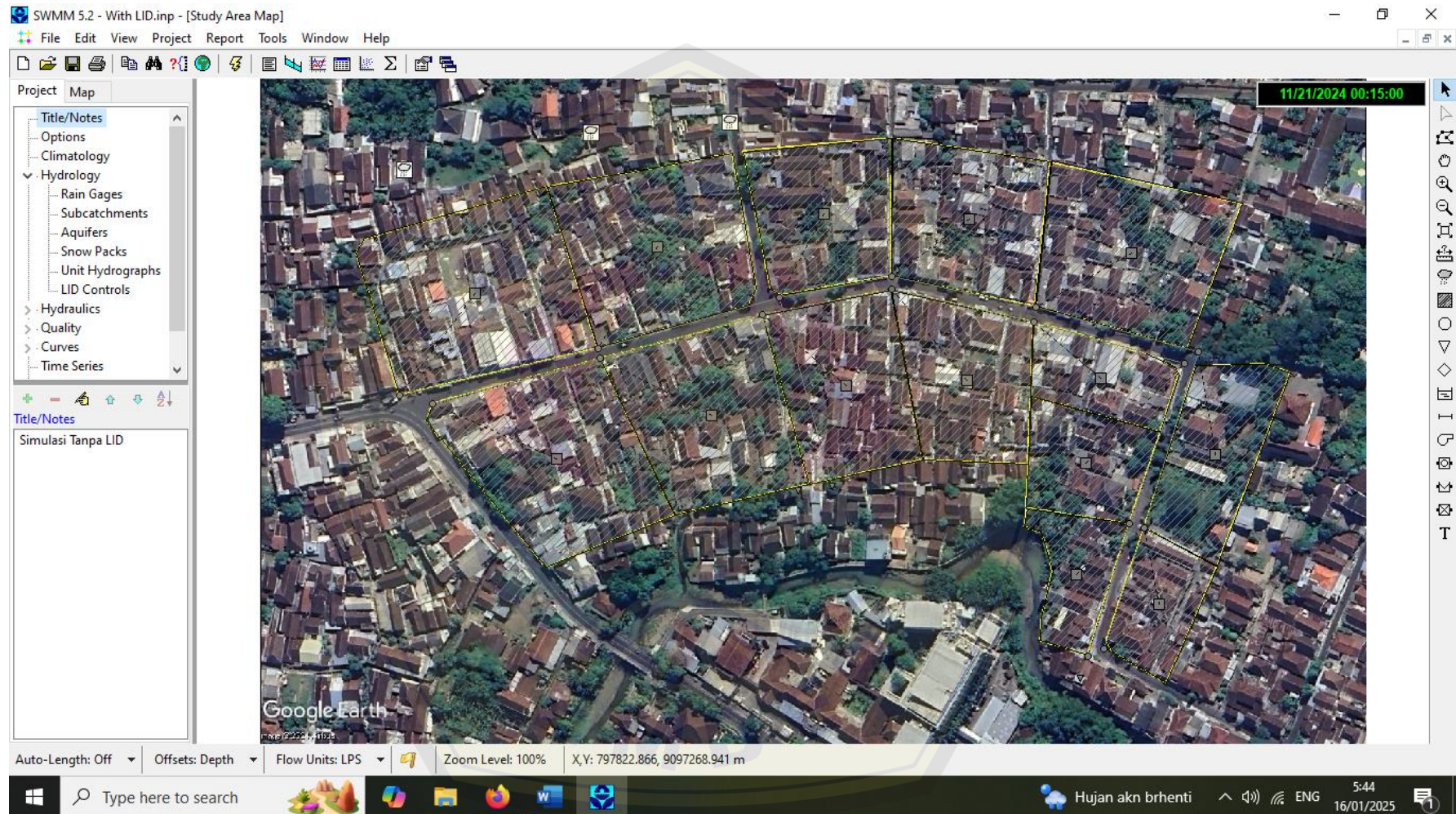




Lampiran 4.4 Dokumentasi pengukuran tinggi air hujan



Lampiran 4.5 Simulasi Pemodelan SWMM 5.2



Lampiran 4.6 Dokumentasi pengukuran laju infiltrasi tanah



Lampiran 4.7 Dokumentasi Lokasi Bioretensi



