

**“PEMODELAN GENANGAN BANJIR UNTUK MITIGASI BENCANA DI
SUNGAI BUNTUNG, KECAMATAN WARU, KABUPATEN SIDOARJO”**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi
Teknik Lingkungan



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh

A. Fadhil L. Daeng Maro

NIM. H95219036

Dosen Pembimbing:

Sarita Oktorina, M.Kes.

Ir. Teguh Taruna Utama, M.T.

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : A. Fadhil L. Daeng Maro
Nim : H95219036
Program Studi : Teknik Lingkungan
Angkatan : 2019

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul **“PEMODELAN GENANGAN BANJIR UNTUK MITIGASI BENCANA DI SUNGAI BUNTUNG, KECAMATAN WARU, KABUPATEN SIDOARJO”**. Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan tindakan plagiat maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 14 Juli 2023

Yang Menyatakan



(A. FADHIL L. DAENG MARO)

NIM. H95219036



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031 - 8410298 Fax. 031 - 8413300
E-Mail : saintek@uinsby.ac.id Website : www.uinsby.ac.id

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING
SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama : A. Fadhil L. Daeng Maro
NIM : H95219036
Judul Tugas Akhir : Pemodelan Genangan Banjir untuk Mitigasi Bencana di
Sungai Buntung, Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo

Telah disetujui untuk pendaftaran Sidang Tugas Akhir

Surabaya, 26 Juni 2023

Dosen Pembimbing 1

Sarita Oktorina, M.Kes
NIP. 198710052014032003

Dosen Pembimbing 2

Ir. Teguh Taruna Utama, M.T.
NUP. 201603319

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : A. Fadhil L. Daeng Maro
NIM : H95219036
Judul Tugas Akhir : Pemodelan Genangan Banjir untuk Mitigasi Bencana di Sungai Buntung, Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo

Telah dipertahankan di depan tim penguji Skripsi

Di Surabaya, 6 Juli 2023

Mengesahkan,

Dewan Penguji,

Penguji I

Sarita Oktorina, M.Kes
NIP. 198710052014032003

Penguji II

Ir. Teguh Taruna Utama, S.T., M.T.
NUP. 201603319

Penguji III

Ir. Shinfi Wazna Auvaria, S.T., M.T.
NIP. 198603282015032001

Penguji IV

Rr. Diah Nugraheni S., M.T.
NIP. 198205012014032001

Mengetahui,

Dean Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



Agengul Hamdani, M.Pd.
NIP. 196507312000031002



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300

E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : A. FADHIL L. DAENG MARO
NIM : H95219036
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : azama823@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul:

PEMODELAN GENANGAN BANJIR UNTUK MITIGASI BENCANA DI

SUNGAI BUNTUNG, KECAMATAN WARU, KABUPATEN SIDOARJO

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 14 Juli 2023

Penulis

(A. Fadhil L. Daeng Maro)

ABSTRAK

PEMODELAN GENANGAN BANJIR UNTUK MITIGASI BENCANA DI SUNGAI BUNTUNG, KECAMATAN WARU, KABUPATEN SIDOARJO

DAS Buntung merupakan salah satu sungai yang sering mengalami banjir di Kabupaten Sidoarjo saat hujan deras. Daerah yang sering terdampak akibat luapan DAS Buntung adalah Kecamatan Waru. Luapan DAS Buntung disebabkan oleh kapasitas sungai yang tidak dapat menampung debit sungai. Salah satu teknik dalam upaya mitigasi dan pengendalian banjir akibat luapan DAS Buntung adalah dengan melakukan pemodelan genangan banjir. Pemodelan genangan banjir akibat luapan DAS Buntung dilakukan dengan menggunakan software HEC-RAS. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas DAS Buntung dalam menampung debit dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun, untuk memprediksi lokasi genangan banjir dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun di Kecamatan Waru, dan untuk memberikan rekomendasi mitigasi bencana berdasarkan hasil pemodelan. Pemodelan genangan banjir diawali dari perhitungan debit rencana dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun. Dengan bantuan software HEC-RAS selanjutnya debit banjir rencana akan dimodelkan dengan data geometrik sungai. Visualisasi hasil pemodelan dilakukan menggunakan software ArcGIS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit banjir rencana dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun di DAS Buntung Kecamatan Waru secara berturut-turut adalah sebesar 16,948 m³/dt, 20,108 m³/dt, dan 24,099 m³/dt. Debit banjir rencana tersebut tidak dapat ditampung oleh DAS Buntung sehingga berdasarkan hasil pemodelan terjadi genangan pada 14 desa di kecamatan Waru. Desa yang memiliki risiko terdampak genangan banjir terbesar adalah Desa Tambakrejo, diikuti dengan Desa Tambakoso. Desa yang memiliki risiko terdampak genangan banjir terkecil dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun adalah Desa Waru. Rekomendasi upaya mitigasi yang dapat dilakukan berdasarkan hasil pemodelan adalah dilakukan normalisasi DAS Duntung.

Kata kunci: Pemodelan Genangan Banjir, DAS Buntung, HEC-RAS

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

ABSTRACT

FLOOD INUNDATION MODELING FOR DISASTER MITIGATION IN BUNTUNG RIVER, WARU DISTRICT, SIDOARJO REGENCY

The Buntung watershed is one of the rivers that often experiences flooding in Sidoarjo Regency during heavy rains. The area that is often affected by Buntung watershed overflow is Waru District. Buntung watershed overflow is caused by the river's capacity, which cannot accommodate river discharge. One of the techniques in mitigating and controlling floods due to the overflow of the Buntung watershed is to do flood inundation modeling. Modeling of flood inundation due to Buntung watershed overflow using the HEC-RAS software. So this study aims to determine the capacity of the Buntung Watershed to accommodate discharge with return periods of 5, 10, and 25 years, to predict flood inundation locations with return periods of 5, 10, and 25 years in Waru District, and to provide disaster mitigation recommendations based on the results model. Flood inundation modeling begins with calculating the planned discharge with 5, 10, and 25 years return periods. With the help of HEC-RAS software, the planned flood discharge will be modeled using river geometric data. Visualization of modeling results is done using ArcGIS software. The results showed that the planned flood discharges with return periods of 5, 10, and 25 years in the Buntung watershed, Waru District, were respectively 16,948 m³/s, 20,108 m³/s, and 24,099 m³/s. Based on the modeling results, the Buntung watershed could not accommodate the planned flood discharge, and inundation occurred in 14 villages in the Waru sub-district. The village has the greatest risk of being affected by flood inundation is Tambakrejo Village, followed by Tambakoso Village. The village with the smallest risk of being affected by flood inundation with return periods of 5, 10, and 25 years is Waru Village. The recommendation for mitigation efforts that can be carried out based on the modeling results is to normalize the Duntung watershed.

Keywords: Flood Inundation Modeling, Buntung Watershed, HEC-RAS.

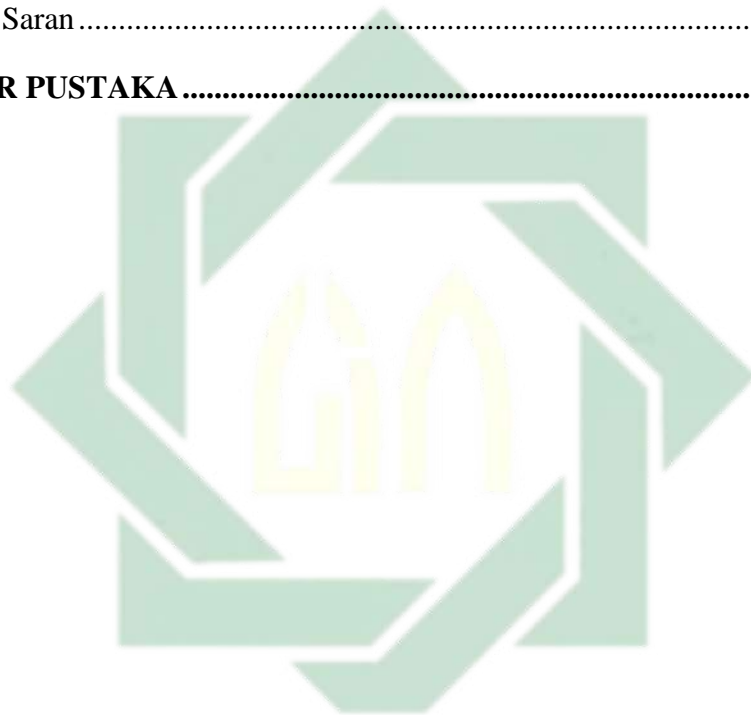
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Banjir	7
2.1.1 Faktor penyebab banjir.....	7
2.2 Analisis Hidrologi	9
2.2.1 Hujan Kawasan	9
2.2.2 Analisa Frekuensi dan Probabilitas.....	13
2.2.3 Pengeplotan probabilitas	22

2.2.4	Uji Kecocokan Distribusi.....	22
2.2.5	Analisis Intensitas Hujan.....	26
2.2.6	Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	26
2.3	HEC-RAS.....	28
2.4	Integrasi Keislaman.....	39
2.5	Penelitian Terdahulu.....	41
BAB III METODE PENELITIAN.....		47
3.1	Lokasi Penelitian.....	47
3.2	Tahapan Penelitian.....	49
3.2.1	Kerangka Pikir.....	49
3.2.2	Tahap Penelitian.....	50
3.3	Langkah Kerja Penelitian.....	52
3.3.1	Identifikasi Masalah.....	52
3.3.2	Studi Literatur.....	52
3.3.3	Pengumpulan Data.....	52
3.3.4	Analisis Data.....	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		67
4.1	Analisis Hidrologi.....	67
4.1.1	Analisis Hujan Rata-rata.....	67
4.1.2	Analisis Frekuensi dan Probabilitas.....	71
4.1.3	Uji Kecocokan Distribusi.....	75
4.1.4	Pemilihan metode.....	99
4.1.5	Curah Hujan Periode Ulang.....	101
4.1.6	Intensitas Hujan.....	102
4.1.7	Debit Banjir Rencana.....	104
4.1.8	Perbandingan Metode Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	154

4.2	Pemodelan Genangan Banjir menggunakan HEC-RAS	155
4.2.1	Simulasi Banjir DAS Buntung	155
4.2.2	Validasi Data Genangan.....	168
4.2.3	Upaya Mitigasi	169
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		171
5.1	Kesimpulan.....	171
5.2	Saran	171
DAFTAR PUSTAKA.....		173



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pemilihan Metode Berdasarkan Jaringan-Jaringan Pos Penakar Hujan	12
Tabel 2.2 Pemilihan Metode Berdasarkan Luas DAS	12
Tabel 2.3 Pemilihan Metode Berdasarkan Topografi DAS	12
Tabel 2.4 Nilai Variabel Reduksi Gauss.....	15
Tabel 2.5 Luas Daerah di bawah Kurva Normal.....	16
Tabel 2.6 Nilai K Berdasarkan Nilai Kemencengan.....	19
Tabel 2.7 Nilai reduced mean (Y_n).....	20
Tabel 2.8 Nilai reduced standart deviation (S_n).....	21
Tabel 2.9 Reduced variate, Y_{Tr} sebagai fungsi periode ulang	21
Tabel 2.10 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat.....	23
Tabel 2.11 Nilai ΔP Kritis untuk Uji Smirnov-Kolmogorov	26
Tabel 2.12 Koefisien Aliran (C)	27
Tabel 2.13 Penelitian Terdahulu	41
Tabel 3.1 Pengumpulan Data	53
Tabel 3.2 <i>Range</i> MAPE.....	65
Tabel 4.1 Pemilihan Metode Analisis Hujan Rata-rata.....	67
Tabel 4.2 Rekap Curah Hujan Maksimum Harian Rata Rata	69
Tabel 4.3 Analisis Frekuensi untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel	71
Tabel 4.4 Analisis Frekuensi untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Person III	73
Tabel 4.5 Curah Hujan yang Telah Diurutkan	75
Tabel 4.6 Nilai X_T Distribusi Normal	78
Tabel 4.7 Nilai O_i Distribusi Normal.....	78
Tabel 4.8 Nilai X^2 Distribusi Normal	79
Tabel 4.9 Nilai Log Y_T Distribusi Log Normal	80
Tabel 4.10 Nilai O_i Distribusi Log Normal	80
Tabel 4.11 Nilai X^2 Distribusi Log Normal	81
Tabel 4.12 Nilai Log X_T Distribusi Log Person Tipe III	83
Tabel 4.13 Nilai O_i Distribusi Log Person Tipe III	83
Tabel 4.14 Nilai X^2 Distribusi Log Person Tipe III	84
Tabel 4.15 Nilai X_{Tr} Distribusi Gumbel.....	86
Tabel 4.16 Nilai O_i Distribusi Gumbel	86
Tabel 4.17 Nilai X^2 Distribusi Gumbel.....	87

Tabel 4.18 Curah Hujan yang Telah Diurutkan	88
Tabel 4.19 Nilai Pelung Distrbusi Normal.....	89
Tabel 4.20 Nilai Peluang Teoritis pada Distribusi Normal	90
Tabel 4.21 Nilai ΔP pada Distribusi Normal	91
Tabel 4.22 Nilai Pelung Distrbusi Log Normal	92
Tabel 4.23 Nilai Peluang Teoritis pada Distribusi Log Normal	93
Tabel 4.24 Nilai ΔP pada Distribusi Log Normal	93
Tabel 4.25 Nilai Pelung Distrbusi Log Person III.....	94
Tabel 4.26 Nilai Peluang Teoritis pada Distribusi Log Person Tipe III	95
Tabel 4.27 Nilai ΔP pada Distribusi Log Person III	96
Tabel 4.28 Nilai YT Distrbusi Gumbel	97
Tabel 4.29 Nilai Peluang Teoritis pada Distribusi Gumbel	98
Tabel 4.30 Nilai ΔP pada Distribusi Gumbel.....	99
Tabel 4.31 Hasil Uji Chi Kuadrat	100
Tabel 4.32 Hasil Uji Smirnov Kolmogorov.....	100
Tabel 4.33 Nilai X_{Tr}	102
Tabel 4.34 Intensitas Hujan	103
Tabel 4.35 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 1 km	106
Tabel 4.36 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 2 km	107
Tabel 4.37 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 3 km	107
Tabel 4.38 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 4 km	108
Tabel 4.39 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 5 km	109
Tabel 4.40 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 6 km	110
Tabel 4.41 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 7 km	111
Tabel 4.42 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 8 km	112
Tabel 4.43 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 9 km	113
Tabel 4.44 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 10 km	114
Tabel 4.45 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 11 km	114
Tabel 4.46 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 12 km	115
Tabel 4.47 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 13 km	116
Tabel 4.48 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 14 km	117
Tabel 4.49 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 15 km	118
Tabel 4.50 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 16 km	119
Tabel 4.51 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 17 km	120
Tabel 4.52 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 18 km	121

Tabel 4.53 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 19 km	122
Tabel 4.54 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 20 km	123
Tabel 4.55 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 21 km	124
Tabel 4.56 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 22 km	125
Tabel 4.57 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 23 km	126
Tabel 4.58 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 24 km	127
Tabel 4.59 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 25 km	127
Tabel 4.60 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 26 km	128
Tabel 4.61 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 27 km	129
Tabel 4.62 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 28 km	129
Tabel 4.63 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 29 km	130
Tabel 4.64 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 30 km	131
Tabel 4.65 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 31 km	131
Tabel 4.66 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 32 km	132
Tabel 4.67 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 33 km	133
Tabel 4.68 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 34 km	134
Tabel 4.69 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 35 km	135
Tabel 4.70 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 36 km	136
Tabel 4.71 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 37 km	137
Tabel 4.72 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 38 km	138
Tabel 4.73 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 39 km	139
Tabel 4.74 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung dalam 39,548 km	140
Tabel 4.75 Debit Rencana DAS Buntung dalam 1 km	142
Tabel 4.76 Debit Rencana DAS Buntung dalam 2 km	142
Tabel 4.77 Debit Rencana DAS Buntung dalam 3 km	143
Tabel 4.78 Debit Rencana DAS Buntung dalam 4 km	143
Tabel 4.79 Debit Rencana DAS Buntung dalam 5 km	143
Tabel 4.80 Debit Rencana DAS Buntung dalam 6 km	143
Tabel 4.81 Debit Rencana DAS Buntung dalam 7 km	144
Tabel 4.82 Debit Rencana DAS Buntung dalam 8 km	144
Tabel 4.83 Debit Rencana DAS Buntung dalam 9 km	144
Tabel 4.84 Debit Rencana DAS Buntung dalam 10 km	145
Tabel 4.85 Debit Rencana DAS Buntung dalam 11 km	145
Tabel 4.86 Debit Rencana DAS Buntung dalam 12 km	145
Tabel 4.87 Debit Rencana DAS Buntung dalam 13 km	146

Tabel 4.88 Debit Rencana DAS Buntung dalam 14 km	146
Tabel 4.89 Debit Rencana DAS Buntung dalam 15 km	146
Tabel 4.90 Debit Rencana DAS Buntung dalam 16 km	147
Tabel 4.91 Debit Rencana DAS Buntung dalam 17 km	147
Tabel 4.92 Debit Rencana DAS Buntung dalam 18 km	147
Tabel 4.93 Debit Rencana DAS Buntung dalam 19 km	148
Tabel 4.94 Debit Rencana DAS Buntung dalam 20 km	148
Tabel 4.95 Debit Rencana DAS Buntung dalam 21 km	148
Tabel 4.96 Debit Rencana DAS Buntung dalam 22 km	148
Tabel 4.97 Debit Rencana DAS Buntung dalam 23 km	149
Tabel 4.98 Debit Rencana DAS Buntung dalam 24 km	149
Tabel 4.99 Debit Rencana DAS Buntung dalam 25 km	149
Tabel 4.100 Debit Rencana DAS Buntung dalam 26 km	149
Tabel 4.101 Debit Rencana DAS Buntung dalam 27 km	150
Tabel 4.102 Debit Rencana DAS Buntung dalam 28 km	150
Tabel 4.103 Debit Rencana DAS Buntung dalam 29 km	150
Tabel 4.104 Debit Rencana DAS Buntung dalam 30 km	150
Tabel 4.105 Debit Rencana DAS Buntung dalam 31 km	151
Tabel 4.106 Debit Rencana DAS Buntung dalam 32 km	151
Tabel 4.107 Debit Rencana DAS Buntung dalam 33 km	151
Tabel 4.108 Debit Rencana DAS Buntung dalam 34 km	151
Tabel 4.109 Debit Rencana DAS Buntung dalam 35 km	152
Tabel 4.110 Debit Rencana DAS Buntung dalam 36 km	152
Tabel 4.111 Debit Rencana DAS Buntung dalam 37 km	152
Tabel 4.112 Debit Rencana DAS Buntung dalam 38 km	152
Tabel 4.113 Debit Rencana DAS Buntung dalam 39 km	153
Tabel 4.114 Debit Rencana DAS Buntung dalam 39,548 km	153
Tabel 4.115 Perbandingan Metode Perhitungan Debit Rencana dengan Penelitian Lain	154
Tabel 4.116 Tinggi Genangan dengan Periode Ulang 5, 10, dan 25 Tahun pada Hulu Sungai	157
Tabel 4.117 Tinggi Genangan dengan Periode Ulang 5, 10, dan 25 Tahun pada Hilir Sungai	157
Tabel 4.118 Perbandingan Tinggi Genangan.....	158
Tabel 4.119 Daerah Terdampak dengan Periode Ulang 5 Tahun	159
Tabel 4.120 Daerah Terdampak dengan Periode Ulang 10 Tahun	161

Tabel 4.121 Daerah Terdampak dengan Periode Ulang 25 Tahun 164
Tabel 4.122 Hasil Validasi Genangan Banjir Akibat Luapan DAS Buntung Di Kecamatan Waru..... 169



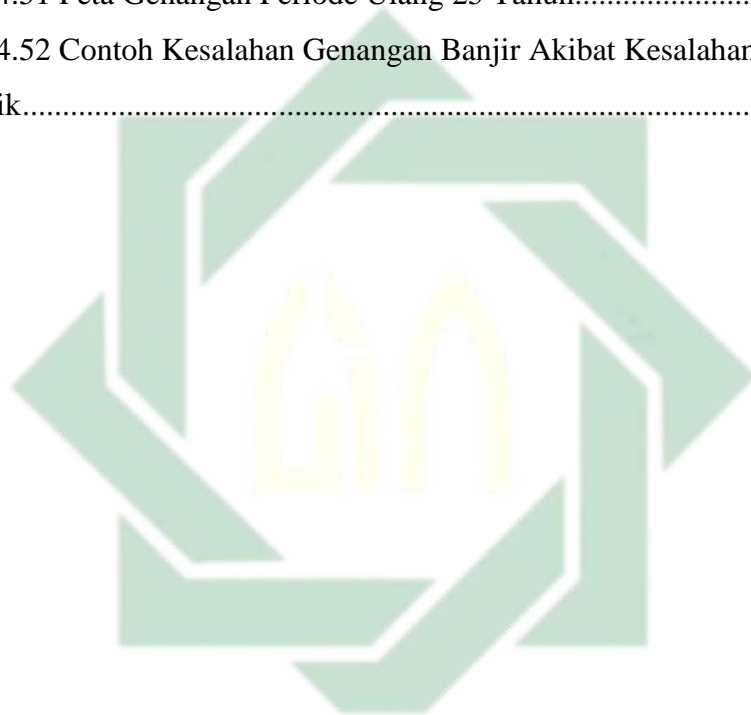
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Metode Poligon Thiessen	11
Gambar 2.2 Metode Isohyet	12
Gambar 2.3 Tampilan HEC-RAS	28
Gambar 2.4 Fungsi Menu HEC-RAS	31
Gambar 2.5 Tampilan New Project.....	32
Gambar 2.6 Tampilan Geometric Data	33
Gambar 2.7 Tampilan Cross Section Data.....	34
Gambar 2.8 Tampilan Steady Flow Data.....	35
Gambar 2.9 Tampilan Steady Flow Analysis	36
Gambar 2.10 Tampilan Cross Section Plot.....	37
Gambar 2.11 Tampilan Profile Plot	37
Gambar 2.12 Tampilan Tabular Detailed Output	38
Gambar 2.13 Tampilan Profile Output Table	38
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	48
Gambar 3.2 Kerangka Pikir.....	49
Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian	51
Gambar 3.4 Metode Poligon Thiessen.....	55
Gambar 3.5 Metode Isohyet.....	56
Gambar 3.6 Diagram Alir Analisis Data.....	66
Gambar 4.1 Peta Stasiun Hujan	68
Gambar 4.2 Kurva Intensitas Hujan.....	104
Gambar 4.3 Peta <i>Catchment Area</i>	105
Gambar 4.4 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-1	106
Gambar 4.5 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-2	107
Gambar 4.6 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-3	108
Gambar 4.7 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-4	109
Gambar 4.8 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-5	110
Gambar 4.9 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-6	111
Gambar 4.10 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-7	112
Gambar 4.11 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-8	113

Gambar 4.12 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-9	113
Gambar 4.13 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-10	114
Gambar 4.14 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-11	115
Gambar 4.15 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-12	116
Gambar 4.16 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-13	117
Gambar 4.17 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-14	118
Gambar 4.18 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-15	119
Gambar 4.19 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-16	120
Gambar 4.20 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-17	121
Gambar 4.21 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-18	122
Gambar 4.22 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-19	123
Gambar 4.23 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-20	124
Gambar 4.24 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-21	125
Gambar 4.25 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-22	126
Gambar 4.26 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-23	126
Gambar 4.27 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-24	127
Gambar 4.28 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-25	128
Gambar 4.29 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-26	128
Gambar 4.30 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-27	129
Gambar 4.31 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-28	130
Gambar 4.32 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-29	130
Gambar 4.33 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-30	131
Gambar 4.34 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-31	132
Gambar 4.35 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-32	133
Gambar 4.36 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-33	134
Gambar 4.37 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-34	135
Gambar 4.38 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-35	136
Gambar 4.39 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-36	137
Gambar 4.40 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-37	138
Gambar 4.41 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-38	139
Gambar 4.42 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke-39	140
Gambar 4.43 Luas <i>Catchment Area</i> DAS Buntung pada Kilometer ke 39,548..	141

Gambar 4.44 Penampang Melintang Hulu DAS Buntung	156
Gambar 4.45 Penampang Melintang Hilir DAS Buntung	156
Gambar 4.46 Diagram Daerah Terdampak dengan Periode Ulang 5 Tahun	159
Gambar 4.47 Peta Genangan Periode Ulang 5 Tahun.....	160
Gambar 4.48 Diagram Daerah Terdampak dengan Periode Ulang 10 Tahun ...	162
Gambar 4.49 Peta Genangan Periode Ulang 10 Tahun.....	163
Gambar 4.50 Diagram Daerah Terdampak dengan Periode Ulang 25 Tahun	165
Gambar 4.51 Peta Genangan Periode Ulang 25 Tahun.....	166
Gambar 4.52 Contoh Kesalahan Genangan Banjir Akibat Kesalahan Data Geometrik.....	168



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I: LAMPIRAN ADMINISTRASI.....	I.1
LAMPIRAN II: LAMPIRAN DATA.....	II.11
LAMPIRAN III: LAMPIRAN DOKUMENTASI.....	III.120



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir merupakan peristiwa luapan air sungai. Meluapnya air sungai disebabkan oleh rusaknya zona penyangga pada daerah aliran sungai. Banjir menjadi bencana yang sering menyebabkan kerusakan besar pada harta, benda, dan lingkungan (Zeleňáková dkk., 2019). Daerah yang rentan terhadap banjir terletak pada daerah rendah, daerah yang berdekatan dengan sungai, daerah yang berada di lokasi yang cekung, dan daerah pasang surut air laut (Hermon, 2015).

Wilayah Indonesia merupakan wilayah yang rawan terhadap bencana. Bencana banjir merupakan bencana yang rawan terjadi di Indonesia apabila ditinjau dari karakteristik geografis dan geologis Indonesia (Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana, 2007). Bencana banjir yang terjadi di Indonesia diperburuk dengan adanya kegiatan-kegiatan yang dapat berpengaruh terhadap daerah resapan air. Kegiatan yang mempengaruhi daerah resapan air seperti penebangan hutan tidak berkelanjutan dan perubahan tata guna lahan (Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana, 2007).

Perilaku manusia menjadi salah satu faktor dari adanya bencana banjir. Sebagaimana dijelaskan dalam Q.S. Al-Saba': 15-17, yaitu:

لَقَدْ كَانَ لِسَبَإٍ فِي مَسْكِنِهِمْ آيَةٌ جَنَّتَانِ عَنْ يَمِينٍ وَشِمَالٍ كُلُوا مِنْ رِزْقِ رَبِّكُمْ وَاشْكُرُوا لَهُ
بَلَدَةٌ طَيِّبَةٌ وَرَبُّ غَفُورٌ (15) فَأَعْرَضُوا فَأَرْسَلْنَا عَلَيْهِمْ سَيْلَ الْعَرِمِ وَبَدَّلْنَاهُمْ بِجَنَّتَيْهِمْ جَنَّتَيْنِ
ذَوَاتِي أُكُلٍ خَمْطٍ وَأَثَلٍ وَشَيْءٍ مِنْ سِدْرٍ قَلِيلٍ (16) ذَلِكَ جَزَيْنَاهُمْ بِمَا كَفَرُوا وَهَلْ نُجَازِي
إِلَّا الْكُفُورَ (17)

Artinya:

“Sungguh, bagi kaum Saba` ada tanda (kebesaran Tuhan) di tempat kediaman mereka yaitu dua buah kebun di sebelah kanan dan di sebelah kiri, (kepada mereka dikatakan), "Makanlah olehmu dari rezeki yang (dianugerahkan) Tuhanmu dan bersyukurlah kepada-Nya. (Negerimu)

adalah negeri yang baik (nyaman) sedang (Tuhanmu) adalah Tuhan Yang Maha Pengampun. (15) Tetapi mereka berpaling, maka Kami kirim kepada mereka banjir yang besar dan Kami ganti kedua kebun mereka dengan dua kebun yang ditumbuhi (pohon-pohon) yang berbuah pahit, pohon Asl dan sedikit pohon Sidr. (16) Demikianlah Kami memberi balasan kepada mereka karena kekafiran mereka. Dan Kami tidak menjatuhkan azab (yang demikian itu), melainkan hanya kepada orang-orang yang sangat kafir. (17)"

Q.S. Al-Saba' ayat 15-17 menjelaskan tentang kaum Saba' dan bencana banjir yang diakibatkan oleh perbuatan kaum Saba'. Negeri Saba' terkenal karena hasil alamnya yang melimpah. Distribusi air dari bendungan di Negeri Saba' menjadikan tanah Negeri Saba' subur. Namun kesuburan dan kemakmuran Negeri Saba' berakhir akibat bencana banjir yang disebabkan oleh perbuatan kaum Saba' yang berpaling dari Allah (Hasanah, 2022). Makna dari Q.S. Al-Saba' ayat 15-17 adalah bahwa kejadian banjir yang terjadi juga dapat disebabkan oleh perbuatan manusia yang merusak alam dan tidak bertanggung jawab.

Banjir akibat meluapnya sungai telah terjadi sebanyak 440 kejadian dalam kurun waktu 3 tahun terakhir di daerah Jawa Timur (Laporan Harian Badan Penanggulangan Bencana Daerah Jawa Timur, 2022). Bencana banjir di Jawa Timur mengakibatkan rusaknya infrastruktur dan terancamnya perumahan warga. Banjir pada daerah Jawa Timur disebabkan oleh penampang sungai yang tidak mampu menampung dan mengalirkan debit air hujan (Abdillah dkk., 2021).

Kabupaten Sidoarjo merupakan kabupaten di Jawa Timur yang diapit oleh dua cabang dari DAS Brantas, yaitu DAS Surabaya dan DAS Porong. Kedua DAS ini merupakan hilir dari DAS Brantas dan bermuara ke Selat Madura. Hilir DAS Brantas ini yang terpecah menjadi dua dan membentuk suatu delta yang sebagian besar berada di wilayah Kabupaten Sidoarjo (Effendy, 2019). Daerah Sidoarjo merupakan daerah yang memiliki topografi rendah dan datar sehingga memiliki risiko yang besar untuk terjadinya banjir (Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo, 2022). Banjir telah terjadi

sebanyak 32 kali dalam 5 tahun terakhir di Kabupaten Sidoarjo (Badan Penanggulangan Bencana Daerah Jawa Timur, 2022).

DAS Buntung merupakan salah satu DAS di Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. DAS Buntung sering mengalami luapan saat hujan deras. DAS Buntung yang mengalami luapan disebabkan oleh berkurangnya kapasitas tampung akibat penyempitan sungai (Miarso, 2014). Banjir akibat luapan DAS Buntung yang terjadi pada 10 Maret 2022 menyebabkan tergenangnya 5 desa. Desa yang mengalami genangan yaitu Desa Waru, Desa Tropodo, Desa Kepuh Kiriman, Desa Brebek, dan Desa Sedati Agung. Banjir akibat luapan DAS Buntung juga menyebabkan tergenangnya Jalan Raya Bandara Juanda. DAS Buntung juga mengalami luapan pada tahun 2021 dan 2022 yang mengakibatkan tergenangnya rumah warga (Badan Penanggulangan Bencana Daerah, 2022).

Daerah yang sering terdampak banjir akibat luapan DAS Buntung adalah Kecamatan Waru (Baskoro & Hertati, 2022). Kecamatan Waru merupakan bagian dari wilayah Kabupaten Sidoarjo yang berfungsi sebagai kawasan permukiman perkotaan. Kecamatan Waru merupakan kawasan perkembangan ekonomi wilayah yang digolongkan dalam tingkat orde kota-1 (Rohmaniyah & Rohmadiani, 2020). Kecamatan Waru berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo Nomor 6 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009 - 2029 termasuk dalam kawasan rawan bencana banjir yang diakibatkan oleh DAS Buntung.

Upaya mitigasi dan pengendalian bencana banjir merupakan salah satu upaya mengatasi banjir. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan melakukan pemodelan genangan banjir untuk mengetahui daerah yang rentan terhadap banjir. Pemodelan genangan banjir merupakan pendekatan model yang menggambarkan bentuk penyederhanaan dari kejadian-kejadian di alam yang kompleks sehingga dapat bersifat dinamis dan berdasarkan lokasi ruang (*spasial*) (Yuniartanti, 2018).

Pemodelan yang berbasis *spasial* dapat dilakukan dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG merupakan informasi sistem yang memungkinkan untuk mengumpulkan, menyimpan, menemukan kembali, mentransformasikan, dan menampilkan ruang data dari dunia nyata ke dalam suatu prangkat dengan tujuan tertentu (Niode dkk., 2016). Pemodelan daerah genangan banjir dapat dilakukan dengan menggunakan *software* HEC RAS (Ben Khalfallah & Saidi, 2018). HEC RAS merupakan perangkat lunak yang dapat memodelkan peristiwa banjir dan menghasilkan profil muka air sepanjang aliran sungai (Namara dkk., 2022). Pemodelan genangan banjir dapat dilakukan dengan periode ulang tertentu seperti periode ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, atau lebih. Periode ulang merupakan waktu hipotetik ketika hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui (Suripin, 2004).

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pemodelan genangan banjir. Hasil penelitian ini berupa pemetaan luasan genangan banjir. Mitigasi bencana dan upaya peringatan dini dapat direncanakan berdasarkan hasil pemetaan luasan genangan banjir.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas sehingga didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana kapasitas dari alur DAS Buntung untuk menampung debit yang berasal dari curah hujan dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun?
- b. Bagaimana lokasi genangan akibat hujan dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun di Kecamatan Waru?
- c. Bagaimana upaya mitigasi bencana dengan pemodelan daerah genangan banjir di Kecamatan Waru?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas sehingga didapatkan tujuan penelitian sebagai berikut:

- a. Mengetahui kapasitas dari alur DAS Buntung untuk menampung debit yang berasal dari curah hujan dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun.
- b. Memprediksikan lokasi genangan akibat hujan dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun di Kecamatan Waru.
- c. Merekomendasikan upaya mitigasi bencana banjir berdasarkan pemodelan genangan banjir kepada masyarakat terdampak di Kecamatan Waru.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas sehingga didapatkan manfaat penelitian sebagai berikut:

- a. Bagi Akademisi

Sebagai sarana dalam mengembangkan keilmuan tentang hidrologi dan pemodelan genangan banjir.

- b. Bagi Pemerintah Kabupaten Sidoarjo

Sebagai bahan masukan bagi pemerintah daerah Kabupaten Sidoarjo untuk digunakan sebagai acuan awal dalam mitigasi bencana banjir akibat meluapnya DAS Buntung di Kecamatan Waru.

- c. Bagi Masyarakat

Sebagai penambah wawasan masyarakat tentang daerah terdampak bencana banjir yang terjadi akibat luapan DAS Buntung.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan-batasan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Buntung di Kecamatan Waru dengan panjang 17.504 m.

- b. Simulasi pola aliran DAS Buntung menggunakan *software* HEC-RAS 6.3.1.
- c. Periode ulang yang digunakan adalah periode ulang 5, 10, dan 25 tahun.
- d. Pada simulasi tidak menghitung transport sedimen.
- e. Pada simulasi bangunan-bangunan melintang sungai tidak dimodelkan.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Banjir

Banjir merupakan peristiwa akumulasi air pada tempat yang biasanya kering setelah peristiwa badai. Banjir menurut Fitriani (2021) merupakan kondisi air yang menenggelamkan suatu kawasan luas yang sebelumnya tidak terancam air. Kawasan mengalami banjir disebabkan oleh volume air yang bertambah. Definisi banjir dapat disimpulkan sebagai fenomena ketika kondisi air mengenai suatu daerah yang sebelumnya tidak tergenang. Genangan terjadi akibat dari faktor alam maupun manusia. Banjir dapat menyebabkan kerusakan pada infrastruktur dan menimbulkan ancaman bagi keselamatan manusia dan hewan. Banjir juga mempengaruhi lingkungan secara luas. Oleh karena itu, penting untuk memahami penyebab banjir sehingga dapat dilakukan antisipasi.

2.1.1 Faktor penyebab banjir

Banjir umumnya disebabkan oleh keadaan meteorologi dan hidrologi. Banjir juga disebabkan oleh keadaan geologis dan antropogenik (disebabkan oleh manusia) (Karamouz dkk., 2020). Salah satu penyebab banjir adalah curah hujan yang tinggi di atas normal. Curah hujan yang tinggi menyebabkan sistem pengaliran air, seperti sungai, anak sungai, sistem saluran drainase, dan kanal penampung banjir buatan yang ada tidak mampu menampung akumulasi air hujan, sehingga mengalami peluapan.

Daya tampung sistem pengaliran air dapat mengalami perubahan. Perubahan yang terjadi disebabkan oleh sedimentasi, penyempitan sungai, tersumbat sampah serta hambatan lainnya. Penggundulan hutan di daerah tangkapan air hujan juga menyebabkan peningkatan debit banjir. Peningkatan debit banjir dikarenakan berkurangnya daerah resapan (Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana, 2007). Faktor-faktor banjir menurut Maryono (2014) diantaranya adalah:

a. Iklim Ekstrim

Iklim ekstrim menjadi salah satu faktor penyebab banjir yang tidak terkendali. Banjir dapat terjadi apabila kondisi iklim yang ekstrim sedangkan kondisi daya dukung DAS tidak mencukupi.

b. Daya Dukung DAS

Tanda dari DAS dengan daya dukung rendah adalah adanya perubahan tata guna lahan. Perubahan tata guna lahan yang terjadi berawal dari daerah tangkapan hujan dengan koefisien aliran permukaan rendah menjadi tanah terbuka dengan kondisi aliran tinggi.

c. Pola Pembangunan Sungai

Pola pembangunan sungai menjadi faktor penyebab banjir. Pelurusan, pembuatan tanggul, pembetonan dinding, dan pengerasan tebing dan dasar sungai menjadi jenis dari pola pembangunan sungai. Pola pembangunan sungai seperti itu dapat mengganggu kesetimbangan hidrolika sungai.

d. Kesalahan Pengembangan Kawasan

Kesalahan yang dilakukan dalam perencanaan dan implementasi pengembangan kawasan adalah ketidak selarasan antara pola pengembangan kawasan dengan upaya penanggulangan banjir dan konservasi air.

e. Kesalahan Konsep Drainase

Kebanyakan konsep masterplan drainase di Indonesia masih menganut konsep drainase konvensional. Konsep drainase konvensional adalah drainase yang berprinsip untuk mengalirkan air secepat-cepatnya ke sungai dan selanjutnya akan dialirkan ke hilir sehingga dapat menyebabkan terjadinya banjir pada daerah hilir.

f. Faktor Sosio-Hidrolika

Pemahaman masyarakat tentang keairan dan konvensional menjadi faktor penyebab banjir. Sehingga sejumlah usaha yang dilaksanakan diluar peningkatan pemahaman ini hanya menghasilkan dampak yang kecil.

2.2 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan analisis terhadap data curah hujan pada stasiun hujan. Analisis hidrologi bertujuan untuk mendapatkan debit banjir rencana (Suripin, 2004). Debit banjir rencana selanjutnya akan di gunakan sebagai pengimputan pada *software* HEC RAS untuk dilakukan pemodelan.

2.2.1 Hujan Kawasan

Data hujan yang didapatkan dari alat penakar hujan merupakan data hujan yang terjadi pada satu titik, selain itu data hujan yang didapatkan bersifat variatif, dan hanya menggambarkan kawasan yang luas, sehingga belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut (Suripin, 2004). Oleh karena itu diperlukan data hujan kawasan yang didapatkan dari data rata-rata curah hujan yang didapatkan dari stasiun hujan yang berada di kawasan tersebut. Adapun metode yang digunakan dalam menghitung hujan rata-rata, yaitu (Suripin, 2004):

a. Rata-rata aljabar

Metode ini mengasumsikan bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang sama. Metode ini cocok untuk kawasan dengan topografi datar, alat penakar merata, dan jumlah curah hujan individu tidak terlalu jauh dari hujan rata-rata.

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (2.1)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

- P : Curah hujan wilayah
n : Jumlah pos penakar hujan
 $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$: Curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan

b. Metode poligon thiessen

Metode ini mengasumsikan bahwa variasi hujan antar pos satu dan lainnya adalah linear dan setiap pos dapat mewakili kawasan tersebut. Metode ini cocok di wilayah yang datar dengan luas 500-5.000 km².

Prosedur metode ini adalah sebagai berikut:

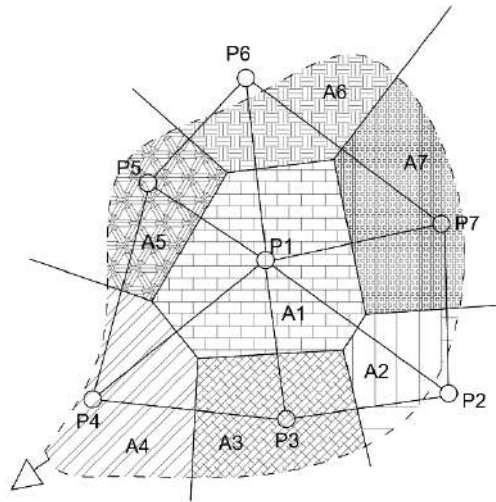
- 1) Dilakukan plot pada lokasi pos penakar hujan dan dibuat garis lurus penghubung antar pos penakar hujan.
- 2) Dilakukan garis tegak lurus ditengah tengah garis penghubung sehingga membentuk poligon thiessen seperti pada **Gambar 2.1**. Selanjutnya curah hujan pada pos dianggap mewakili hujan pada kawasan poligon tersebut.
- 3) Luas daerah poligon dapat diukur menggunakan planimeter (alat ukur luasan pada peta). Dan luas total DAS dapat dilakukan dengan menjumlahkan luas poligon.
- 4) Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + P_3 A_3 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.2)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

- P : Curah hujan rata rata wilayah
n : Jumlah pos penakar hujan
 $P_1, P_2, \dots P_n$: Curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan
 $A_1, A_2, \dots A_n$: Luas daerah poligon



Gambar 2.1 Metode Poligon Thiessen

Sumber: Digambar Ulang dari Suripin, 2004

c. Metode isohyet

Metode ini menghitung secara aktual pengaruh pada tiap pos penakar hujan. Metode isohyet dilakukan dalam beberapa langkah, yaitu:

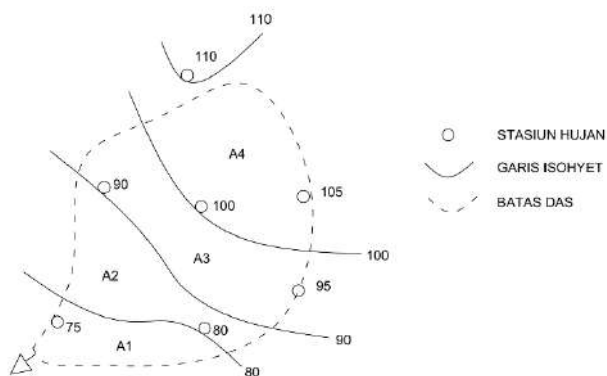
- 1) Melakukan plot data kedalaman air hujan pada tiap pos
- 2) Gambar kontur kedalaman air hujan dan menghubungkan titik dengan kedalaman yang sama dengan interval tertentu.
- 3) Menghitung luas area antara dua garis isohnyet dengan menggunakan planimeter, selanjutnya dikalikan luas area dengan rata-rata hujan antar dua isohnyet yang berdekatan.
- 4) Menghitung hujan rata-rata dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{A_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left(\frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A_1 + \dots + A_{n-1}} \quad (2.3)$$

Atau

$$P = \frac{\sum \left[A \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) \right]}{\sum A} \quad (2.4)$$

Sumber: Suripin, 2004



Gambar 2.2 Metode Isohyet

Sumber: Digambar Ulang dari Suripin, 2004

d. Cara pemilihan metode

Terdapat tiga faktor yang diperhatikan dalam memilih metode, yaitu sebagai berikut:

1) Jaringan-jaringan pos penakar hujan

Tabel 2.1 Pemilihan Metode Berdasarkan Jaringan-Jaringan Pos Penakar Hujan

Jumlah pos penakar hujan	Metode
cukup	Metode isohyet, metode thiessen, atau metode rata-rata aljabar
terbatas	Metode thiessen, atau metode rata-rata aljabar
tunggal	Metode hujan titik

Sumber: Suripin, 2004

2) Luas DAS (Daerah Aliran Sungai)

Tabel 2.2 Pemilihan Metode Berdasarkan Luas DAS

Luas DAS	Metode
DAS besar (>5.000 km ²)	Metode isohyet
DAS sedang (500-5.000 km ²)	Metode thiessen
DAS kecil (<500 km ²)	Metode rata-rata aljabar

Sumber: Suripin, 2004

3) Topografi DAS (Daerah Aliran Sungai)

Tabel 2.3 Pemilihan Metode Berdasarkan Topografi DAS

Topografi DAS	Metode
Pegunungan	Metode rata-rata aljabar
Dataran	Metode thiessen
Berbukit dan tidak beraturan	Metode isohyet

Sumber: Suripin, 2004

Setelah mengetahui metode yang digunakan dalam menentukan hujan rata-rata kawasan selanjutnya dilakukan perhitungan curah hujan maksimum harian rata-rata dengan cara sebagai berikut:

- a. Menentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di salah satu pos hujan.
- b. Mencari besaran curah hujan pada tanggal, bulan, dan tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
- c. Dilakukan perhitungan hujan kawasan dengan metode yang telah dipilih.
- d. Menentukan hujan harian maksimum pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
- e. Ulangi langkah a dan b pada setiap tahun.
- f. Selanjutnya dari hasil rata-rata yang diperoleh akan dipilih yang tertinggi pada tiap tahun.

2.2.2 Analisa Frekuensi dan Probabilitas

Terdapat beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data untuk perhitungan distribusi, yaitu (Suripin, 2004):

- a. Nilai rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (2.5)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

\bar{X} : Nilai rata-rata hitungan varian (mm)

X : Nilai curah hujan (mm)

n : Jumlah data curah hujan

- b. Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2.6)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

S : Standar deviasi

\bar{X} : Nilai rata-rata hitungan varian (mm)

X : Nilai curah hujan (mm)

n : Jumlah data curah hujan

c. Koefisien variasi

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.7)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

CV : Koefisien variasi

S : Standar deviasi

\bar{X} : Nilai rata-rata hitungan varian (mm)

d. Koefisien kemencengan

$$Cs = \frac{\sum(X - \bar{X})^3 n}{(n - 1)(n - 2)S^3} \quad (2.8)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

Cs : Koefisien kemencengan

S : Standar deviasi

X : Nilai curah hujan (mm)

\bar{X} : Nilai rata-rata hitungan varian (mm)

n : Jumlah data curah hujan

e. Koefisien ketajaman

$$Ck = \frac{\sum(X - \bar{X})^4 n^2}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)S^4} \quad (2.9)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

Ck : Koefisien ketajaman

S : Standar deviasi

X : Nilai curah hujan (mm)

\bar{X} : Nilai rata-rata hitungan varian (mm)

n : Jumlah data curah hujan

Terdapat empat jenis distribusi yang digunakan dalam bidang hidrologi, yaitu (Suripin, 2004):

a. Distribusi normal

Metode distribusi normal menggunakan rumus sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \quad (2.10)$$

Sumber: Suripin, 2004

di mana:

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S} \quad (2.11)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

X_T : Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

\bar{X} : Nilai rata-rata hitungan varian

K_T : Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari periode ulang yang digunakan untuk analisis peluang

S : Standar deviasi nilai standar

Nilai faktor frekuensi telah tersedia pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2.4 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode ulang, T (Tahun)	Peluang	K_T
1	2	0,5	0
2	2,5	0,4	0,25
3	3,33	0,3	0,52
4	4	0,25	0,67
5	5	0,2	0,84
6	10	0,1	1,28
7	20	0,05	1,64
8	50	0,02	2,05
9	100	0,01	2,33

Sumber: Suripin, 2004

Tabel 2.5 Luas Daerah di bawah Kurva Normal

t	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.5	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
-0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517

t	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998

Sumber: Suripin, 2004

b. Distribusi log normal

Distribusi log normal menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot S \quad (2.12)$$

Sumber: Suripin, 2004

di mana:

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \quad (2.13)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

Y_T : Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

\bar{Y} : Nilai rata-rata hitungan varian

K_T : Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari periode ulang yang digunakan untuk analisis peluang

S : Standar deviasi nilai standar

c. Distribusi log-person III

Terdapat tiga parameter yang menunjang dalam metode ini, yaitu nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan. Adapun rumus dari metode distribusi log person III adalah sebagai berikut:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K \cdot S \quad (2.14)$$

(Sumber: Suripin, 2004)

Keterangan:

$\text{Log } X_T$: Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

$\text{Log } \bar{X}$: Nilai rata-rata hitungan varian

K : Variabel standar yang besarnya tergantung nilai kemencengan

S : Standar deviasi nilai standar

Berikut merupakan tabel nilai K berdasarkan nilai kemencengan:

Tabel 2.6 Nilai K Berdasarkan Nilai Kemencengan

Koefisien Kemencengan	Periode Ulang (Tahun)							
	1.0101	1.2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase Perhitungan Terlampaui							
	99%	80%	50%	20%	10%	4%	2%	1%
3,0	-0.667	-0.636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0.714	-0.666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0.769	-0.696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889
2,4	-0.832	-0.725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0.905	-0.752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0.990	-0.777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605
1,8	-1.087	-0.799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1.197	-0.817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1.318	-0.832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1.449	-0.844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1.588	-0.852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1.733	-0.856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1.880	-0.857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2.029	-0.855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2.178	-0.850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2.326	-0.842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326
-0,2	-2.472	-0.830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2.615	-0.816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2.755	-0.800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2.891	-0.780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3.022	-0.758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-3.149	-0.732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-3.271	-0.705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-3.388	-0.675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3.499	-0.643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3.605	-0.609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3.705	-0.574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3.800	-0.537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3.889	-0.490	0,368	0,796	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3.973	-0.469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7.051	-0.420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber: Suripin, 2004

d. Distribusi gumbel

Distribusi gumbel menggunakan rumus sebagai berikut:

$$X_{Tr} = b + \frac{1}{a} Y_{Tr} \quad (2.15)$$

Sumber: Suripin, 2004

di mana

$$a = \frac{S_n}{S} \text{ dan } b = \bar{X} - \frac{Y_n S}{S_n}$$

Keterangan:

X_{Tr} : Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

Y_n : Reduced mean

Y_{Tr} : Reduced variate

\bar{X} : Nilai rata-rata hitungan varian

S : Standar deviasi sampel

S_n : Reduced standart deviation

Dalam menentukan nilai reduced mean, reduced variate, dan reduced standart deviation dapat menggunakan **Tabel 2.7, Tabel 2.8, dan Tabel 2.9.**

Tabel 2.7 Nilai reduced mean (Y_n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Sumber: Suripin, 2004

Tabel 2.8 Nilai reduced standart deviation (Sn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,177	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,189	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,193
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,198	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,202	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,206
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,209	1,2093	1,2096

Sumber: Suripin, 2004

Tabel 2.9 Reduced variate, Y_{Tr} sebagai fungsi periode ulang

Periode Ulang T (Tahun)	Reduced Variabel Y_{Tr}
2	0,3668
5	1,5004
10	2,251
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
75	4,3117
100	4,6012
200	5,2969
250	5,5206
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

Sumber: Suripin, 2004

Faktor probabilitas K untuk nilai ekstrim distribusi gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (2.16)$$

Sumber: Suripin, 2004

hubungan K dan Y_T dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Y_T = K \cdot S_n + Y_n \quad (2.17)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

Y_n : Reduced mean seperti pada **Tabel 2.7**

S_n : Reduced standart deviation seperti pada **Tabel 2.8**

Y_{Tr} : Reduced variate seperti pada **Tabel 2.9**

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \quad (2.18)$$

Sumber: Suripin, 2004

2.2.3 Pengeplotan probabilitas

Pengeplotan probabilitas merupakan cara untuk mengetahui ketepatan distribusi data hidrologi (Suripin, 2004). Posisi pengeplotan data merupakan nilai probabilitas yang dimiliki oleh data. Dalam pengeplotan data dilakukan pengurutan dari data dengan nilai tertinggi hingga data dengan nilai terendah. Persamaan Weibull dapat digunakan untuk menghitung nilai periode ulang (T_r) dan peluang (P).

$$T_r = \frac{n + 1}{m} \quad (2.19)$$

Sumber: Suripin, 2004

$$P = \frac{m}{n + 1} \quad (2.20)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

T_r : Periode ulang

P : Peluang

m : Nomor urut setelah diurut dari besar ke kecil

n : Banyak data

2.2.4 Uji Kecocokan Distribusi

Pengujian parameter kecocokan digunakan untuk menguji kecocokan distribusi sampel data dengan fungsi distribusi yang diperkirakan sehingga dapat diketahui apakah frekuensi data dapat mewakili atau tidak (Suripin, 2004). Pengujian kecocokan dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu:

a. Uji chi kuadrat

Metode uji ini berfungsi untuk menentukan apakah dapat mewakili dari distribusi sampel data yang dianalisis. Rumus chi kuadrat adalah sebagai berikut:

$$X^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.21)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

X^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

Peluang untuk mencapai nilai X^2 sama atau lebih besar dari nilai chi kuadrat kritis (X^2_{Kritis}) dapat dilihat pada **Tabel 2.10**:

Tabel 2.10 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat

Dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582

Dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,26	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	1,052	11,524	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber: Suripin, 2004

Prosedur uji chi kuadrat adalah sebagai berikut:

- 1) Urutkan data pengamatan dari terkecil ke terbesar dan bisa juga sebaliknya
- 2) Mengelompokkan data menjadi G sub grub yang masing-masing beranggotakan minimal 4 data pengamatan
- 3) Jumlah data pengamatan sebesar O_i tiap sub grub
- 4) Jumlah data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i
- 5) Dihitung pada tiap sub grub dengan hitungan rumus sebagai berikut:

$$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.22)$$

Dan

$$(O_i - E_i)^2 \quad (2.23)$$

- 6) Jumlah seluruh sub grub nilai untuk menentukan nilai chi kuadrat
- 7) Menentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R = 2$, untuk distribusi normal dan binomial)

Perhitungan distribusi akan dapat diterima apabila:

$$X^2 < X^2_{Kritis}$$

keterangan:

X^2 : Parameter chi kuadrat terhitung

X^2_{Kritis} : Nilai kritis berdasarkan derajat kepercayaan dan derajat kebebasan

b. Uji smirnov kolmogorof

Uji smirnov kolmogorof merupakan uji kecocokan non parametrik karena tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Berikut merupakan prosedur pelaksanaannya:

- 1) Urutkan data pengamatan dari terkecil ke terbesar dan bisa juga sebaliknya serta tentukan besaran peluang dari tiap data ($P(X)$)
- 2) Urutkan nilai tiap peluang teoritis dari hasil penggambaran data ($P'(X)$)
- 3) Selanjutnya ditentukan selisih terbesarnya dari kedua nilai peluang antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis
 $D_{maksimum} = \text{nilai tertinggi dari } P(X) - P'(X)$
- 4) Dari tabel nilai kritis didapatkan nilai ΔP_{Kritis}
 - a) Apabila $\Delta P < \Delta P_{Kritis}$ maka distribusi dapat diterima
 - b) Apabila $\Delta P > \Delta P_{Kritis}$ maka distribusi tidak dapat diterima

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Tabel 2.11 Nilai ΔP Kritis untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	Derajat kepercayaan, 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	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	1,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	$\frac{1,07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{N}}$

Sumber: Bonnier, 1980 dalam Suripin, 2004

2.2.5 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan menggambarkan data hujan dalam satuan waktu berupa jam. Menurut Dr. Mononobe intensitas hujan (I) dalam rumus rasional dapat digambarkan dalam rumus sebagai berikut (Edisono dkk., 1997):

$$I = \frac{R}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{2/3} \quad (2.24)$$

Sumber: Edisono dkk., 1997

Keterangan:

- I : Intensitas hujan (mm/jam)
- R : Curah hujan rancangan seyempat (mm)
- t_c : Lama waktu konsentrasi (jam)

2.2.6 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana didapatkan berdasarkan besarnya debit hujan yang akan dialirkan dengan menggunakan Metode Rasional. Metode Rasional dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dengan besar curah hujan untuk luas DAS hingga 300 Ha (Asmorowati dkk., 2021).

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (2.25)$$

Sumber: Asmorowati dkk., 2021

Keterangan:

- Q : Debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas, durasi dan frekuensi tertentu (m^3/dt)
- I : Intensitas hujan (mm/jam)
- A : Luas daerah tangkapan (km^2)
- C : Koefisien aliran, tergantung pada jenis permukaan lahan

Besarnya koefisien pengaliran untuk daerah perencanaan disesuaikan dengan karakteristik daerah pengaliran yang dipengaruhi oleh tata guna lahan (Saidah dkk., 2021).

Tabel 2.12 Koefisien Aliran (C)

Tipe Daerah Aliran	C
Rerumputan	
Tanah pasir, datar, 2%	0,50 – 0,10
Tanah pasir, sedang, 2-7%	0,10 – 0,15
Tanah pasir, curam, 7%	0,15 – 0,20
Tanah gemuk, datar, 2%	0,13 – 0,17
Tanah gemuk, sedang, 2-7%	0,18 – 0,22
Tanah gemuk, curam, 7%	0,25 – 0,35
Perdagangan	
Daerah kota lama	0,75 – 0,95
Daerah pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	
Daerah single family	0,30 – 0,50
Multi unit terpisah	0,40 – 0,60
Multi unit tertutup	0,60 – 0,75
Suburban	0,25 – 0,40
Daerah apartemen	0,50 – 0,70
Industri	
Daerah ringan	0,50 – 0,80
Daerah berat	0,60 – 0,90
Taman, kuburan	0,10 – 0,25
Tempat bermain	0,20 – 0,35
Halaman kereta api	0,20 – 0,40
Daerah tidak dikerjakan	0,10 – 0,30
Jalan :	
Beraspal	0,70 – 0,95
Beton	0,80 – 0,95
Batu	0,70 – 0,85
Atap	0,75 – 0,95

Sumber: Asmorowati dkk., 2021

Koefisien aliran untuk daerah DAS yang memiliki berbagai jenis tata guna lahan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.26)$$

Sumber: Suripin, 2004

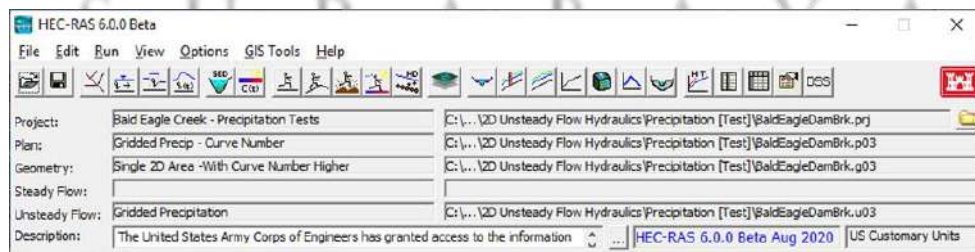
Keterangan:

- A_i : Luas lahan dengan jenis tutupan lahan i
- C_i : Koefisien aliran permukaan jenis penutup lahan i
- n : Jumlah jenis penutup lahan

2.3 HEC-RAS

HEC-RAS merupakan sebuah perangkat lunak terpadu yang menggabungkan program analisis hidrolik. HEC-RAS memiliki kemampuan untuk melakukan perhitungan profil permukaan air dalam konteks *Steady Flow* maupun *Unsteady Flow*, menghitung aliran banjir dalam satu dimensi maupun dua dimensi, memodelkan transportasi sedimen, menganalisis kualitas air, serta melakukan beberapa perhitungan desain hidrolik. HEC-RAS dapat membangun model berdasarkan sistem koordinat geospasial atau dapat dikembangkan tanpa menggunakan model (US Army Corps of Engineers, 2023).

Untuk memulai HEC-RAS dari sistem operasi Windows, lakukan dua kali klik pada ikon HEC-RAS. Jika tidak ada pintasan HEC-RAS yang tersedia, pilih menu mulai, lalu pilih HEC, dan akhirnya pilih HEC-RAS. Tampilan pertama HEC-RAS seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.3 Tampilan HEC-RAS

Sumber: HEC-RAS User's Manual, 2023

Pada tampilan HEC-RAS terdapat menu dengan berbagai opsi. Berikut merupakan fungsi dari tiap menu pada HEC-RAS (US Army Corps of Engineers, 2023):

1. File

Opsi ini digunakan untuk mengelola file. Opsi yang tersedia di bawah menu File meliputi: New Project; Open Project; Save Project; Save Project As; Rename Project; Delete Project; Project Summary; Import HEC-2 Data; Import HEC-RAS data; Generate Report; Export GIS Data; Export to HEC-DSS; Restore Backup Data; Debug Report; and Exit. Selain itu, proyek yang paling baru dibuka akan terdaftar di bagian bawah menu File, memungkinkan untuk dengan cepat membuka proyek yang baru-baru ini dikerjakan.

2. Edit

Fitur Edit berfungsi sebagai alat untuk mengimpor dan mengelola data dengan cara yang efektif. Data yang dimasukkan dibagi menjadi enam kategori utama yang mencakup: Geometric Data; Steady Flow Data; Quasi-Unsteady Flow; Unsteady Flow Data; Sediment Data; and Water Quality Data.

3. Run

Opsi ini digunakan untuk melakukan perhitungan hidrolis yang komprehensif. Di bawah item menu ini, terdapat beberapa opsi yang mencakup: Analisis Aliran Stabil, Steady Flow Analysis; Unsteady Flow Analysis; Quasi-Unsteady Sediment Analysis; Water Quality Analysis; Hydraulic Design Functions; and Run Multiple Plans.View

4. View

Opsi ini memiliki kumpulan alat yang memberikan tampilan grafis dan tabel dari output model. Opsi view mencakup: Cross Sections; Water Surface Profiles; General Profile Plot; Rating Curves; 3D Perspective Plots; Stage and Flow Hydrographs; Hydraulic Properties Plots; Detailed Output Tables; Profile Summary Tables; Summary Err, Warn, Notes; DSS Data; Unsteady Flow Spatial Plot; Unsteady Flow Time Series Plot;

WQ Spatial Plot; WQ Time Series Plot; Sediment Spatial Plot; Sediment Time Series Plot, and Sediment XS Changes Plot.

5. Options

Opsi menu ini memungkinkan untuk mengubah pengaturan program; menetapkan parameter *default*; menentukan sistem satuan *default* (Sistem Satuan Amerika atau Satuan Internasional); mengonversi satuan proyek (dari Satuan Amerika ke Satuan Internasional, atau dari Satuan Internasional ke Satuan Amerika); dan mengkonversi sistem koordinat horizontal.

6. GIS Tool

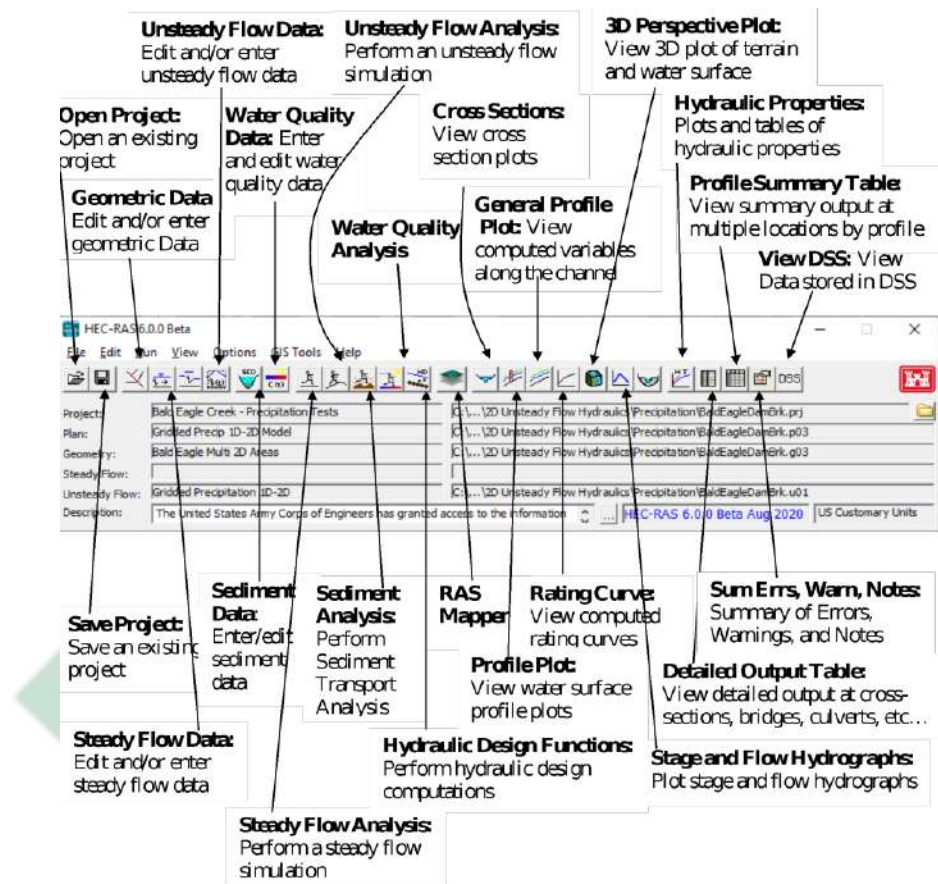
Opsi menu ini memungkinkan untuk mengakses HEC-RAS Mapper, sebuah fitur yang digunakan untuk membuat model topografi yang akan digunakan dengan HEC-RAS. HEC-RAS Mapper juga dapat menampilkan pemetaan genangan serta menghasilkan animasi banjir yang dinamis, dan terdapat pula berbagai lapisan pemetaan lainnya yang dapat ditampilkan.

7. Help

Opsi ini memungkinkan untuk mendapatkan bantuan online untuk HEC-RAS; menampilkan manual HEC-RAS (Panduan pengguna, Manual Referensi Hidrolik, Panduan Aplikasi, dan Catatan Rilis).

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Terdapat juga beberapa opsi cepat yang disediakan HEC-RAS. Fitur tersebut memiliki fungsi seperti pada **Gambar 2.4**.



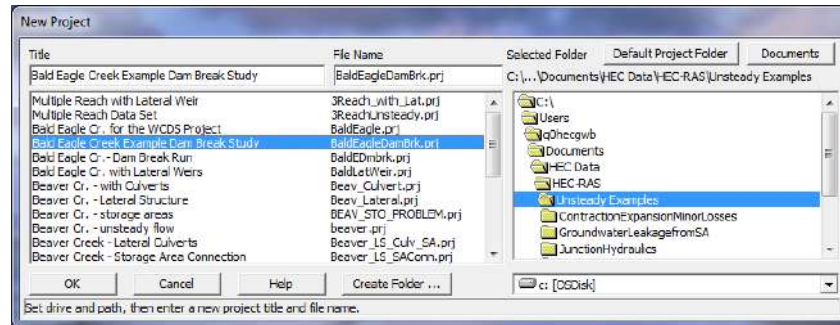
Gambar 2.4 Fungsi Menu HEC-RAS

Sumber: HEC-RAS User's Manual, 2023

Terdapat 5 tahapan dalam menjalankan HEC-RAS. Berikut merupakan tahapan dalam menjalankan HEC-RAS (US Army Corps of Engineers, 2023):

1. Memulai proyek baru

Langkah awal dalam mengembangkan model hidrolis dengan HEC-RAS adalah menentukan lokasi kerja dan memberikan judul untuk proyek baru. Untuk memulai proyek baru, buka menu File di jendela utama HEC-RAS dan pilih "Proyek Baru". Ini akan membuka jendela "Proyek Baru" seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.5**.




Gambar 2.5 Tampilan New Project

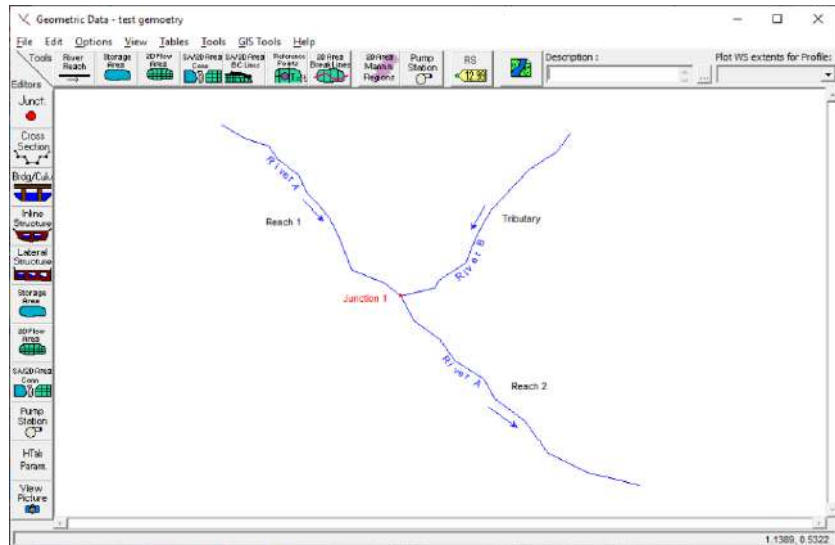
Sumber: HEC-RAS User's Manual, 2023

Untuk memulai, dipilih drive dan jalur kerja yang diinginkan . Selanjutnya, memasukkan judul dan nama file untuk proyek. Nama file proyek harus memiliki ekstensi ".prj" dan tidak dapat diubah. Setelah semua informasi dimasukkan, tekan tombol "OK" untuk mengkonfirmasi. Setelah tombol OK ditekan, akan muncul kotak pesan dengan judul proyek dan direktori tempat proyek akan disimpan. Jika informasinya benar, tekan tombol "OK". Jika informasinya tidak benar, tekan tombol "Batal" dan Anda akan kembali ke jendela Proyek Baru.

2. Memasukkan data geometrik


Langkah selanjutnya adalah memasukkan data geometris yang diperlukan. Data tersebut terdiri dari beberapa elemen, yaitu lapisan peta latar belakang (opsional), informasi konektivitas untuk sistem aliran (skema sistem sungai), data penampang, data area penyimpanan, area aliran dua dimensi (2D), dan data struktur hidrolis (seperti jembatan, gorong-gorong, dan sebagainya). Untuk menggunakan editor *Geometric Data* dalam memasukkan


geometri, perlu memilih opsi *Geometric Data* () dari menu Edit di jendela utama HEC-RAS. Setelah opsi ini dipilih, akan muncul jendela *Geometric Data* seperti yang ditampilkan pada **Gambar 2.6**.



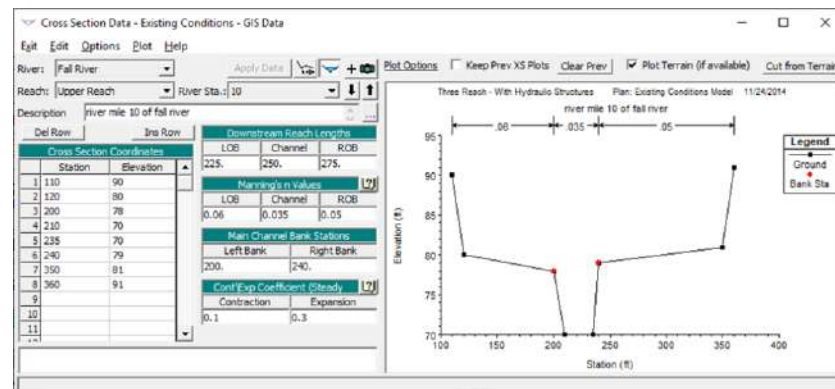
Gambar 2.6 Tampilan Geometric Data

Sumber: HEC-RAS User's Manual, 2023

Pada HEC-RAS, dapat dikembangkan data geometris dengan membuat skema sistem sungai. Caranya adalah dengan menggunakan fungsi *River Reach* () untuk menggambar jangkauan satu per satu dari hulu ke hilir (sejalan dengan arah aliran). Setelah jangkauan tergambar, selanjutnya memberikan pengidentifikasi "Sungai" dan "Jangkauan". Pengidentifikasi tersebut dapat memiliki maksimal 16 karakter. Ketika jangkauan dihubungkan, antarmuka secara otomatis membentuk persimpangan.

Setelah skema sistem sungai digambar, dapat dimasukkan data penampang dan struktur hidrolis. Dengan menekan tombol *Cross Section* (), akan muncul editor penampang. Tampilan editor ini terlihat pada **Gambar 2.7**. Setiap penampang memiliki informasi yang mencakup Nama Sungai, Nama Jangkauan, Stasiun Sungai, dan Deskripsi. Pengidentifikasi Sungai, Jangkauan, dan Stasiun Sungai digunakan untuk menentukan lokasi penampang dalam sistem sungai. Pengidentifikasi "Stasiun Sungai" tidak harus mewakili stasiun sungai sebenarnya tempat penampang berada, tetapi harus berupa nilai numerik (misalnya,

1.1, 2, 3.5, dan sebagainya). Nilai numerik ini digunakan untuk menentukan urutan penampang secara tepat dalam jangkauan.

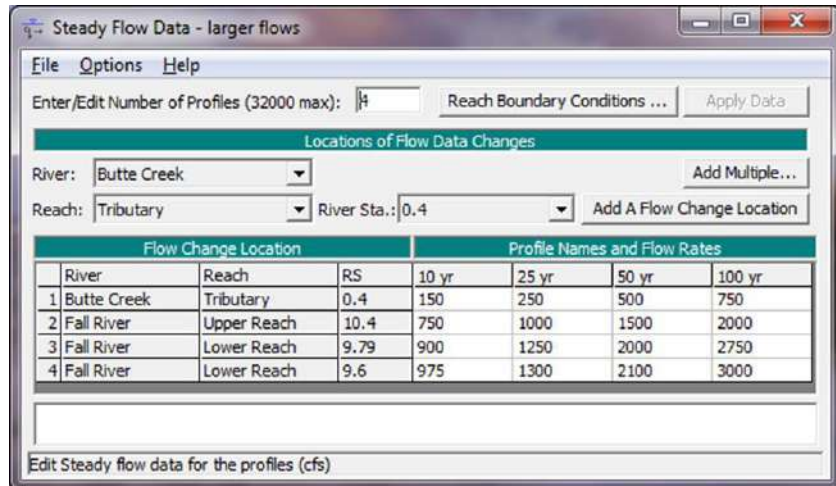


Gambar 2.7 Tampilan Cross Section Data

Sumber: HEC-RAS User's Manual, 2023

Data yang harus diisi untuk setiap penampang meliputi: koordinat titik penampang (data stasiun-elevasi); panjang jangkauan ke arah hilir (jarak antara penampang saat ini dengan penampang berikutnya ke arah hilir); nilai n Manning (minimal nilai n yang harus dimiliki untuk overbank kiri, saluran utama, dan overbank kanan. Terdapat opsi variasi horizontal dan vertikal untuk nilai n Manning); stasiun bank saluran utama (mendefinisikan batas bank kiri dan kanan dari saluran utama); serta koefisien kontraksi dan ekspansi (dengan nilai default masing-masing 0,1 dan 0,3).

- Memasukkan data alur dan kondisi batas
Setelah data geometris dimasukkan, langkah selanjutnya adalah memasukkan data aliran, baik *Steady Flow* maupun *Unsteady Flow*, tergantung pada jenis analisis yang akan dilakukan. Jenis aliran yang digunakan pada penelitian ini adalah *Steady Flow*. Tampilan *Steady Flow* seperti pada **Gambar 2.8**.



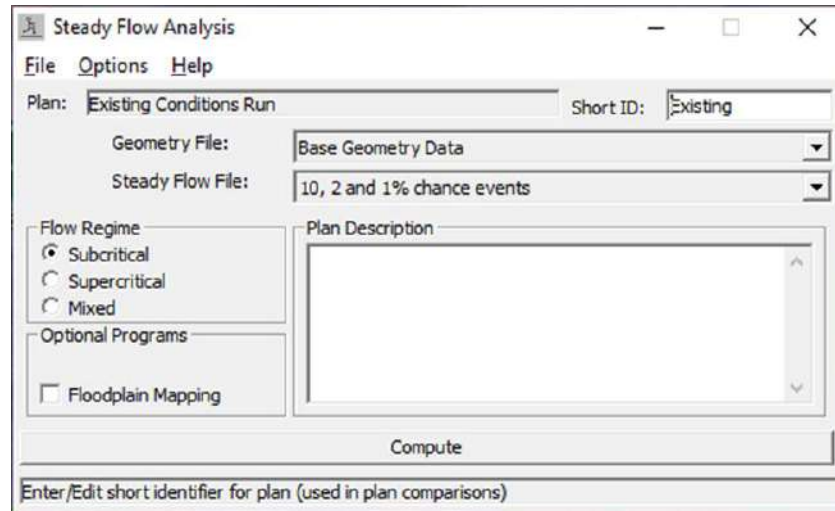
Gambar 2.8 Tampilan Steady Flow Data

Sumber: HEC-RAS User's Manual, 2023

Data aliran stabil terdiri dari beberapa komponen, seperti jumlah profil yang akan dihitung, data aliran, dan kondisi batas sistem sungai. Setidaknya satu aliran harus dimasukkan untuk setiap jangkauan dalam sistem, dan nilai aliran harus diisi untuk semua profil. Kondisi batas juga diperlukan untuk melakukan perhitungan. Jika analisis aliran subkritis akan dilakukan, maka hanya kondisi batas hilir yang diperlukan. Jika analisis aliran superkritis akan dilakukan, maka hanya kondisi batas hulu yang diperlukan. Setelah semua data di isi perlu dilakukan penyimpanan pada hard disk.

4. Komputasi hidraulik

Setelah semua data geometris dan data aliran dimasukkan, dapat memulai perhitungan hidrolis. HEC-RAS saat ini menyediakan lima jenis perhitungan yang dapat dilakukan, yaitu Analisis *Steady Flow*, Analisis *Unsteady Flow*, Transportasi Sedimen, Analisis Kualitas Air, dan Fungsi Desain Hidrolik. Contoh jendela Simulation Manager, yang merupakan jendela analisis *Steady Flow* ditampilkan dalam **Gambar 2.9**.

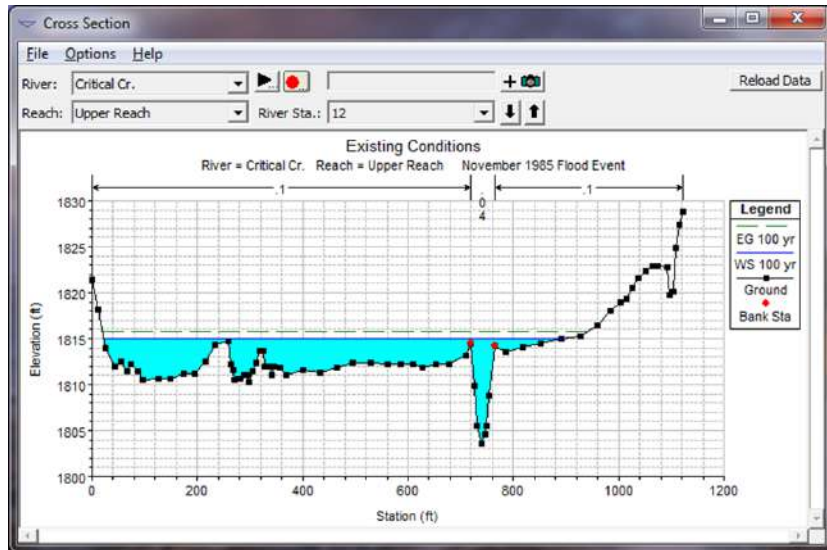


Gambar 2.9 Tampilan Steady Flow Analysis

Sumber: HEC-RAS User's Manual, 2023

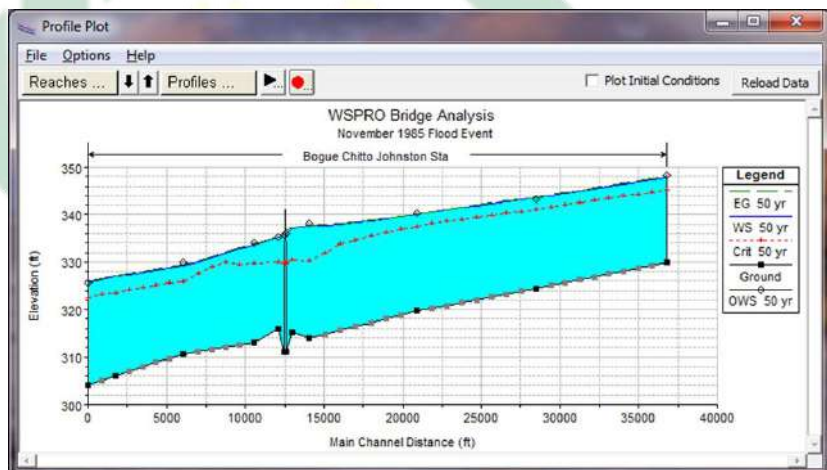
5. Menampilkan dan mencetak hasil

Setelah model selesai melakukan semua perhitungan, pemodel dapat melihat hasilnya. Berbagai fitur keluaran tersedia melalui opsi View di jendela utama. Opsi-opsi tersebut termasuk plot penampang, plot profil permukaan air, plot profil umum, plot kurva peringkat, plot perspektif 3D, plot hidrograf, dan tabel properti hidrolis (jika simulasi aliran tidak stabil dilakukan). Selain itu, terdapat output tabular untuk lokasi tertentu (Tabel Output Terperinci), serta output tabular untuk banyak lokasi (Tabel Ringkasan Profil), ringkasan kesalahan, peringatan, dan catatan, serta melihat data dalam HEC-DSS. Berikut merupakan contoh tampilan hasil pemodelan.



Gambar 2.10 Tampilan Cross Section Plot

Sumber: HEC-RAS User's Manual, 2023



Gambar 2.11 Tampilan Profile Plot

Sumber: HEC-RAS User's Manual, 2023

Plan: Modified Geo Critical Cr. Upper Reach RS: 12 Profile: 100 yr					
Element		Left OB	Channel	Right OB	
E.G. Elev (ft)	1816.02				
Vel Head (ft)	0.48	0.100	0.040		0.100
W.S. Elev (ft)	1815.54	100.00	100.00		100.00
Crit W.S. (ft)	1814.46	2474.88	342.55		178.06
E.G. Slope (ft/ft)	0.004560	2474.88	342.55		178.06
Q Total (cfs)	9000.00	5749.10	3067.11		183.79
Top Width (ft)	915.35	699.72	45.00		170.63
Vel Total (ft/s)	3.00	2.32	8.95		1.03
Max Ch Dpth (ft)	11.94	3.54	7.61		1.04
Conv. Total (cfs)	133281.1	85138.5	45420.9		2721.7
Length Wtd. (ft)	100.00	702.57	50.80		170.66
Min Ch El (ft)	1803.60	1.00	1.92		0.30
Alpha	3.41	2.33	17.19		0.31
Frctn Loss (ft)	0.54	216.74	42.88		10.32
C & E Loss (ft)	0.04	79.59	6.44		7.90

Errors, Warnings and Notes

Select Profile

Gambar 2.12 Tampilan Tabular Detailed Output

Sumber: HEC-RAS User's Manual, 2023

HEC-RAS Plan: Exist Cond River: Critical Cr. Reach: Upper Reach Profile: 100 yr												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (cfs)	Min Ch El (ft)	W.S. Elev (ft)	Crit W.S. (ft)	E.G. Elev (ft)	E.G. Slope (ft/ft)	Vel Chnl (ft/s)	Flow Area (sq ft)	Top Width (ft)	Froude # Chl
Upper Reach	12	100 yr	9000.00	1803.60	1815.06		1815.76	0.006855	10.51	2557.91	878.49	0.69
Upper Reach	11	100 yr	9000.00	1800.70	1810.42	1810.42	1811.87	0.008544	12.03	1735.43	562.66	0.82
Upper Reach	10	100 yr	9000.00	1794.40	1804.47		1804.98	0.010255	10.48	2479.90	914.78	0.79
Upper Reach	9	100 yr	9000.00	1788.70	1799.31	1799.31	1800.16	0.008846	11.48	2720.40	1216.83	0.80
Upper Reach	8	100 yr	9500.00	1784.30	1793.89	1793.89	1795.08	0.008608	12.38	2525.34	1110.76	0.81
Upper Reach	7	100 yr	9500.00	1777.20	1789.88		1791.00	0.007413	13.16	2155.24	526.60	0.76
Upper Reach	6	100 yr	9500.00	1774.50	1784.30	1784.30	1786.35	0.011132	13.38	1266.83	332.46	0.93
Upper Reach	5	100 yr	9500.00	1768.50	1776.81	1776.81	1778.18	0.013225	13.55	1829.84	583.32	0.97
Upper Reach	4	100 yr	9500.00	1763.00	1773.44		1773.88	0.004986	9.32	2989.65	760.45	0.59
Upper Reach	3	100 yr	9500.00	1759.40	1767.29	1765.75	1769.34	0.019801	16.09	1611.29	621.78	1.20
Upper Reach	2	100 yr	9500.00	1753.60	1761.54		1762.10	0.009421	10.36	2322.95	682.69	0.80
Upper Reach	1	100 yr	9500.00	1747.40	1756.71	1755.71	1757.21	0.010002	9.91	2403.99	728.01	0.79

Total flow in cross section.

Gambar 2.13 Tampilan Profile Output Table

Sumber: HEC-RAS User's Manual, 2023

2.4 Integrasi Keislaman

Penelitian ini memiliki integrasi keislaman dalam Q.S. Al-Saba': 15-17 sebagai berikut:

لَقَدْ كَانَ لِسَبَإٍ فِي مَسْكِنِهِمْ آيَةٌ جَنَّتَانِ عَنْ يَمِينٍ وَشِمَالٍ كُلُوا مِنْ رِزْقِ رَبِّكُمْ وَاشْكُرُوا لَهُ
بَلَدَةٌ طَيِّبَةٌ وَرَبُّ غَفُورٌ (15) فَأَعْرَضُوا فَأَرْسَلْنَا عَلَيْهِمْ سَيْلَ الْعَرِمِ وَبَدَّلْنَاهُمْ بِجَنَّتَيْهِمْ جَنَّتَيْنِ
ذَوَاتِي أُكُلٍ خَمْطٍ وَأَثَلٍ وَشَيْءٍ مِنْ سِدْرٍ قَلِيلٍ (16) ذَلِكَ جَزَيْنَاهُمْ بِمَا كَفَرُوا وَهَلْ نُجَازِي
إِلَّا الْكُفُورَ (17)

Artinya:

“Sungguh, bagi kaum Saba` ada tanda (kebesaran Tuhan) di tempat kediaman mereka yaitu dua buah kebun di sebelah kanan dan di sebelah kiri, (kepada mereka dikatakan), "Makanlah olehmu dari rezeki yang (dianugerahkan) Tuhanmu dan bersyukurlah kepada-Nya. (Negerimu) adalah negeri yang baik (nyaman) sedang (Tuhanmu) adalah Tuhan Yang Maha Pengampun. (15) Tetapi mereka berpaling, maka Kami kirim kepada mereka banjir yang besar dan Kami ganti kedua kebun mereka dengan dua kebun yang ditumbuhi (pohon-pohon) yang berbuah pahit, pohon Asl dan sedikit pohon Sidr. (16) Demikianlah Kami memberi balasan kepada mereka karena kekafiran mereka. Dan Kami tidak menjatuhkan azab (yang demikian itu), melainkan hanya kepada orang-orang yang sangat kafir. (17)”

Q.S. Al-Saba' ayat 15-17 menjelaskan tentang kaum Saba' dan bencana banjir akibat perbuatan kaum Saba'. Negeri Saba' terkenal karena hasil alamnya yang melimpah. Distribusi air dari bendungan di Negeri Saba' menjadikan tanah Negeri Saba' Subur. Namun kesuburan dan kemakmuran Negeri Saba' berakhir akibat bencana banjir yang disebabkan oleh perbuatan kaum Saba' yang berpaling dari Allah (Hasanah, 2022).

Oleh karena itu penelitian ini mengambil ayat tersebut sebagai integrasi keislaman karena menjelaskan bahwa salah satu faktor dari terjadinya luapan banjir pada DAS Buntung adalah akibat perbuatan manusia yang berpaling dari Allah. Salah satu bentuk berpaling dari Allah dalam

perspektif tafsir ekologi dalam Q.S. Al-Saba' ayat 15-17 adalah tidak menjaga lingkungan (Hasanah, 2022).



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

2.5 Penelitian Terdahulu

Studi literatur dalam penelitian ini merujuk pada penelitian terdahulu yaitu dapat dilihat pada **Tabel 2.13**:

Tabel 2.13 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Rangkuman Penelitian
1	Pratiwi & Santosa, (2021)	Pemodelan dan Visualisasi Genangan Banjir untuk Mitigasi Bencana di Kali Kasin, Kelurahan Bareng, Kota Malang	Berdasarkan peta sebaran banjir yang dihasilkan dari pemodelan genangan banjir, maka didapatkan informasi bahwa luas area yang terdampak banjir adalah seluas 24225.63 m ² . Selain itu, diperoleh juga informasi bahwa ada sekitar 173 rumah atau bangunan yang terdampak banjir
2	Samarasinghe dkk, (2010)	Application Of Remote Sensing And Gis For Flood Risk Analysis: A Case Study At Kalu- Ganga River, Sri Lanka	Berdasarkan peta genangan banjir dengan periode ulang 10, 20, 50, dan 100 tahun mengungkapkan bahwa sekitar 11,5 km ² dan 5,41 km ² dari Sungai Kalu Ganga-Sri Lanka berada pada risiko tinggi dalam peristiwa banjir periode ulang 100 tahun
3	Hildayanto, 2020)	Pengetahuan Dan Sikap Kesiapsiagaan Masyarakat Terhadap Bencana Banjir Di Kelurahan Mangunharjo Kecamatan Tugu Kota Semarang	Terdapat 11 orang (36,3%) dalam kelompok rentan yang mempunyai pengetahuan yang baik tentang kesiapsiagaan, sementara 19 orang (63,7%) mempunyai pengetahuan yang kurang. Dalam kelompok rentan tersebut, terdapat 16 orang (53,3%) yang mempunyai sikap kesiapsiagaan yang baik, sedangkan 14 orang (46,7%) mempunyai sikap kesiapsiagaan yang kurang.
4	El Bilali dkk., (2021)	Application of HEC-RAS and HEC-LifeSim models for flood risk assessment	Hasil analisis menunjukkan bahwa potensi korban jiwa sangat besar, dan jaringan jalan tidak dapat mengevakuasi semua populasi yang berisiko. Hasil simulasi akan sangat membantu para pengambil keputusan di kota untuk memitigasi kerentanan banjir dengan meningkatkan kapasitas jaringan jalan. Studi kasus ini menunjukkan bahwa model HEC-LifeSim adalah alat yang ampuh untuk menilai risiko banjir dengan murah melalui simulasi korban jiwa dan NSM. Penerapan model ini memberikan wawasan baru untuk meningkatkan pemahaman dan analisis ketidakpastian terkait bencana banjir seperti jebolnya bendungan

No	Penulis	Judul	Rangkuman Penelitian
5	Kiyengo dkk., (2020)	Spatio-temporal flood trends & settlement choice in flood-prone areas. A case study of Lubiji micro-catchment, Kampala City	Luasan banjir bervariasi dari satu kejadian ke kejadian lainnya dan mencakup luasan mulai dari 4,6 hingga 6,8 km ² . Rata-rata, banjir bandang yang meluas terjadi setiap tiga tahun di DAS mikro Lubiji. Masyarakat memilih bermukim di daerah rawan banjir karena ikatan sosial ekonomi. Mereka tidak mampu membeli rumah di daerah bebas banjir dan pihak lain telah mengeksploitasi potensi sumber daya di wilayah tersebut dengan berinvestasi di perumahan dan bisnis sehingga sulit bagi mereka untuk pindah.
6	Kubwarugira dkk., (2019)	Assessing flood exposure in informal districts: a case study of Bujumbura, Burundi	Hasil HEC RAS selanjutnya dianalisis sehingga menghasilkan data bahwa Untuk semua DAS yang dianalisis, terdapat kedalaman aliran maksimum yang terletak di hulu sungai yang berbeda; dan hilir minimum. Di sisi lain, di antara enam DAS yang dianalisis, hanya ada satu DAS (Gikoma) yang ditemukan kedalaman aliran maksimum baik di hulu maupun di hilir. Nilai kedalaman hilir mencapai 4,05–5,63 m untuk DAS ini, sementara di DAS lainnya antara 0,5 dan 1 m. Distribusi kecepatan tetap konstan dan pada tingkat maksimumnya dari hulu ke hilir di mana sungai yang berbeda memasuki Danau Tanganyika, dengan nilai umumnya berkisar dari sekitar 0,60 m/s ke hulu hingga 0,15 m/s hilir
7	Ghimire dkk., (2022)	Evaluation of one-dimensional and twodimensional HEC-RAS models to predict flood travel time and inundation area for flood warning system	Model HEC RAS dua dimensi dan satu dimensi menunjukkan hasil diantaranya, model 2D menunjukkan kinerja yang lebih baik daripada menggabungkan model 1D/2D dan 1D saat mengevaluasi melalui indikator statistik dan perbandingan grafis dari tahapan dan aliran yang diamati, model 1D dan model 1D/2D yang digabungkan ditemukan lebih sensitif daripada model 2D dengan variasi kekasaran Manning, model 2D tampaknya masih lebih sensitif terhadap tingkat debit input, hal ini tidak berlaku untuk sensitivitas aliran, terutama untuk debit input, Waktu tempuh banjir yang diprediksi dari model 2D lebih pendek daripada model 1D yang

No	Penulis	Judul	Rangkuman Penelitian
			menunjukkan bahwa model 2D lebih konservatif untuk prediksi waktu tempuh, Selain itu, model 2D memprediksi area genangan yang lebih kecil dibandingkan dengan model 1D, Karena aman untuk memberikan waktu evakuasi yang lebih singkat pada kondisi terburuk, perkiraan waktu perjalanan yang lebih kecil dari model 2D akan masuk akal untuk merencanakan evakuasi awal untuk kemungkinan bahaya banjir.
8	Ongdas dkk., (2020)	Application of HEC-RAS (2D) for Flood Hazard Maps Generation for Yesil (Ishim) River in Kazakhstan	Model menunjukkan hasil yang masuk akal dan tingkat banjir yang dimodelkan sesuai dengan tingkat banjir dari citra satelit. Peta genangan banjir dari simulasi hidrograf 10-, 20- dan 100 tahun telah diklasifikasikan menurut kelas bahaya. Peta rawan menunjukkan lokasi yang rawan banjir di ketiga skenario. Konstruksi bangunan apa pun harus dilarang di lokasi-lokasi ini. Area genangan yang teridentifikasi di pemukiman harus digunakan oleh otoritas lokal untuk adopsi tindakan struktural dan non-struktural tergantung pada kelas bahaya yang ditetapkan.
9	Dorji,)2019)	River Flood Modeling of Amochu River Using Gis and Hec-Ras: A Case Study in Phuntsholing City, Chukha, Bhutan	Hasilnya menemukan bahwa di kota Phuntsholing saat ini, daerah rawan banjir utama akan tetap menjadi dataran banjir (46,55% hingga 58,02% dari 25 tahun hingga 1000 tahun dalam teknik Log Normal dan 47,58% hingga 50,85% dari 50 hingga 100 tahun dalam Log-Pearson III) dan daerah semak (24,88% sampai 30,51% dari 25 sampai 1000 tahun dalam Log Normal dan 25,48% sampai 27,13% dari 50 sampai 1000 tahun dalam teknik Log-Pearson III) dan daerah yang paling sedikit terpengaruh adalah pertanian (0,06% hingga 0,09% dari 25 tahun hingga 1000 tahun dalam Log Normal dan 0,06 hingga 0,07 dari 50 hingga 1000 tahun dalam teknik LogPearson III) dan lahan hutan (0,057% hingga 0,34% dari 25 hingga 1000 tahun dalam Log Normal, 0,23 hingga 0,25% dari 50 hingga 1000 tahun di Log-Pearson III).

No	Penulis	Judul	Rangkuman Penelitian
10	Tamiru & Dinka, (2021)	Application of ANN and HEC-RAS model for flood inundation mapping in lower Baro Akobo River Basin, Ethiopia	Seperti yang ditunjukkan oleh peta genangan yang dihasilkan dari nilai limpasan model ANN, sungai Baro bagian bawah membentuk kedalaman genangan yang sangat besar hingga 250 cm. Kinerja model JST dievaluasi menggunakan Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE = 0.86), PBIAS = 8.2 % dan R2 = 0.91 dan NSE = 0.88, PBIAS = 8.5 % dan R2 = 0.93 selama periode pelatihan dan pengujian. Area genangan yang dihasilkan di HEC-RAS dan badan air yang digambarkan di NDWI ditutup dengan 94,6% dan 96% sebagai area yang tumpang tindih selama periode kalibrasi dan validasi. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa integrasi pendekatan JST dengan model HEC-RAS telah meningkatkan akurasi prediksi dalam metode peramalan banjir tradisional.
11	Desalegn & Mulu, (2021)	Mapping flood inundation areas using GIS and HEC-RAS model at Fetam River, Upper Abbay Basin, Ethiopia	Pemetaan genangan banjir digunakan untuk menentukan zona-zona yang lebih rentan terhadap banjir di sepanjang sungai ketika pelepasan aliran melampaui tahap bank-full di sepanjang sungai. Menggunakan data sebelumnya di tepi sungai dan pelepasan banjir sebelumnya selain data topografi, peta dibuat untuk mengilustrasikan area yang diprediksi akan tertutup banjir untuk pelepasan yang berbeda. Daerah banjir di Sungai Fetam telah diwakili tergantung pada aliran puncak kejadian 5% untuk era pengulangan yang berbeda menggunakan model HEC-RAS, GIS untuk penanganan data spasial, dan HEC-GeoRAS untuk antarmuka antara HECRAS dan GIS. Banjir kritis ini merusak daerah sekitar Sungai Fetam, yang berbahaya bagi pertumbuhan sosial dan ekonomi karena hilangnya nyawa dan kerusakan harta benda. Area terbangun dan lahan pertanian terletak di sepanjang bantaran sungai dan sangat rentan terhadap banjir. Daerah yang tergenang sangat tinggi dari Abaya Kalo, Achigi, dan Denbun kebes untuk semua periode ulang. Daerah yang tergenang di sepanjang sisi Sungai Fetam ini adalah 27,31,

No	Penulis	Judul	Rangkuman Penelitian
			24,85, 20,47, 17,34, dan 13,78 km ² masing-masing untuk periode ulang 100, 50, 25, 10, dan 5 tahun. Secara umum, studi ini menemukan bahwa daerah banjir di bagian hulu dan tengah Sungai Fetam cukup tinggi dibandingkan dengan bagian hilir.
12	Zeiger & Hubbart, (2021)	Measuring and modeling event-based environmental flows: An assessment of HEC-RAS 2D rain-on-grid simulations	Hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi HEC-RAS 2D rain-on-grid dapat menghasilkan simulasi respon hidrograf tahap yang realistis ketika: (1) curah hujan efektif areal digunakan untuk pemaksaan hujan-on-grid HEC-RAS 2D, (2) HEC-RAS adalah dikalibrasi untuk data yang diamati selama peristiwa yang menarik, (3) tidak ada sumber substansial backwatering dari luar data geometris model, dan (4) selama kondisi kelembaban tanah pendahuluan jenuh permukaan DEM cukup menggambarkan jalur aliran darat. Penilaian kinerja model ini termasuk yang pertama, jika bukan yang pertama, yang menunjukkan hasil kalibrasi dan validasi yang terkait dengan simulasi hujan-jaringan 2D HEC-RAS pada skala daerah aliran sungai. Hasil menyoroti perlunya koefisien kekasaran waktu bervariasi untuk memperhitungkan kondisi kelembaban tanah, dan menunjukkan kemandirian menggunakan pendekatan pemodelan terintegrasi SWAT/ HEC-RAS untuk menghasilkan informasi aliran lingkungan berbasis peristiwa
13	Hashim dkk., (2021)	Factors influencing flood disaster preparedness initiatives among small and medium enterprises located at flood-prone area	Sebuah survei dengan bantuan pewawancara menggunakan satu set kuesioner kesiapsiagaan bencana banjir (dikembangkan dan divalidasi oleh tim ahli manajemen bencana dari berbagai latar belakang) dilaksanakan di antara pemilik dan manajer usaha Usaha Kecil dan Menengah (UKM) (n = 253). Analisis regresi memberikan wawasan tentang berbagai faktor yang mempengaruhi kontribusi usaha kecil dan menengah terhadap kegiatan kesiapsiagaan banjir. Temuan menunjukkan bahwa persepsi risiko adalah faktor yang paling konsisten dalam

No	Penulis	Judul	Rangkuman Penelitian
			<p>mempengaruhi tindakan kesiapsiagaan. Selain itu, pengalaman sebelumnya tentang banjir, sektor ritel, dan kepemilikan laki-laki juga berkontribusi pada keterlibatan kesiapsiagaan bencana banjir yang tinggi. Penelitian ini memberikan wawasan mengapa usaha kecil dan menengah terlibat dalam kegiatan kesiapsiagaan bencana yang mencakup pembahasan dari tinjauan temuan sebelumnya.</p>



BAB III

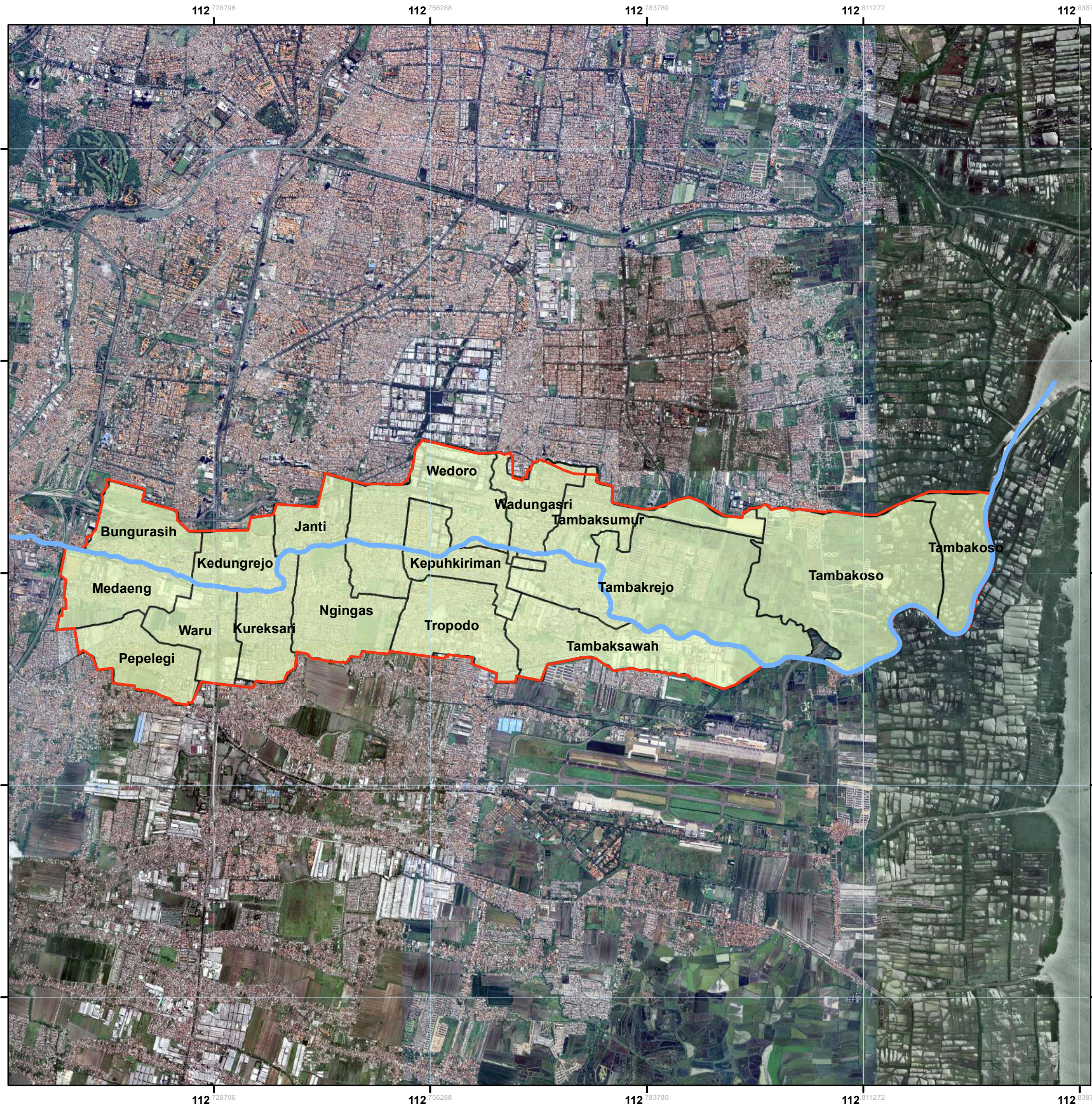
METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Buntung yang berlokasi di Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo Nomor 6 Tahun 2009 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009 - 2029 menjelaskan bahwa Kecamatan waru termasuk kawasan rawan bencana banjir yang diakibatkan oleh DAS Buntung sehingga menyebabkan kerugian lingkungan maupun infrastruktur. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A






PRODI TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
 SURABATA

Skala: 1:55,004
 0 345 690 1,380 2,070 2,760
 M



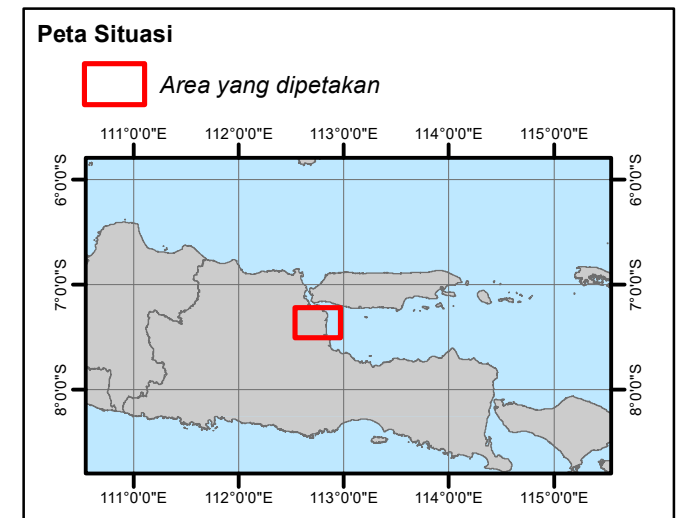
Datum :World Geodetic System 1984
 System Grid :Geografi - Interval 50 Minutes
 Proyeksi :WGS 1984 UTM Zona 49S

Keterangan Peta:

-  Sungai Buntung
-  Batas Kecamatan Waru
-  Desa di Kecamatan Waru

Dasar dan Sumber Peta:

1. Google Earth Tahun 2023
2. Balai Wilayah Sungai Jawa Timur



Nomor Halaman

Gambar 3.1
 Peta Lokasi Penelitian

48

Nama dan Tahun Pembuatan Peta:

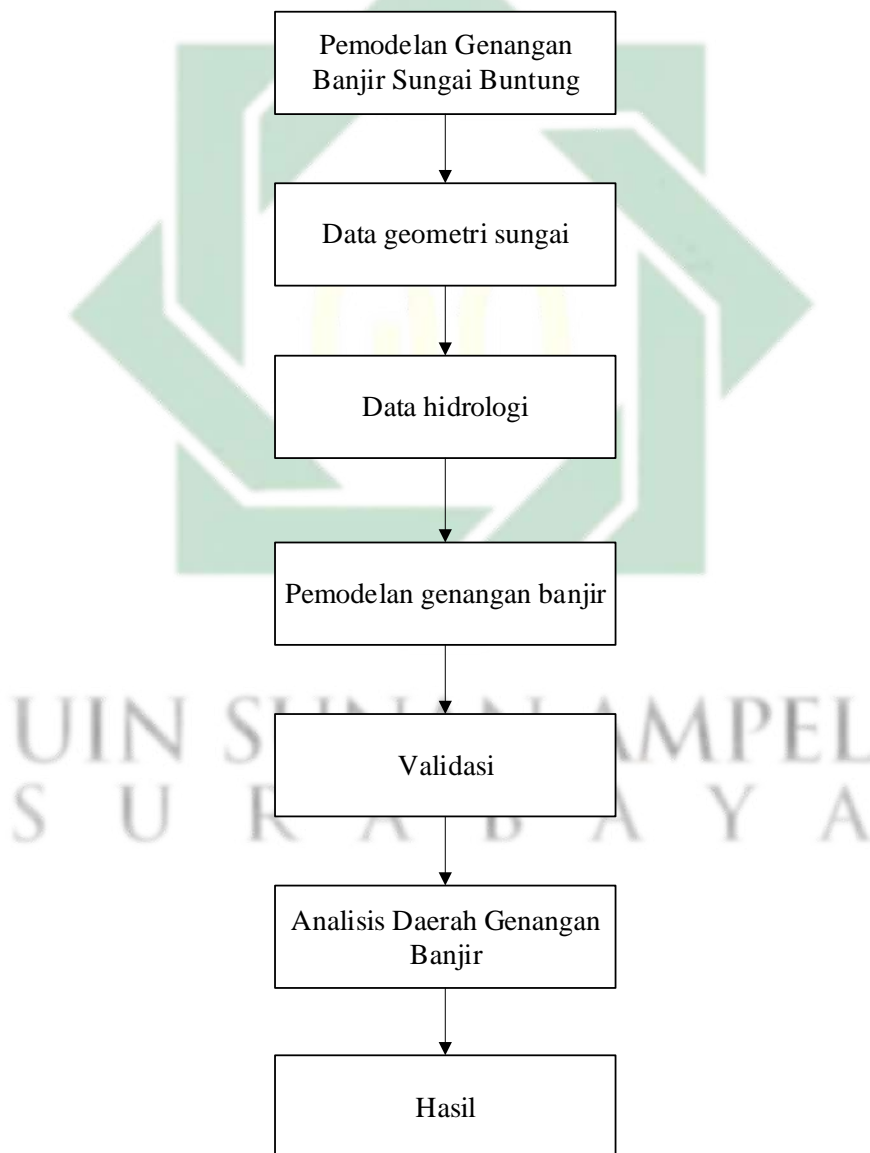
Nama Peta : Peta Lokasi Penelitian
 Nama Pembuat : A. Fadhil L. Daeng Maro
 Tahun Pembuatan : 2023

3.2 Tahapan Penelitian

Adapun tahap-tahap penelitian adalah sebagai berikut:

3.2.1 Kerangka Pikir

Kerangka pikir merupakan alur sistematis yang ditujukan untuk mencapai hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi lokasi genangan akibat luapan DAS Buntung di Kecamatan Waru yang akan terjadi dalam periode ulang 5, 10, dan 25 tahun. Adapun kerangka pikir pada penelitian ini tertera pada **Gambar 3.2:**

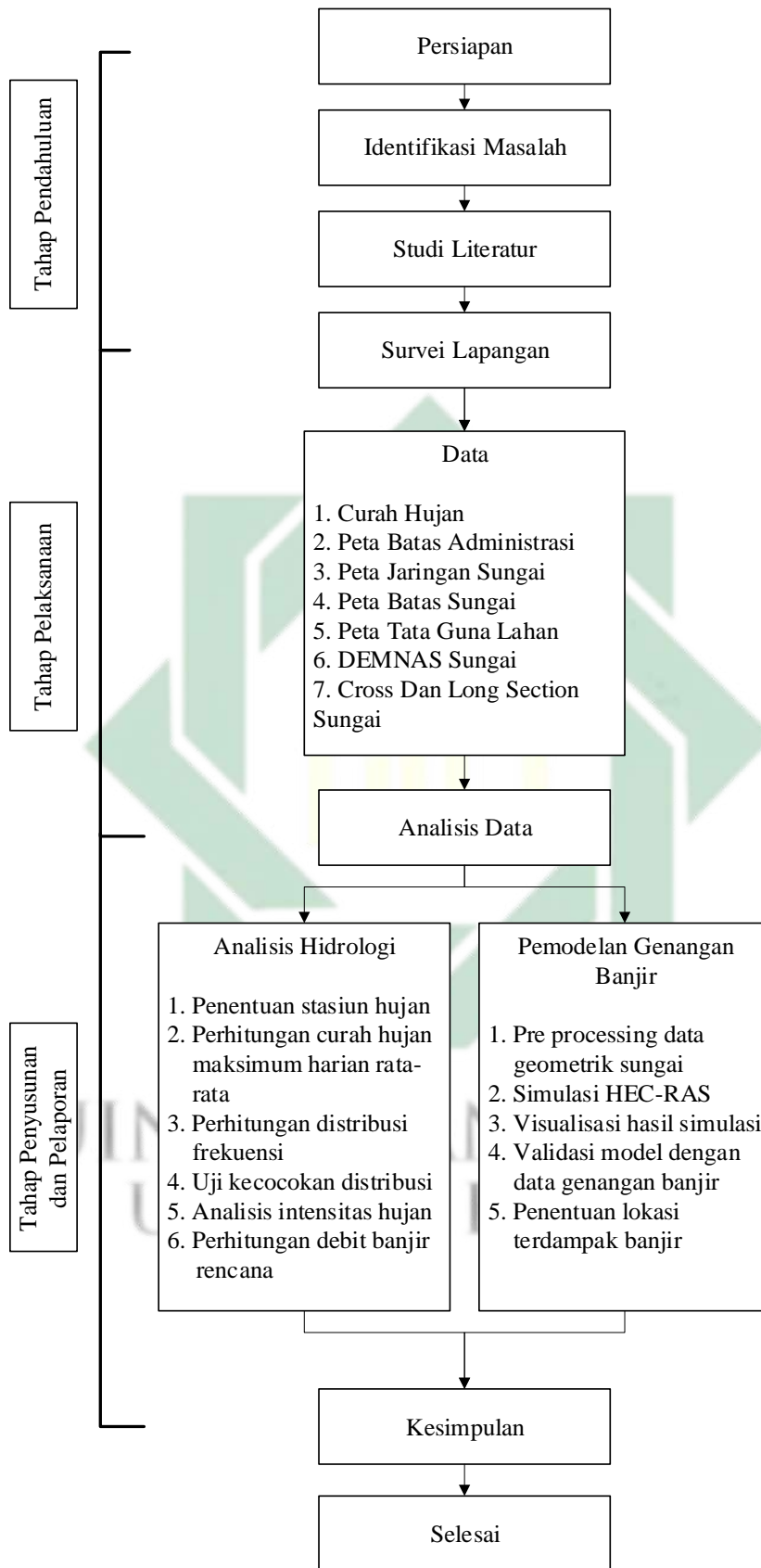


Gambar 3.2 Kerangka Pikir

3.2.2 Tahap Penelitian

Tahapan penelitian merupakan alur sistematis yang bertujuan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan yang telah direncanakan. Tahapan penelitian terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap penyusunan laporan. Diagram alir tahapan penelitian tertera pada **Gambar 3.3**.





Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian

3.3 Langkah Kerja Penelitian

3.3.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah yang dilakukan, ditujukan untuk mengetahui bencana banjir yang terjadi. Identifikasi masalah ini difokuskan pada bencana banjir yang diakibatkan oleh luapan sungai.

3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan informasi terkait bencana banjir yang diakibatkan oleh luapan sungai dan penelitian terdahulu tentang pemodelan genangan banjir akibat luapan sunga. Informasi tersebut digunakan sebagai pedoman penelitian untuk menunjang pemilihan metode penelitian.

3.3.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data sekunder merupakan data yang tersedia sebelumnya yang dikumpulkan dari sumber-sumber tidak langsung (Hardani dkk., 2020). Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Curah hujan
- b. Peta batas administrasi
- c. Peta jaringan sungai
- d. Peta batas sungai
- e. Peta tata guna lahan
- f. DEMNAS (*Digital Elevation Model Nasional*) sungai
- g. Cross section sungai dan Long section sungai

Adapun sumber data penelitian tertera seperti pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Pengumpulan Data

No	Data	Sumber
1	Curah hujan	Dinas Pekerjaan Umum Dan Sumber Daya Air Jawa Timur 2023
2	Peta batas administrasi	Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang Kabupaten Sidoarjo 2023
3	Peta jaringan sungai	BBWS Brantas 2023
4	Peta batas sungai	BBWS Brantas 2023
5	Peta tata guna lahan	Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang Kabupaten Sidoarjo 2023
6	DEMNAS (<i>Digital Elevation Model</i> Nasional) sungai	Website resmi indonesia geoparsial https://tanahair.indonesia.go.id/
7	Cross dan long section sungai	BBWS Brantas 2023

Sumber: Hasil Perencanaan. 2023

3.3.4 Analisis Data

Tahap analisis data terdiri dari analisis hidrologi dan pemodelan genangan banjir.

a. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data debit banjir rencana dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun (Suripin, 2004). Tahapan dalam melakukan analisis hidrologi adalah sebagai berikut:

1) Penentuan stasiun hujan

Penentuan stasiun hujan bertujuan untuk mengetahui curah hujan pada lokasi tersebut. Stasiun hujan yang dipilih pada penelitian ini merupakan stasiun hujan yang berada di sekitar DAS Buntung untuk memudahkan pencarian data curah hujan.

2) Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata

Perhitungan curah hujan maksimum harian rata-rata menggunakan metode perhitungan hujan kawasan, perhitungan hujan kawasan memiliki 3 metode sebagai berikut:

a) Rata-rata aljabar

Berikut merupakan rumus dalam metode rata-rata aljabar:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (3.1)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

- P : Curah hujan wilayah
n : Jumlah pos penakar hujan
 $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$: Curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan

b) Metode poligon thiessen

Berikut merupakan tahapan perhitungan metode poligon thiessen:

- (1) Dilakukan plot pada lokasi pos penakar hujan dan dibuat garis lurus penghubung antar pos penakar hujan.
- (2) Dilakukan garis tegak lurus ditengah tengah garis penghubung sehingga membentuk poligon thiessen seperti pada **Gambar 3.4**. Selanjutnya curah hujan pada pos dianggap mewakili hujan pada kawasan poligon tersebut
- (3) Luas daerah poligon dapat diukur menggunakan planimeter (alat ukur luasan pada peta). Dan luas total DAS dapat dilakukan dengan menjumlahkan luas poligon.
- (4) Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_1 + P_3A_1 + \dots + P_nA_1}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_iA_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (3.2)$$

Sumber: Suripin, 2004

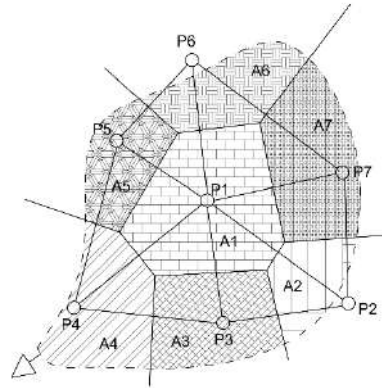
Keterangan:

P : Curah hujan rata rata wilayah

n : Jumlah pos penakar hujan

P_1, P_2, \dots, P_n : Curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan

A_1, A_2, \dots, A_n : Luas daerah poligon



Gambar 3.4 Metode Poligon Thiessen

Sumber: Digambar Ulang dari Suripin, 2004

c) Metode isohyet

Berikut merupakan tahapan perhitungan metode isohyet:

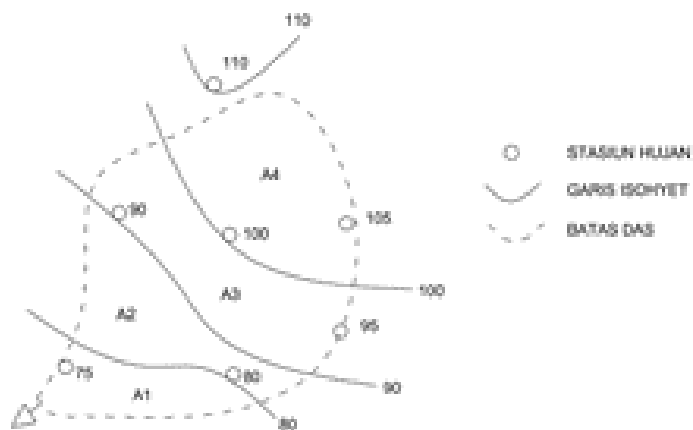
- (1) Melakukan plot data kedalaman air hujan pada tiap pos
- (2) Gambar kontur kedalaman air hujan dan menghubungkan titik dengan kedalaman yang sama dengan interval tertentu.
- (3) Menghitung luas area antara dua garis isohyet dengan menggunakan planimeter, selanjutnya dikalikan luas area dengan rata rata hujan antar dua isohyet yang berdekatan.
- (4) Menghitung hujan rata-rata dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{A_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left(\frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A_1 + \dots + A_{n-1}} \quad (3.3)$$

Atau

$$P = \frac{\sum \left[A \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) \right]}{\sum A} \quad (3.4)$$

Sumber: Suripin, 2004



Gambar 3.5 Metode Isohyet

Sumber: Digambar Ulang dari Suripin, 2004

Terdapat tiga faktor yang diperhatikan dalam memilih metode, yaitu sebagai berikut jaringan-jaringan pos penakar hujan berdasarkan **Tabel 2.1**, luas DAS berdasarkan **Tabel 2.2**, dan topografi DAS berdasarkan **Tabel 2.3**.

Setelah mengetahui metode yang digunakan dalam menentukan hujan rata-rata kawasan selanjutnya dilakukan perhitungan curah hujan maksimum harian rata-rata dengan cara sebagai berikut:

- a) Menentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di salah satu pos hujan.
 - b) Mencari besaran curah hujan pada tanggal, bulan, dan tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
 - c) Dilakukan perhitungan hujan kawasan dengan metode yang telah dipilih.
 - d) Menentukan hujan harian maksimum pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
 - e) Ulangi langkah a dan b pada setian tahun.
 - f) Selanjutnya dari hasil rata-rata yang diperoleh akan dipilih yang tertinggi pada tiap tahun.
- 3) Perhitungan distribusi frekuensi

Terdapat beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data untuk perhitungan distribusi, yaitu:

a) Nilai rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (3.5)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

\bar{X} : Nilai rata-rata hitungan varian (mm)

X : Nilai curah hujan (mm)

n : Jumlah data curah hujan

b) Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (3.6)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

S : Standar deviasi

\bar{X} : Nilai rata-rata hitungan varian (mm)

X : Nilai curah hujan (mm)

n : Jumlah data curah hujan

c) Koefisien variasi

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \quad (3.7)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

cv : Koefisien variasi

S : Standar deviasi

X : Nilai curah hujan (mm)

d) Koefisien kemencengan

$$Cs = \frac{\sum(X - \bar{X})^3 n}{(n - 1)(n - 2)S^3} \quad (3.8)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

c_s : Koefisien kemencengan

S : Standar deviasi

X : Nilai curah hujan (mm)

\bar{X} : Nilai rata-rata hitungan varian (mm)

n : Jumlah data curah hujan

e) Koefisien ketajaman

$$C_k = \frac{\sum(X - \bar{X})^4 n^2}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)S^4} \quad (3.9)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

C_k : Koefisien ketajaman

S : Standar deviasi

X : Nilai curah hujan (mm)

\bar{X} : Nilai rata-rata hitungan varian (mm)

n : Jumlah data curah hujan

Terdapat empat jenis distribusi yang digunakan, yaitu:

a) Distribusi normal

Metode distribusi normal menggunakan rumus sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \quad (3.10)$$

Sumber: Suripin, 2004

di mana:

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S} \quad (3.11)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

X_T : Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

\bar{X} : Nilai rata-rata hitungan varian

K_T : Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari periode ulang yang digunakan untuk analisis peluang

S : Standar deviasi nilai standar

Nilai faktor frekuensi telah tersedia pada **Tabel 2.4**.

b) Distribusi log normal

Distribusi log normal menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot S \quad (3.12)$$

Sumber: Suripin, 2004

di mana:

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \quad (3.13)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

Y_T : Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

\bar{Y} : Nilai rata-rata hitungan varian

K_T : Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari periode ulang yang digunakan untuk analisis peluang

S : Standar deviasi nilai standar

c) Distribusi log-person III

Terdapat tiga parameter yang menunjang dalam metode ini, yaitu nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan. Adapun rumus dari metode distribusi log person III adalah sebagai berikut:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K \cdot S \quad (3.14)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

$\text{Log } X_T$: Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

$\text{Log } \bar{X}$: Nilai rata-rata hitungan varian

K : Variabel standar yang besarnya tergantung nilai kemencengan

S : Standar deviasi nilai standar

Tabel nilai K berdasarkan nilai kemencengan dapat dilihat pada **Tabel 2.6.**

d) Distribusi gumbel

Distribusi gumbel menggunakan rumus sebagai berikut:

$$X_{Tr} = b + \frac{1}{a} Y_{Tr} \quad (3.15)$$

Sumber: Suripin, 2004

di mana

$$a = \frac{S_n}{S} \text{ dan } b = \bar{X} - \frac{Y_n S}{S_n}$$

Keterangan:

X_{Tr} : Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

Y_n : Reduced mean

Y_{Tr} : Reduced variate

\bar{X} : Nilai rata-rata hitungan varian

S : Standar deviasi sampel

S_n : Reduced standart deviation

Nilai reduced mean dapat dilihat pada **Tabel 2.7**, reduced standart deviation dapat dilihat pada **Tabel 2.8**, dan reduced variate dapat dilihat pada **Tabel 2.9**.

Faktor probabilitas K untuk nilai ekstrim distribusi gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (3.16)$$

Sumber: Suripin, 2004

hubungan K dan Y_T dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Y_T = K \cdot S_n + Y_n \quad (3.17)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

Y_n : Reduced mean seperti pada **Tabel 2.7**

S_n : Reduced standart deviation seperti pada **Tabel 2.8**

Y_{Tr} : Reduced variate seperti pada **Tabel 2.9**

$$Y_{T_r} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \quad (3.18)$$

Sumber: Suripin, 2004

4) Pengeplotan probabilitas

Pengeplotan probabilitas merupakan cara untuk mengetahui ketepatan distribusi data hidrologi (Suripin, 2004). Posisi pengeplotan data merupakan nilai probabilitas yang dimiliki oleh data. Dalam pengeplotan data dilakukan pengurutan dari data dengan nilai tertinggi hingga data dengan nilai terendah. Persamaan Weibull dapat digunakan untuk menghitung nilai periode ulang (T_r) dan peluang (P).

$$T_r = \frac{n + 1}{m} \quad (3.19)$$

Sumber: Suripin, 2004

$$P = \frac{m}{n + 1} \quad (3.20)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

- T_r : Periode ulang
- P : Peluang
- m : Nomor urut setelah diurut dari besar ke kecil
- n : Banyak data

5) Uji kecocokan distribusi

Pengujian parameter kecocokan digunakan untuk menguji kecocokan distribusi sampel data dengan fungsi distribusi yang diperkirakan sehingga dapat diketahui apakah frekuensi data dapat mewakili atau tidak. Pengujian kecocokan dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu:

a) Uji chi kuadrat

Metode uji ini berfungsi untuk menentukan apakah dapat mewakili dari distribusi sampel data yang dianalisis. Rumus chi kuadrat adalah sebagai berikut:

$$X^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (3.21)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

- X^2 : Parameter chi kuadrat terhitung
 G : Jumlah sub kelompo
 O_i : Jumlah niai pengamatan pada sub kelompok ke-i
 E_i : Jumlah niai teoritis pada sub kelompok ke-i

Peluang untuk mencapai nilai X^2 sama atau lebih besar dari nilai chi kuadrat kritis (X^2_{Kritis}) dapat dilihat pada **Tabel 2.10**.

Prosedur uji chi kuadrat adalah sebagai berikut:

- (1) Urutkan data pengamatan dari terkecil ke terbesar dan bisa juga sebaliknya
- (2) Mengelompokkan data menjadi G sub grub yang masing-masing beranggotakan minimal 4 data pengamatan
- (3) Jumlah data pengamatan sebesar O_i tiap sub grub
- (4) Jumlah data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i
- 8) Dihitung pada tiap sub grub dengan hitungan rumus sebagai berikut:

$$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (3.22)$$

Dan

$$(O_i - E_i)^2 \quad (3.23)$$

- (5) Jumlah seluruh sub grub nilai untuk menentukan nilai chi kuadrat
- (6) Menentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R = 2$, untuk distribusi normal dan binomial

Perhitungan distribusi akan dapat diterima apabila:

$$X^2 < X^2_{Kritis}$$

keterangan:

X^2 : Parameter chi kuadrat terhitung

X^2_{Kritis} : Nilai kritis berdasarkan derajat kepercayaan dan derajat kebebasan

b) Uji smirnov kolmogorof

Uji smirnov kolmogorof merupakan uji kecocokan non parametrik karena tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Berikut merupakan prosedur pelaksanaannya:

- (1) Urutkan data pengamatan dari terkecil ke terbesar dan bisa juga sebaliknya serta tentukan besaran peluang dari tiap data ($P(X)$)
- (2) Urutkan nilai tiap peluang teoritis dari hasil penggambaran data ($P'(X)$)
- (3) Selanjutnya ditentukan selisih terbesarnya dari kedua nilai peluang antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis
- (4) $D = \text{maksimum } P(X) - P'(X)$
- (5) Dari tabel nilai kritis dilakukan nilai ΔP Kritis
 - (a) Apabila $\Delta P < \Delta P$ Kritis maka distribusi dapat diterima
 - (b) Apabila $\Delta P > \Delta P$ Kritis maka distribusi tidak dapat diterima

Nilai ΔP Kritis untuk uji Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat pada

Tabel 2.11.

6) Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan menggambarkan data hujan dalam satuan waktu berupa jam. Menurut Dr. Mononobe intensitas hujan (I) dalam rumus rasional dapat digambarkan dalam rumus sebagai berikut (Edisono dkk., 1997):

$$I = \frac{R}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{2/3} \quad (3.24)$$

Sumber: Edisono dkk., 1997

Keterangan:

I : Intensitas hujan (mm/jam)

R : Curah hujan rancangan setempat (mm)

t_c : Lama waktu konsentrasi (jam)

7) Perhitungan Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana didapatkan berdasarkan besarnya debit hujan yang akan dialirkan dengan menggunakan Metode Rasional. Metode Rasional dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dengan besar curah hujan untuk luas DAS hingga 300 Ha (Asmorowati dkk., 2021).

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (3.25)$$

Sumber: Asmorowati dkk., 2021

Keterangan:

Q : Debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas, durasi dan frekuensi tertentu (m^3/dt)

I : Intensitas hujan (mm/jam)

A : Luas daerah tangkapan (km^2)

C : Koefisien aliran, tergantung pada jenis tutupan lahan

Pada saat terjadi hujan pada umumnya sebagian mengalami infiltrasi dan evaporasi. Bagian hujan yang mengalir di atas permukaan tanah dan saat sesudahnya merupakan limpasan/pengaliran. Besarnya koefisien pengaliran untuk daerah perencanaan disesuaikan dengan karakteristik daerah pengaliran yang dipengaruhi oleh tutupan lahan (Saidah dkk., 2021). Nilai koefisien aliran (C) dapat dilihat pada **Tabel 2.12.**

Koefisien aliran untuk daerah DAS yang memiliki berbagai jenis tutupan lahan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (3.26)$$

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

- A_i : Luas lahan dengan jenis tutupan lahan i
 C_i : Koefisien aliran permukaan jenis penutup lahan i
 n : Jumlah jenis penutup lahan

b. Pemodelan Genangan Banjir

Dalam pemodelan genangan banjir dilakukan:

- 1) Pre processing data geometrik sungai
- 2) Simulasi HEC RAS
- 3) Visualisai hasil simulasi
- 4) Validasi model dengan data genangan banjir

Validasi model bertujuan untuk menguji hasil simulasi model. Pengujian hasil simulasi model untuk mengetahui kesesuaian dengan keadaan di lapangan. Validasi model dilakukan dengan menggunakan pengujian *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE merupakan rata-rata kesalahan absolut (Kim & Kim, 2016). Dilakukan validasi data genangan banjir hasil pemodelan dengan data genangan banjir aktual. Berikut merupakan persamaan MAPE:

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \quad (3.27)$$

Keterangan:

MAPE : *Mean Absolute Percentage Error*

N : Jumlah data

A_t : Nilai data aktual

F_t : Nilai data pemodelan

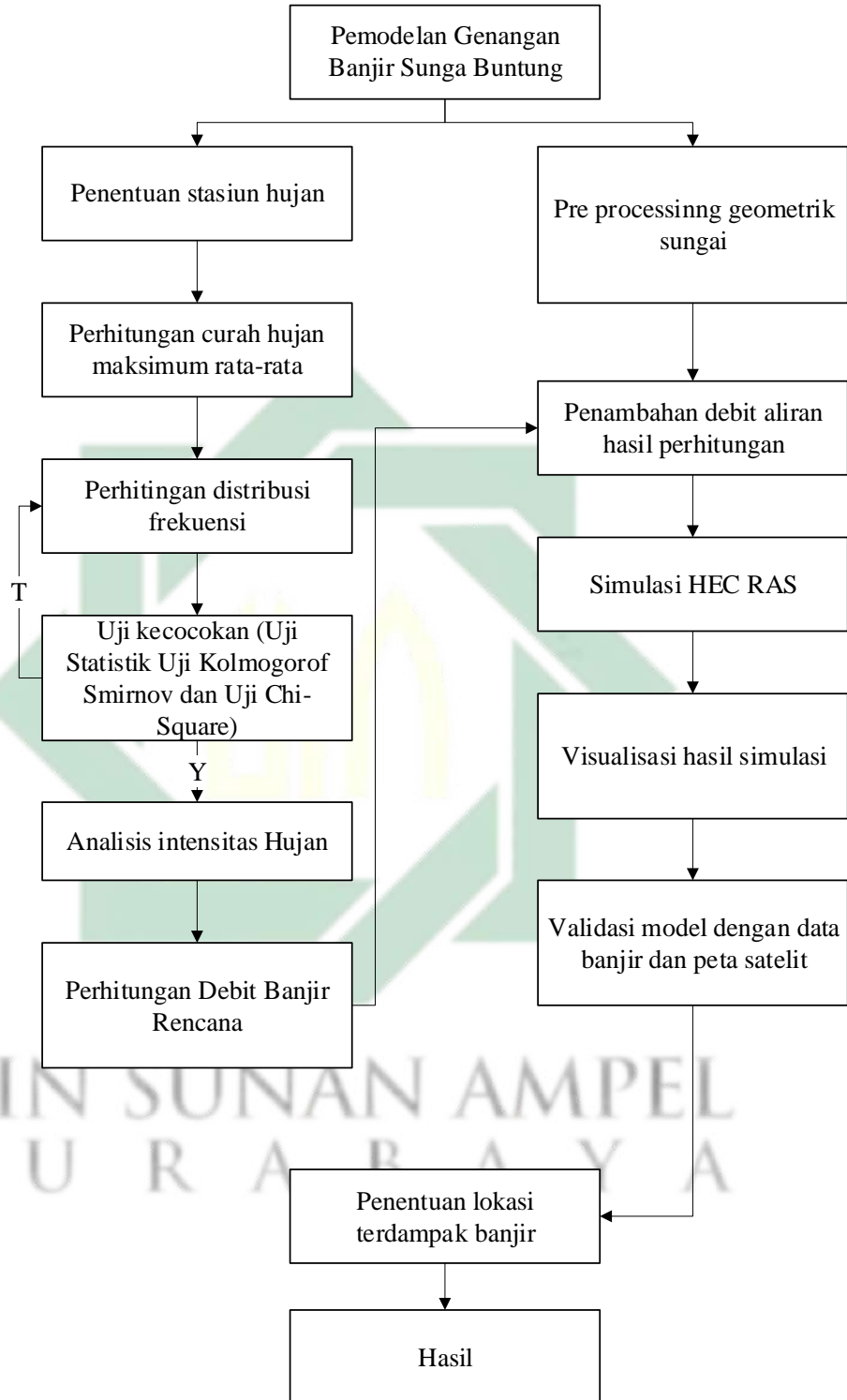
Pengukuran tingkat kesesuaian dengan hasil dari metode MAPE dapat dilihat para *range* berikut ini:

Tabel 3.2 *Range* MAPE

Range MAPE	Keterangan
< 10%	Sangat baik
10 – 20%	Baik
20 – 50%	Layak
>50%	Buruk

- 5) Penentuan lokasi terdampak banjir

Berikut merupakan diagram alir analisis data:



Gambar 3.6 Diagram Alir Analisis Data

Keterangan:

Y: Memenuhi syarat

T: Tidak memenuhi syarat

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi bertujuan untuk mendapatkan debit banjir rencana (Suripin, 2004). Analisis hidrologi pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui debit banjir rencana dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun.

4.1.1 Analisis Hujan Rata-rata

Curah hujan pada tiap kawasan diperlukan dalam melakukan pemodelan genangan banjir. Curah hujan merupakan jumlah air dalam periode tertentu baik harian, mingguan, bulanan, atau tahunan yang jatuh ke tanah datar dan diukur dalam satuan milimeter (mm) (Laila & Setyawan, 2020). Metode yang digunakan dalam analisis hidrologi penelitian ini adalah metode rata-rata aljabar. Pemilihan metode rata-rata aljabar berdasarkan pada jumlah pos penakar hujan, luas DAS, dan topografi DAS. Berikut merupakan tabel pemilihan metode analisis hujan rata-rata pada penelitian ini:

Tabel 4.1 Pemilihan Metode Analisis Hujan Rata-rata

Keterangan	Persyaratan	Realisasi	Metode
Jumlah pos penakar hujan	Cukup	5 Pos	Metode isohyet, metode Thiessen, atau metode rata-rata aljabar
Luas DAS	DAS kecil (<500 km ²)	14,230 km ²	Metode rata-rata aljabar
Topografi DAS	Dataran	Dataran	Metode Thiessen

Sumber: Suripin, 2004

Metode rata-rata aljabar merupakan hasil pembagian jumlah curah hujan yang tercatat di stasiun hujan dengan banyaknya pos penakar hujan seperti pada persamaan 3.1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan 10 tahun dimulai dari tahun 2013-2022 yang bersumber dari stasiun hujan ketegan, stasiun hujan pertapaan, stasiun hujan Krikilan, stasiun hujan Krian, dan stasiun hujan Ponokawan.



PRODI TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
 SURABATA

Skala: 1:57,569
 0 360 720 1,440 2,160 2,880
 M



Datum : World Geodetic System 1984
 System Grid : Geografi - Interval 50 Minutes
 Proyeksi : WGS 1984 UTM Zona 49S

Keterangan Peta:

-  Sungai Buntung
-  Batas Kecamatan Waru
-  Stasiun Ketegan
-  Stasiun Krian
-  Stasiun Krikilan
-  Stasiun Pertapaan
-  Stasiun Ponokawan

Peta Situasi



Gambar 4.1 Nomor Halaman
 Peta Stasiun Hujan 68

Nama dan Tahun Pembuatan Peta:

Nama Peta : Peta Stasiun Hujan
 Nama Pembuat : A. Fadhil L. Daeng Maro
 Tahun Pembuatan : 2023

Dilakukan perhitungan hujan rata-rata dengan menggunakan rata-rata aljabar sebagai metodenya dan data curah hujan sebagai data perhitungannya. Berikut merupakan contoh perhitungan curah hujan rata-rata harian pada tanggal 10 Desember 2013:

$$P = \frac{P_{\text{Ketegan}} + P_{\text{Pertapaan}} + P_{\text{Krikilan}} + P_{\text{Krian}} + P_{\text{Ponokawan}}}{n}$$

$$P = \frac{110 + 109 + 68 + 19 + 57}{5}$$

$$P = 72.6 \text{ mm}$$

Perhitungan curah hujan harian dilakukan pada setiap stasiun hujan dan dipilih curah hujan harian rata-rata tertinggi pada setiap tahun. Berikut merupakan tabel curah hujan maksimum harian rata-rata:

Tabel 4.2 Rekap Curah Hujan Maksimum Harian Rata Rata

Tahun	Tanggal	Stasiun Hujan					Rerata (mm)	Max (mm)
		Ketegan	Pertapaan	Krikilan	Krian	Ponokawan		
	1	2	3	4	5	6	7=(2+3+4+5+6)/5	8
2013	10-Des-13	110,0	109,0	68,0	19,0	57,0	72,6	108,5
	06-Jun-13	60,0	128,3	102,0	127,0	125,0	108,5	
	06-Jun-13	60,0	128,3	102,0	127,0	125,0	108,5	
	06-Jun-13	60,0	128,3	102,0	127,0	125,0	108,5	
	06-Jun-13	60,0	128,3	102,0	127,0	125,0	108,5	
2014	19-Des-14	125,0	35,0	5,0	58,0	54,5	55,5	70,6
	17-Jun-14	110,0	126,0	0,0	56,0	61,0	70,6	
	16-Des-14	4,0	0,0	34,0	14,0	0,0	10,4	
	17-Des-14	3,0	32,0	5,0	72,0	58,0	34,0	
	09-Apr-14	40,0	67,0	8,0	66,0	69,0	50,0	
2015	07-Des-15	100,0	0,0	22,0	55,0	50,0	45,4	79,1
	22-Feb-15	0,0	110,0	37,0	48,5	46,0	48,3	
	26-Mar-15	3,0	37,0	90,0	26,0	41,5	39,5	
	20-Jan-15	75,0	71,0	64,0	103,0	82,5	79,1	
	20-Jan-15	75,0	71,0	64,0	103,0	82,5	79,1	
2016	10-Okt-16	165,0	153,0	59,0	122,0	124,0	124,6	124,6
	10-Okt-16	165,0	153,0	59,0	122,0	124,0	124,6	
	12-Mar-16	50,0	111,0	106,0	89,0	62,0	83,6	
	10-Okt-16	165,0	153,0	59,0	122,0	124,0	124,6	
	10-Okt-16	165,0	153,0	59,0	122,0	124,0	124,6	

Tahun	Tanggal	Stasiun Hujan					Rerata	Max
		Ketegan	Pertapaan	Krikilan	Krian	Ponokawan	(mm)	(mm)
	1	2	3	4	5	6	$7=(2+3+4+5+6)/5$	8
2017	25-Nov-17	120,0	33,0	47,0	68,0	59,0	65,4	65,4
	10-Feb-17	0,0	72,0	0,0	0,0	0,0	14,4	
	26-Mar-17	0,0	0,0	77,0	0,0	0,0	15,4	
	22-Jan-17	30,0	50,0	66,0	98,0	74,0	63,6	
	22-Jan-17	30,0	50,0	66,0	98,0	74,0	63,6	
2018	15-Dec-18	110,0	4,0	45,0	28,0	19,0	41,2	49,4
	08-Nov-18	0,0	84,0	14,0	51,0	98,0	49,4	
	23-Feb-18	44,0	17,0	57,0	30,0	27,0	35,0	
	26-Nov-18	35,0	32,0	51,0	75,0	29,0	44,4	
	16-Feb-18	68,0	46,0	0,0	52,0	611,0	155,4	
2019	17-Jan-19	80,0	29,0	9,9	42,0	51,0	42,4	53,1
	08-Jan-19	23,0	79,0	13,6	54,0	46,0	43,1	
	17-Mar-19	20,0	72,0	18,3	68,0	87,0	53,1	
	06-Mar-19	10,0	17,0	11,8	96,0	48,0	36,6	
	16-Feb-19	45,0	36,0	15,3	48,0	94,0	47,7	
2020	17-Jan-20	80,0	11,0	16,0	0,0	5,0	22,4	69,8
	06-Dec-20	0,0	102,0	6,0	66,0	51,0	45,0	
	28-Dec-20	55,0	85,0	59,0	75,0	75,0	69,8	
	28-Dec-20	55,0	85,0	59,0	75,0	75,0	69,8	
	28-Dec-20	55,0	85,0	59,0	75,0	75,0	69,8	
2021	08-Jan-21	107,0	46,0	45,0	34,0	52,0	56,8	66,2
	05-Nov-21	30,0	116,0	46,0	66,0	73,0	66,2	
	09-Dec-21	15,0	32,0	63,0	35,0	26,0	34,2	
	15-Feb-21	0,0	34,0	51,0	113,0	78,0	55,2	
	15-Feb-21	0,0	34,0	51,0	113,0	78,0	55,2	
2022	11-Mar-22	93,0	72,0	54,0	61,0	49,0	65,8	65,8
	05-Mar-22	75,0	78,0	39,0	4,0	5,0	40,2	
	20-Apr-22	16,0	15,0	76,0	18,0	19,0	28,8	
	15-Feb-22	0,0	0,0	0,0	69,0	0,0	13,8	
	22-Apr-22	4,0	45,0	23,0	40,0	69,0	36,2	

Sumber: Perhitungan, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.2** diperoleh bahwa nilai curah hujan maksimum tertinggi adalah sebesar 124,6 mm pada tahun 2016. Nilai curah hujan harian maksimum terendah adalah sebesar 49,4 mm pada tahun 2018.

4.1.2 Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Tujuan analisis frekuensi dan peobabilitas adalah untuk mengetahui besaran peristiwa yang berkaitan dengan frekuensi kejadian melalui penerapan distribusi kemungkinan (Suripin, 2004). Jenis distribusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah distribusi normal, distribusi log normal, distribusi log person III, dan distribusi gumbel. Berikut merupakan analisis frekuensi dan probabilitas:

a. Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel

Analisis frekuensi untuk distribusi normal dan distribusi gumbel dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Analisis Frekuensi untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel

No	Tahun	X (mm)	$(X-\bar{X})$	$(X-\bar{X})^2$	$(X-\bar{X})^3$	$(X-\bar{X})^4$
	1	2	3	4=3 ²	5=3 ³	6=3 ⁴
1	2013	108,46	33,22	1103,48	36656,16	1217669,15
2	2014	70,60	-4,64	21,54	-99,98	464,05
3	2015	79,10	3,86	14,89	57,45	221,69
4	2016	124,60	49,36	2436,28	120251,50	5935455,12
5	2017	65,40	-9,84	96,85	-953,15	9380,24
6	2018	49,40	-25,84	667,77	-17256,16	445922,11
7	2019	53,05	-22,19	492,31	-10923,45	242370,40
8	2020	69,80	-5,44	29,61	-161,11	876,63
9	2021	66,20	-9,04	81,75	-739,09	6682,33
10	2022	65,80	-9,44	89,14	-841,59	7945,69
	Σ	752,41	Σ	5033,62	125990,60	7866987,42
	\bar{X}	75,24	\bar{X}	503,36	12599,06	786698,74

Sumber: Perhitungan, 2023

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa total dari nilai hujan maksimum harian rata-rata adalah sebesar 752,41 mm dan nilai rata-rata (*mean*) dari data hujan maksimum harian rata-rata adalah sebesar 75,24 mm. Nilai dari $(X-\bar{X})^2$, $(X-\bar{X})^3$, dan $(X-\bar{X})^4$ merupakan nilai yang akan digunakan dalam perhitungan parameter statistik untuk distribusi normal dan distribusi

gumbel seperti standar deviasi, koefisien variasi, koefisien kemencengan, dan koefisien ketajaman. Adapun perhitungan parameter statistik untuk distribusi normal dan distribusi gumbel adalah sebagai berikut:

- 1) Nilai Rata-rata (*Mean*)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{752,41 \text{ mm}}{10}$$

$$\bar{X} = 75,24 \text{ mm}$$

- 2) Standar Deviasi (*Standart Deviation*)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{5033,62 \text{ mm}}{10 - 1}}$$

$$S = 23,64 \text{ mm}$$

- 3) Koefisien Variasi (*Coefficien of Variation*)

$$CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

$$CV = \frac{23,64}{75,24}$$

$$CV = 0,31$$

- 4) Koefisien Kemencengan (*Coefficien of Sweekness*)

$$Cs = \frac{\sum(X - \bar{X})^3 n}{(n - 1)(n - 2)S^3}$$

$$Cs = \frac{125990,60 \times 10}{(10 - 1)(10 - 2) \times 23,64^3}$$

$$Cs = 1,32$$

- 5) Koefisien Ketajaman (*Coefficien of Kurtosis*)

$$Ck = \frac{\sum(X - \bar{X})^4 n^2}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)S^4}$$

$$Ck = \frac{7866987,42 \times 10^2}{(10 - 1)(10 - 2)(10 - 3) \times 23,64^4}$$

$$Ck = 4,99$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka diketahui bahwa nilai rata-rata adalah sebesar 75,24 mm, nilai standar deviasi adalah sebesar 23,64 mm, nilai koefisien variasi adalah sebesar 0,31, nilai koefisien kemendengan adalah sebesar 1,32, dan nilai kefisien ketajaman adalah sebesar 4,99.

b. Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Person III

Analisis frekuensi untuk distribusi log normal dan distribusi log person III dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Analisis Frekuensi untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Person III

No	Tahun	X	Log X	Log X-Log \bar{X}	(Log X-Log \bar{X}) ²	(Log X-Log \bar{X}) ³	(Log X-Log \bar{X}) ⁴
		(mm)	3=log2	4	5=4 ²	6=4 ³	7=4 ⁴
1	2013	108.46	2.04	0.18	0.030905	0.005433	17.158834
2	2014	70.60	1.85	-0.01	0.000114	-0.000001	11.683263
3	2015	79.10	1.90	0.04	0.001498	0.000058	12.982142
4	2016	124.60	2.10	0.24	0.055718	0.013152	19.282601
5	2017	65.40	1.82	-0.04	0.001927	-0.000085	10.865742
6	2018	49.40	1.69	-0.17	0.027472	-0.004553	8.229503
7	2019	53.05	1.72	-0.13	0.018160	-0.002447	8.848430
8	2020	69.80	1.84	-0.02	0.000244	-0.000004	11.558659
9	2021	66.20	1.82	-0.04	0.001491	-0.000058	10.992698
10	2022	65.80	1.82	-0.04	0.001701	-0.000070	10.929275
		Σ	18.59	Σ	0.139229	0.011425	122.531148
		Log \bar{X}	1.86	\bar{X}	0.013923	0.001142	12.253115

Sumber: Perhitungan, 2023

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa total dari nilai hujan maksimum harian rata-rata yang telah dilogartimkan adalah sebesar 18,59 mm dan nilai rata-rata (*mean*) dari data hujan maksimum harian rata-rata yang telah dilogartimkan adalah sebesar 1,86 mm. Nilai dari (Log X-Log \bar{X})², (Log X-Log \bar{X})³, (Log X-Log \bar{X})⁴ merupakan nilai yang akan digunakan dalam pehitungan parameter statistik untuk distribusi log normal dan distribusi log person III seperti standar deviasi, koefisien variasi, koefisien kemencengan, dan koefisien ketajaman. Adapun perhitungan parameter statistik untuk distribusi log normal dan distribusi log person III adalah sebagai berikut:

- 1) Nilai Rata-rata (*Mean*)

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum \text{Log } X}{n}$$

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{18.59 \text{ mm}}{10}$$

$$\overline{\text{Log } X} = 1.86 \text{ mm}$$

- 2) Standar Deviasi (*Standart Deviation*)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X - \overline{\text{Log } X})^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{0.139229 \text{ mm}}{10 - 1}}$$

$$S = 0,12 \text{ mm}$$

- 3) Koefisien Variasi (*Coefficien of Variation*)

$$CV = \frac{S}{\overline{\text{Log } X}}$$

$$CV = \frac{23,64}{1.86}$$

$$CV = 0,07$$

- 4) Koefisien Kemencengan (*Coefficien of Sweekness*)

$$Cs = \frac{\sum (\text{Log } X - \overline{\text{Log } X})^3 n}{(n - 1)(n - 2)S^3}$$

$$Cs = \frac{0.011425 \times 10}{(10 - 1)(10 - 2) \times 0,12^3}$$

$$Cs = 0,8$$

- 5) Koefisien Ketajaman (*Coefficien of Kurtosis*)

$$Ck = \frac{\sum (\text{Log } X - \overline{\text{Log } X})^4 n^2}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)S^4}$$

$$Ck = \frac{122.531148 \times 10^2}{(10 - 1)(10 - 2)(10 - 3) \times 0,12^4}$$

$$Ck = 101587.89$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka diketahui bahwa nilai rata-rata adalah sebesar 1,86 mm , nilai standar deviasi adalah sebesar 0,12 mm, nilai koefisien variasi adalah sebesar 0,07 , nilai koefisien kemendengaran adalah sebesar 0,8, dan nilai kefisien ketajaman adalah sebesar 101587.89.

4.1.3 Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi bertujuan untuk mengetahui kecocokan distribusi frekuensi curah hujan terhadap distribusi peluang curah hujan. Uji kecocokan distribusi dapat menggambarkan jenis distribusi yang sesuai (Suripin, 2004). Pengujian kecocokan distribusi yang digunakan adalah Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorof. Berikut merupakan perhitungan uji kecocokan distribusi dengan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorof.

1. Uji Chi-Kuadrat

Terdapat beberapa data yang dibutuhkan dalam perhitungan Uji Chi-Kuadrat. Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan:

- a. Data curah hujan diurutkan dari yang terbesar ke yang terkecil

Tabel 4.5 Curah Hujan yang Telah Diurutkan

No	X
1	124,60
2	108,46
3	79,10
4	70,60
5	69,80
6	66,20
7	65,80
8	65,40
9	53,05
10	49,40

Sumber: Perhitungan, 2023

- b. Jumlah Kelas (G)

$$G = 1 + 3,3 \text{ Log } n$$

$$G = 1 + 3,3 \text{ Log } 10$$

$$G = 4,3 \approx 4 \text{ Kelas}$$

c. Derajat Kebebasan (dk)

$$dk = G - R - 1$$

Nilai R=2 untuk distribusi normal dan bionormal, Nilai R=1 untuk distribusi poisson (Suripin, 2004)

$$dk = 4 - 2 - 1$$

$$dk = 1$$

d. Derajat Kepercayaan (α)

$$a = 5\%$$

Derajat kepercayaan 95% diterima

e. Nilai Kritis (X^2 Kritis)

Berdasarkan **Tabel 2.10** dengan nilai derajat kebebasan 1 dan nilai derajat kepercayaan 5% maka didapatkan nilai kritis sebesar 3,841

f. Kelas Distribusi

$$\text{Kelas Distribusi} = \frac{1}{G} \times 100\%$$

$$\text{Kelas Distribusi} = \frac{1}{4} \times 100\%$$

$$\text{Kelas Distribusi} = 25\%$$

Dari perhitungan kelas distribusi didapatkan interval distribusi sebesar 25%, 50%, dan 75%

g. Probabilitas untuk Periode Ulang

$$\text{Probabilitas untuk Periode Ulang} = \frac{1}{Px}$$

1) Nilai probabilitas untuk interval distribusi 25%:

$$25\% = \frac{1}{25\%}$$

$$25\% = 4 \text{ Tahun}$$

2) Nilai probabilitas untuk interval distribusi 50%:

$$50\% = \frac{1}{50\%}$$

$$50\% = 2 \text{ Tahun}$$

3) Nilai probabilitas untuk interval distribusi 75%:

$$75\% = \frac{1}{75\%}$$

$$75\% = 1,333 \text{ Tahun}$$

Tahapan selanjutnya adalah perhitungan Uji Chi Kuadrat pada masing masing distribusi yaitu distribusi normal, distribusi log normal, distribusi log person III, dan distribusi gumbel.

a. Distribusi Normal

Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan Uji Chi-Kuadrat dalam distribusi normal:

Jumlah Kelas (G)	:	4
Probabilitas untuk Periode Ulang	:	4,2, dan 1,333 tahun
Nilai Kritis (X^2 Kritis)	:	3,841
Standar Deviasi (S)	:	23,65
Nilai Rata-rata (\bar{X})	:	75,24

Data nilai faktor frekuensi (K_T) didapatkan dari **Tabel 2.4** yang disesuaikan dengan nilai periode ulang. Dilakukan perhitungan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang 4, 2, dan 1,333 tahun (X_T). Perhitungan nilai X_T dilakukan melalui persamaan 3.10. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai X_T pada periode ulang 4 tahun:

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S$$

$$X_T = 27,24 + 0,67 \cdot 23,65$$

$$X_T = 91,09 \text{ mm}$$

Perhitungan nilai-nilai yang diharapkan (X_T) dilakukan pada periode ulang 4, 2, dan 1,333 tahun. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan nilai X_T pada periode ulang 4, 2, dan 1,333 tahun:

Tabel 4.6 Nilai X_T Distribusi Normal

No	Tahun	\bar{X} (mm)	KT	S (mm)	X_T (mm)
1	4	75,24	0,67	23.65	91.09
2	2	75,24	0,00	23.65	75.24
3	1,333	75,24	-0,67	23.65	59.50

Sumber: Perhitungan, 2023

Selanjutnya dilakukan perhitungan frekuensi yang terjadi (O_i). Nilai rekuensi yang terjadi (O_i) didapatkan melalui **Tabel 4.5** sebagai data dan X_T sebagai batasan interval. Hasil perhitungan frekuensi yang terjadi (O_i) dapat dilihat pada **Tabel 4.7**:

Tabel 4.7 Nilai O_i Distribusi Normal

Kelas	Interval	O_i
1	>91,09	2
2	75,24-91,09	1
3	59,50-75,24	5
4	<59,50	2
Jumlah		10

Sumber: Perhitungan, 2023

Dilakukan perhitungan nilai frekuensi yang diharapkan (E_i). Nilai frekuensi yang diharapkan (E_i) didapatkan melalui pembagian antara jumlah data dengan jumlah kelas. Berikut merupakan perhitungan nilai frekuensi yang diharapkan (E_i):

$$E_i = \frac{n}{G}$$

$$E_i = \frac{10}{4}$$

$$E_i = 2,5$$

Berdasarkan hasil nilai frekuensi yang terjadi (O_i) dan frekuensi yang diharapkan (E_i) selanjutnya dilakukan perhitungan nilai X^2 . Nilai didapatkan dari total nilai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.22. Berikut merupakan contoh perhitungannya pada kelas interval 1:

$$\begin{aligned}
&= \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \\
&= \frac{(2 - 2,5)^2}{2,5} \\
&= \frac{0,25}{2,5} \\
&= 0,1
\end{aligned}$$

Dilakukan perhitungan pada kelas interval 1 sampai 4 dan dilakukan penjumlahan untuk mendapatkan nilai X^2 . Nilai X^2 . dapat dilihat pada **Tabel 4.8**

Tabel 4.8 Nilai X^2 Distribusi Normal

Kelas	Interval	Ei	Oi	Oi-Ei	(Oi-Ei) ²	(Oi-Ei) ² / Ei
1	>91,09	2,5	2	-0,5	0,25	0,1
2	75,24-91,09	2,5	1	-1,5	2,25	0,9
3	59,50-75,24	2,5	5	2,5	6,25	2,5
4	<59,50	2,5	2	-0,5	0,25	0,1
Jumlah		10	10		X²	3,6

Sumber: Perhitungan, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.8** diketahui nilai X^2 adalah sebesar 3,6. Dapat disimpulkan bahwa distribusi normal dapat diterima karena nilai X^2 lebih kecil dari nilai X^2 Kritis ($3,6 < 3,843$).

b. Distribusi Log Normal

Perhitungan chi kuadrat untuk log normal memiliki tahapan yang sama seperti perhitungan distribusi normal. Perbedaannya adalah data pada log normal terlebih dahulu di logaritman (Agustriyanto dkk., 2020). Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan Uji Chi-Kuadrat dalam distribusi log normal:

- Jumlah Kelas (G) : 4
- Probabilitas untuk Periode Ulang : 4,2, dan 1,333 tahun
- Nilai Kritis (X^2 Kritis) : 3,841
- Standar Deviasi (S) : 0,12
- Nilai Rata-rata ($\overline{\text{Log } Y}$) : 1,86

Data nilai faktor frekuensi (K_T) didapatkan dari **Tabel 2.4** yang disesuaikan dengan nilai periode ulang. Dilakukan perhitungan nilai yang diharapkan terjadi dalam periode ulang 4, 2, dan 1,333 tahun ($\text{Log } Y_T$). Perhitungan nilai $\text{Log } Y_T$ dilakukan melalui persamaan 3.12. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai $\text{Log } Y_T$ pada periode ulang 4 tahun:

$$\text{Log } Y_T = \overline{\text{Log } \bar{Y}} + K_T \cdot S$$

$$\text{Log } Y_T = 1,86 + 0,67 \cdot 0,12$$

$$\text{Log } Y_T = 1,94$$

$$Y_T = 87,66 \text{ mm}$$

Perhitungan nilai-nilai yang diharapkan ($\text{Log } Y_T$) dilakukan pada periode ulang 4, 2, dan 1,333 tahun. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan nilai $\text{Log } Y_T$ pada periode ulang 4, 2, dan 1,333 tahun:

Tabel 4.9 Nilai $\text{Log } Y_T$ Distribusi Log Normal

No	Tahun	$\overline{\text{Log } \bar{Y}}$ (mm)	KT	S (mm)	Log Y_T	Y_T (mm)
1	4	1,86	0,67	0,12	1,94	87,66
2	2	1,86	0,00	0,12	1,86	72,36
3	1,333	1,86	-0,67	0,12	1,78	59,80

Sumber: Perhitungan, 2023

Selanjutnya dilakukan perhitungan frekuensi yang terjadi (O_i). Nilai rekuensi yang terjadi (O_i) didapatkan melalui **Tabel 4.5** sebagai data dan X_T sebagai batasan interval. Hasil perhitungan frekuensi yang terjadi (O_i) dapat dilihat pada **Tabel 4.10**:

Tabel 4.10 Nilai O_i Distribusi Log Normal

Kelas	Interval	O_i
1	>87,66	2
2	72,36-87,66	1
3	59,80-72,36	5
4	<59,80	2
Jumlah		10

Sumber: Perhitungan, 2023

Dilakukan perhitungan nilai frekuensi yang diharapkan (E_i). Nilai frekuensi yang diharapkan (E_i) didapatkan melalui pembagian antara jumlah data dengan jumlah kelas. Berikut merupakan perhitungan nilai frekuensi yang diharapkan (E_i):

$$E_i = \frac{n}{G}$$

$$E_i = \frac{10}{4}$$

$$E_i = 2,5$$

Berdasarkan hasil nilai frekuensi yang terjadi (O_i) dan frekuensi yang diharapkan (E_i) selanjutnya dilakukan perhitungan nilai X^2 . Nilai didapatkan dari total nilai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.22. Berikut merupakan contoh perhitungannya pada kelas interval 1:

$$\begin{aligned} &= \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \\ &= \frac{(2 - 2,5)^2}{2,5} \\ &= \frac{0,25}{2,5} \\ &= 0,1 \end{aligned}$$

Dilakukan perhitungan pada kelas interval 1 sampai 4 dan dilakukan penjumlahan untuk mendapatkan nilai X^2 . Nilai X^2 dapat dilihat pada **Tabel 4.11**:

Tabel 4.11 Nilai X^2 Distribusi Log Normal

Kelas	Interval	E_i	O_i	$O_i - E_i$	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
1	>87,66	2,5	2	-0,5	0,25	0,1
2	72,36-87,66	2,5	1	-1,5	2,25	0,9
3	59,80-72,36	2,5	5	2,5	6,25	2,5
4	<59,80	2,5	2	-0,5	0,25	0,1
Jumlah		10	10		X^2	3,6

Sumber: Perhitungan, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.11** diketahui nilai X^2 adalah 3,6. Dapat disimpulkan bahwa distribusi log normal dapat diterima karena nilai X^2 lebih kecil dari nilai X^2 Kritis ($3,6 < 3,843$).

c. Distribusi Log Person III

Perhitungan chi kuadrat untuk log person III merupakan bentuk yang bersumber dari person tipe III yang menggunakan variat menjadi nilai logaritmik (Agustriyanto dkk., 2020). Log person III memiliki tahapan yang sama seperti perhitungan distribusi log normal. Perbedaannya terletak pada nilai faktor frekuensi (K). Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan Uji Chi-Kuadrat dalam distribusi log person III:

Jumlah Kelas (G)	: 4
Probabilitas untuk Periode Ulang	: 4,2, dan 1,333 tahun
Nilai Kritis (X^2 Kritis)	: 3,841
Standar Deviasi (S)	: 0,12
Nilai Rata-rata ($\overline{\text{Log X}}$)	: 1,86
Koefisien Kemencengan (Cs)	: 0,8

Nilai faktor frekuensi (K) didapatkan dari **Tabel 2.6** yang disesuaikan dengan nilai koefisien kemencengan dan periode ulang. Dilakukan perhitungan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang 4, 2, dan 1,333 tahun ($\text{Log } X_T$). Perhitungan nilai $\text{Log } X_T$ dilakukan melalui persamaan 3.14. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai $\text{Log } X_T$ pada periode ulang 4 tahun:

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log X}} + K \cdot S$$

$$\text{Log } X_T = 1,86 + 0,476 \cdot 0,12$$

$$\text{Log } X_T = 1,92$$

$$X_T = 82,92 \text{ mm}$$

Perhitungan nilai-nilai yang diharapkan ($\text{Log } X_T$) dilakukan pada periode ulang 4, 2, dan 1,333 tahun. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan nilai $\text{Log } X_T$ pada periode ulang 4, 2, dan 1,333 tahun:

Tabel 4.12 Nilai Log X_T Distribusi Log Person Tipe III

No	Tahun	$\overline{\text{Log } X}$ (mm)	K_T	S (mm)	Log X_T	X_T (mm)
1	4	1,86	0,476	0,12	1,92	82,92
2	2	1,86	-0,132	0,12	1,84	69,67
3	1,333	1,86	-0,776	0,12	1,76	57,94

Sumber: Perhitungan, 2023

Selanjutnya dilakukan perhitungan frekuensi yang terjadi (O_i). Nilai rekuensi yang terjadi (O_i) didapatkan melalui **Tabel 4.5** sebagai data dan X_T sebagai batasan interval. Hasil perhitungan frekuensi yang terjadi (O_i) dapat dilihat pada **Tabel 4.13**:

Tabel 4.13 Nilai O_i Distribusi Log Person Tipe III

Kelas	Interval	O_i
1	>82,9	2
2	69,67-82,92	3
3	57,94-69,67	3
4	< 57,94	2
Jumlah		10

Sumber: Perhitungan, 2023

Dilakukan perhitungan nilai frekuensi yang diharapkan (E_i). Nilai frekuensi yang diharapkan (E_i) didapatkan melalui pembagian antara jumlah data dengan jumlah kelas. Berikut merupakan perhitungan nilai frekuensi yang diharapkan (E_i):

$$E_i = \frac{n}{G}$$

$$E_i = \frac{10}{4}$$

$$E_i = 2,5$$

Berdasarkan hasil nilai frekuensi yang terjadi (O_i) dan frekuensi yang diharapkan (E_i) selanjutnya dilakukan perhitungan nilai X^2 . Nilai didapatkan dari total nilai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.22. Berikut merupakan contoh perhitungannya pada kelas interval 1:

$$\begin{aligned}
&= \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \\
&= \frac{(2 - 2,5)^2}{2,5} \\
&= \frac{0,25}{2,5} \\
&= 0,1
\end{aligned}$$

Dilakukan perhitungan pada kelas interval 1 sampai 4 dan dilakukan penjumlahan untuk mendapatkan nilai X^2 . Nilai X^2 . dapat dilihat pada **Tabel 4.14**:

Tabel 4.14 Nilai X^2 Distribusi Log Person Tipe III

Kelas	Interval	Ei	Oi	Oi-Ei	(Oi-Ei) ²	(Oi-Ei) ² / Ei
1	>87,7	2,5	2	-0,5	0.25	0.1
2	72,36-87,66	2,5	3	0,5	0.25	0.1
3	59,80-72,36	2,5	3	0,5	0.25	0.1
4	<59,80	2,5	2	-0,5	0.25	0.1
Jumlah		10	10		X²	0,4

Sumber: Perhitungan, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.14** diketahui nilai X^2 adalah 0,4. Dapat disimpulkan bahwa distribusi log person III dapat diterima karena nilai X^2 lebih kecil dari nilai X^2 Kritis ($0,4 < 3,843$).

d. Distribusi Gumbel

Perhitungan nilai yang diharapkan terjadi dalam periode ulang 4, 2, dan 1,333 tahun (X_{Tr}) diawali dengan pencarian nilai *reduced mean* (Y_n), *reduced standart deviation* (S_n), dan *reduced variate* (Y_{Tr}). Nilai *reduced mean* (Y_n) didapatkan dari **Tabel 2.7** yang disesuaikan dengan jumlah data. Nilai *reduced standart deviation* (S_n) didapatkan dari **Tabel 2.8** yang disesuaikan dengan jumlah data. Nilai *reduced variate* (Y_{Tr}) didapatkan berdasarkan **Tabel 2.9** atau persamaan 3.18.

Berikut merupakan contoh perhitungan nilai *reduced variate* (Y_{Tr}) pada periode ulang 4 tahun:

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\}$$

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

$$Y_{Tr} = 1,25$$

Perhitungan nilai *reduced variate* (Y_{Tr}) dilakukan pada periode ulang 4, 2, dan 1,333 tahun. Didapatkan nilai *reduced variate* (Y_{Tr}) untuk periode ulang 4 tahun adalah 1,25, nilai *reduced variate* (Y_{Tr}) untuk periode ulang 2 tahun adalah 0,37, dan nilai *reduced variate* (Y_{Tr}) untuk periode ulang 1,333 tahun adalah -0,33.

Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan Uji Chi-Kuadrat dalam distribusi gumbel:

Jumlah Kelas (G)	: 4
Jumlah Data (N)	: 10
Probabilitas untuk Periode Ulang	: 4,2 dan 1,333 tahun
Nilai Kritis (X^2_{Kritis})	: 3,841
Standar Deviasi (S)	: 23,65
Nilai Rata-rata (\bar{X})	: 75,24
<i>Reduced Mean</i> (Y_n),	: 0,4952
<i>Reduced Standart Deviation</i> (S_n),	: 0,9496

Dilakukan perhitungan nilai yang diharapkan terjadi dalam periode ulang 4, 2, dan 1,333 tahun (X_{Tr}). Perhitungan nilai X_{Tr} dilakukan melalui persamaan 3.15. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai X_{Tr} pada periode ulang 4 tahun:

Mencari nilai a:

$$a = \frac{S_n}{S}$$

$$a = \frac{0,9496}{23,65}$$

$$a = 0,04$$

Mencari nilai b:

$$b = \bar{X} - \frac{Y_n S}{S_n}$$

$$b = 75,24 - \frac{0,4952 \cdot 23,65}{0,9496}$$

$$b = 62,91$$

Mencari nilai X_{Tr} :

$$X_{Tr} = b + \frac{1}{a} Y_{Tr}$$

$$X_{Tr} = 62,91 + \frac{1}{0,04} 1,25$$

$$X_{Tr} = 93,94 \text{ mm}$$

Perhitungan nilai-nilai yang diharapkan (X_{Tr}) dilakukan pada periode ulang 4, 2, dan 1,333 tahun. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan nilai X_{Tr} pada periode ulang 4, 2, dan 1,333 tahun:

Tabel 4.15 Nilai X_{Tr} Distribusi Gumbel

No	Tahun	\bar{X} (mm)	S (mm)	Yn	Sn	YTr	a	b	X_{Tr} (mm)
1	4	75,24	23,649	0,4952	0,9496	1,25	0,04	62,91	93,94
2	2	75,24	23,649	0,4952	0,9496	0,37	0,04	62,91	72,04
3	1,333	75,24	23,649	0,4952	0,9496	-0,33	0,04	62,91	54,77

Sumber: Perhitungan, 2023

Selanjutnya dilakukan perhitungan frekuensi yang terjadi (O_i). Nilai rekuensi yang terjadi (O_i) didapatkan melalui **Tabel 4.5** sebagai data dan X_T sebagai batasan interval. Hasil perhitungan frekuensi yang terjadi (O_i) dapat dilihat pada **Tabel 4.16**:

Tabel 4.16 Nilai O_i Distribusi Gumbel

Kelas	Interval	O_i
1	>93,9	2
2	72,04-93,94	1
3	54,77-72,04	5
4	< 54,77	2
Jumlah		10

Sumber: Perhitungan, 2023

Dilakukan perhitungan nilai frekuensi yang diharapkan (E_i). Nilai frekuensi yang diharapkan (E_i) didapatkan melalui pembagian antara jumlah data dengan jumlah kelas. Berikut merupakan perhitungan nilai frekuensi yang diharapkan (E_i):

$$E_i = \frac{n}{G}$$

$$E_i = \frac{10}{4}$$

$$E_i = 2,5$$

Berdasarkan hasil nilai frekuensi yang terjadi (O_i) dan frekuensi yang diharapkan (E_i) selanjutnya dilakukan perhitungan nilai X^2 . Nilai didapatkan dari total nilai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.22. Berikut merupakan contoh perhitungannya pada kelas interval 1:

$$\begin{aligned} &= \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \\ &= \frac{(2 - 2,5)^2}{2,5} \\ &= \frac{0,25}{2,5} \\ &= 0,1 \end{aligned}$$

Dilakukan perhitungan pada kelas interval 1 sampai 4 dan dilakukan penjumlahan untuk mendapatkan nilai X^2 . Nilai X^2 dapat dilihat pada **Tabel 4.17**:

Tabel 4.17 Nilai X^2 Distribusi Gumbel

Kelas	Interval	E_i	O_i	$O_i - E_i$	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
1	>93.9	2,5	2	-0,5	0,25	0,1
2	72.04-93.94	2,5	1	-1,5	2,25	0,9
3	54.77-72.04	2,5	5	2,5	6,25	2,5
4	< 54.77	2,5	2	-0,5	0,25	0,1
Jumlah		10	10		X^2	3,6

Sumber: Perhitungan, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.17** diketahui nilai X^2 adalah 3,6. Dapat disimpulkan bahwa distribusi gumbel dapat diterima karena nilai X^2 lebih kecil dari nilai X^2 Kritis ($3,6 < 3,843$).

2. Uji Smirnov Kolmogorov

Terdapat beberapa data yang dibutuhkan dalam perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov. Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan:

- a. Data diurutkan dari yang terbesar ke yang terkecil

Tabel 4.18 Curah Hujan yang Telah Diurutkan

No	X
1	124,60
2	108,46
3	79,10
4	70,60
5	69,80
6	66,20
7	65,80
8	65,40
9	53,05
10	49,40

Sumber: Perhitungan, 2023

- h. Derajat Kepercayaan (α)

$$\alpha = 5\%$$

Derajat kepercayaan 95% diterima

- i. Nilai Kritis (ΔP kritis)

Berdasarkan **Tabel 2.11** dengan nilai jumlah data (N) adalah 10 dan nilai derajat kepercayaan 5% maka didapatkan nilai kritis sebesar 0,41.

Tahapan selanjutnya adalah perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov pada masing masing distribusi yaitu distribusi normal, distribusi log normal, distribusi person, dan distribusi gumbel.

- a. Distribusi Normal

Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov dalam distribusi normal:

$$\text{Standar Deviasi (S)} : 23,65$$

$$\text{Nilai Rata-rata } (\bar{X}) : 75,24$$

$$\Delta P \text{ kritis} : 0,41$$

Perhitungan pada uji smirnov kolmogorov distribusi normal diawali dari perhitungan nilai peluang. Perhitungan nilai peluang dilakukan menggunakan persamaan 3.20. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai peluang pada nomor urut 1:

$$P = \frac{m}{n + 1}$$

$$P = \frac{1}{10 + 1}$$

$$P = 0,09$$

Perhitungan nilai peluang dilakukan pada nilai nomor urut 1 sampai 10. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan nilai peluang pada nilai nomor urut 1 sampai 10:

Tabel 4.19 Nilai Pelung Distrbusi Normal

No	X		P(X)
	1	2=m/n+1	
1	124,60	0,09	
2	108,46	0,18	
3	79,10	0,27	
4	70,60	0,36	
5	69,80	0,45	
6	66,20	0,55	
7	65,80	0,64	
8	65,40	0,73	
9	53,05	0,82	
10	49,40	0,91	

Sumber: Perhitungan, 2023

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai f(t). Nilai f(t) didapatkan melalui persamaan 3.11. Berikut merupakan perhitungan nilai f(t) pada nomor urut 1:

$$K_T = f(t) = \frac{X_T - \bar{X}}{S}$$

$$f(t) = \frac{124,60 - 75,24}{23,65}$$

$$f(t) = 2,09$$

Dilakukan perhitungan nilai peluang teoritis ($P'(X)$). Nilai peluang teoritis dihitung melalui pengurangan angka satu dengan luas kurva normal pada **Tabel 2.5** yang disesuaikan dengan nilai $f(t)$. Berikut merupakan perhitungan nilai peluang teoritis ($P'(X)$) pada nomor urut 1:

$$P'(X) = 1 - \text{Luas Kurva Normal}$$

$$P'(X) = 1 - 0,9817$$

$$P'(X) = 0,02$$

Perhitungan nilai peluang teoritis ($P'(X)$) dilakukan pada nilai nomor urut 1 sampai 10. Hasil perhitungan peluang teoritis pada nomor urut 1 sampai 10 dapat dilihat pada **Tabel 4.20**.

Tabel 4.20 Nilai Peluang Teoritis pada Distribusi Normal

No	X	P(X)	f(t)	Luas Kurva Normal	P'(X)
	1	2=m/n+1	3=Xt-X/S	4	5=1-4
1	124,60	0,09	2,09	0,9817	0,02
2	108,46	0,18	1,40	0,9192	0,08
3	79,10	0,27	0,16	0,5636	0,44
4	70,60	0,36	-0,20	0,4207	0,58
5	69,80	0,45	-0,23	0,409	0,59
6	66,20	0,55	-0,38	0,352	0,65
7	65,80	0,64	-0,40	0,3446	0,66
8	65,40	0,73	-0,42	0,3372	0,66
9	53,05	0,82	-0,94	0,1736	0,83
10	49,40	0,91	-1,09	0,1379	0,86

Sumber: Perhitungan, 2023

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai ΔP . Nilai ΔP didapatkan melalui pengurangan antara nilai peluang teoritis dan nilai peluang.

Berikut merupakan perhitungan nilai ΔP pada nomor urut 1:

$$\Delta P = P'(X) - P(X)$$

$$\Delta P = 0,02 - 0,09$$

$$\Delta P = -0,07$$

Perhitungan nilai ΔP dilakukan pada nilai nomor urut 1 sampai 10. Hasil perhitungan ΔP pada nomor urut 1 sampai 10 dapat dilihat pada **Tabel 4.21**.

Tabel 4.21 Nilai ΔP pada Distribusi Normal

P(X)	P'(X)	ΔP
1	2	2-1
0,09	0,02	-0.07
0,18	0,08	-0.10
0,27	0,44	0.16
0,36	0,58	0.22
0,45	0,59	0.14
0,55	0,65	0.10
0,64	0,66	0.02
0,73	0,66	-0.06
0,82	0,83	0.01
0,91	0,86	-0.05

Sumber: Perhitungan, 2023

Nilai ΔP tertinggi berdasarkan **Tabel 4.21** adalah 0,22. Dapat disimpulkan bahwa distribusi normal dapat diterima karena nilai ΔP lebih kecil dari nilai ΔP Kritis ($0,22 < 0,41$).

b. Distribusi Log Normal

Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov dalam distribusi log normal:

Standar Deviasi (S)	:	0,12
Nilai Rata-rata ($\overline{\text{Log } Y}$)	:	1,86
ΔP kritis	:	0,41

Perhitungan pada uji smirnov kolmogorov distribusi log normal memiliki tahapan seperti distribusi normal. Pembedanya adalah data pada log normal terlebih dahulu di logaritmakan (Agustriyanto dkk., 2020). Data yang telah dilogaritmakan selanjutnya dilakukan perhitungan nilai peluang. Perhitungan nilai peluang dilakukan menggunakan persamaan 3.20. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai peluang pada nomor urut 1:

$$P = \frac{m}{n + 1}$$

$$P = \frac{1}{10 + 1}$$

$$P = 0,09$$

Perhitungan nilai peluang dilakukan pada nilai nomor urut 1 sampai 10. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan nilai peluang pada nilai nomor urut 1 sampai 10:

Tabel 4.22 Nilai Pelung Distrbusi Log Normal

No	Y	Log Y	P(Y)
	1	2	3=m/n+1
1	124,60	2,10	0.09
2	108,46	2,04	0.18
3	79,10	1,90	0.27
4	70,60	1,85	0.36
5	69,80	1,84	0.45
6	66,20	1,82	0.55
7	65,80	1,82	0.64
8	65,40	1,82	0.73
9	53,05	1,72	0.82
10	49,40	1,69	0.91

Sumber: Perhitungan, 2023

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai $f(t)$. Nilai $f(t)$ didapatkan melalui persamaan 3.13. Berikut merupakan perhitungan nilai $f(t)$ pada nomor urut 1:

$$K_T = f(t) = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S}$$

$$f(t) = \frac{2,10 - 1,86}{0,12}$$

$$f(t) = 1,90$$

Dilakukan perhitungan nilai peluang teoritis ($P'(X)$). Nilai peluang teoritis dihitung melalui pengurangan angka satu dengan luas kurva normal pada **Tabel 2.5** yang disesuaikan dengan nilai $f(t)$. Berikut merupakan perhitungan nilai peluang teoritis ($P'(X)$) pada nomor urut 1:

$$P'(X) = 1 - \text{Luas Kurva Normal}$$

$$P'(X) = 1 - 0,9713$$

$$P'(X) = 0,03$$

Perhitungan nilai peluang teoritis ($P'(X)$) dilakukan pada nilai nomor urut 1 sampai 10. Hasil perhitungan peluang teoritis pada nomor urut 1 sampa 10 dapat dilihat pada **Tabel 4.23**.

Tabel 4.23 Nilai Peluang Teoritis pada Distribusi Log Normal

No	Y	Log Y	P(Y)	f(t)	Luas Kurva Normal	P'(Y)
	1	2	3=m/n+1	4=Yt-Y/S	5	6=1-5
1	124,60	2,10	0,09	1,90	0,9713	0,03
2	108,46	2,04	0,18	1,41	0,9207	0,08
3	79,10	1,90	0,27	0,31	0,6217	0,38
4	70,60	1,85	0,36	-0,09	0,4641	0,54
5	69,80	1,84	0,45	-0,13	0,4483	0,55
6	66,20	1,82	0,55	-0,31	0,3783	0,62
7	65,80	1,82	0,64	-0,33	0,3707	0,63
8	65,40	1,82	0,73	-0,35	0,3632	0,64
9	53,05	1,72	0,82	-1,08	0,1401	0,86
10	49,40	1,69	0,91	-1,33	0,0918	0,91

Sumber: Perhitungan, 2023

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai ΔP . Nilai ΔP didapatkan melalui pengurangan antara nilai peluang teoritis dan nilai peluang.

Berikut merupakan perhitungan nilai ΔP pada nomor urut 1:

$$\Delta P = P'(Y) - P(Y)$$

$$\Delta P = 0,03 - 0,09$$

$$\Delta P = -0,06$$

Perhitungan nilai ΔP dilakukan pada nilai nomor urut 1 sampai 10.

Hasil perhitungan ΔP pada nomor urut 1 sampai 10 dapat dilihat pada

Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Nilai ΔP pada Distribusi Log Normal

P(Y)	P'(Y)	ΔP
1	2	2-1
0,09	0,03	-0,06
0,18	0,08	-0,10
0,27	0,38	0,11
0,36	0,54	0,17
0,45	0,55	0,10
0,55	0,62	0,08
0,64	0,63	-0,01
0,73	0,64	-0,09
0,82	0,86	0,04
0,91	0,91	0,00

Sumber: Perhitungan, 2023

Nilai ΔP tertinggi berdasarkan **Tabel 4.24** adalah 0,17. Dapat disimpulkan bahwa distribusi log normal dapat diterima karena nilai ΔP lebih kecil dari nilai ΔP Kritis ($0,17 < 0,41$).

c. Distribusi Log Person III

Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov dalam distribusi log person III:

Standar Deviasi (S)	:	0,12
Nilai Rata-rata ($\overline{\text{Log } X}$)	:	1,86
ΔP kritis	:	0,41
Koefisien Kemencengan (Cs)	:	0,8

Perhitungan pada uji smirnov kolmogorov distribusi log person III memiliki tahapan seperti distribusi log normal. Pembedanya terletak pada nilai peluang teoritis ($P'(X)$). Perhitungan nilai peluang dilakukan menggunakan persamaan 3.20. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai peluang pada nomor urut 1:

$$P = \frac{m}{n + 1}$$

$$P = \frac{1}{10 + 1}$$

$$P = 0,09$$

Perhitungan nilai peluang dilakukan pada nilai nomor urut 1 sampai 10. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan nilai peluang pada nilai nomor urut 1 sampai 10:

Tabel 4.25 Nilai Pelung Distrbusi Log Person III

No	X	Log X	P(X)
	1	2	3=m/n+1
1	124,60	2,10	0,09
2	108,46	2,04	0,18
3	79,10	1,90	0,27
4	70,60	1,85	0,36
5	69,80	1,84	0,45
6	66,20	1,82	0,55
7	65,80	1,82	0,64
8	65,40	1,82	0,73
9	53,05	1,72	0,82
10	49,40	1,69	0,91

Sumber: Perhitungan, 2023

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai $f(t)$. Nilai $f(t)$ didapatkan melalui persamaan 3.13. Berikut merupakan perhitungan nilai $f(t)$ pada nomor urut 1:

$$K_T = f(t) = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S}$$

$$f(t) = \frac{2,10 - 1,86}{0,12}$$

$$f(t) = 1,90$$

Dilakukan perhitungan nilai peluang teoritis ($P'(X)$). Nilai peluang teoritis didapatkan melalui **Tabel 2.6** yang disesuaikan dengan nilai $f(t)$. Nilai peluang teoritis pada nomor urut 1 sampai 10 dapat dilihat pada **Tabel 4.26**.

Tabel 4.26 Nilai Peluang Teoritis pada Distribusi Log Person Tipe III

No	X	Log X	P(X)	f(t)	P'(X)
	1	2	3=m/n+1	4=Xt-X/S	5
1	124,60	2,10	0,09	1,90	0,52
2	108,46	2,04	0,18	1,41	0,41
3	79,10	1,90	0,27	0,31	0,03
4	70,60	1,85	0,36	-0,09	0,02
5	69,80	1,84	0,45	-0,13	0,05
6	66,20	1,82	0,55	-0,31	0,02
7	65,80	1,82	0,64	-0,33	0,02
8	65,40	1,82	0,73	-0,35	0,02
9	53,05	1,72	0,82	-1,08	0,02
10	49,40	1,69	0,91	-1,33	0,02

Sumber: Perhitungan, 2023

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai ΔP . Nilai ΔP didapatkan melalui pengurangan antara nilai peluang teoritis dan nilai peluang.

Berikut merupakan perhitungan nilai ΔP pada nomor urut 1:

$$\Delta P = P'(X) - P(X)$$

$$\Delta P = 0,52 - 0,09$$

$$\Delta P = 0,43$$

Perhitungan nilai ΔP dilakukan pada nilai nomor urut 1 sampai 10. Hasil perhitungan ΔP pada nomor urut 1 sampai 10 dapat dilihat pada **Tabel 4.27**.

Tabel 4.27 Nilai ΔP pada Distribusi Log Person III

P(X)	P'(X)	ΔP	ΔP
1	2	3=2-1	4=+
0,09	0,52	0,43	0,43
0,18	0,41	0,23	0,23
0,27	0,03	-0,24	0,24
0,36	0,02	-0,35	0,35
0,45	0,05	-0,40	0,40
0,55	0,02	-0,53	0,53
0,64	0,02	-0,62	0,62
0,73	0,02	-0,71	0,71
0,82	0,02	-0,79	0,79
0,91	0,02	-0,89	0,89

Sumber: Perhitungan, 2023

Nilai ΔP tertinggi berdasarkan **Tabel 4.27** adalah 0,89. Nilai ΔP memiliki nilai positif. Dapat disimpulkan bahwa distribusi log person III tidak dapat diterima karena nilai ΔP lebih besar dari nilai ΔP Kritis ($0,89 < 0,41$).

d. Distribusi Gumbel

Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov dalam distribusi gumbel:

Standar Deviasi (S)	: 23,65
Nilai Rata-rata (\bar{X})	: 75,24
ΔP kritis	: 0,41
<i>Reduced Mean</i> (Y_n)	: 0,4952
<i>Reduced Standart Deviation</i> (S_n)	: 0,9496

Nilai *reduced mean* (Y_n) didapatkan berdasarkan **Tabel 2.7** yang disesuaikan dengan jumlah data. Nilai *reduced standart deviation* (S_n) didapatkan berdasarkan **Tabel 2.8** yang disesuaikan dengan jumlah data. Nilai *reduced variate* (Y_T) didapatkan berdasarkan persamaan 3.17. Perhitungan nilai peluang dilakukan menggunakan persamaan 3,20. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai peluang pada nomor urut 1:

$$P = \frac{m}{n + 1}$$

$$P = \frac{1}{10 + 1}$$

$$P = 0,09$$

Perhitungan nilai peluang dilakukan pada nilai nomor urut 1 sampai 10. Perhitungan selanjutnya adalah perhitungan nilai $f(t)$. Perhitungan nilai $f(t)$ dilakukan menggunakan persamaan 3.16. Berikut merupakan perhitungan nilai $f(t)$ pada nomor urut 1:

$$K_T = f(t) = \frac{X_T - \bar{X}}{S}$$

$$f(t) = \frac{124,60 - 75,24}{23,65}$$

$$f(t) = 2,09$$

Dilakukan perhitungan nilai *reduced variate* (Y_T). Berikut merupakan contoh perhitungan nilai *reduced variate* (Y_T) pada nomor urut 1:

$$Y_T = K \cdot S_n + Y_n$$

$$Y_T = 2,09 \cdot 0,4952 + 0,9496$$

$$Y_T = 2,48$$

Perhitungan nilai *reduced variate* (Y_T) dilakukan pada nilai nomor urut 1 sampai 10. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan nilai *reduced variate* Y_T pada nilai nomor urut 1 sampai 10:

Tabel 4.28 Nilai Y_T Distribusi Gumbel

No	X_i 1	$P(X_i)$ 2= $m/n+1$	$f(t)$ 3= $X_i - \bar{X}/S$	Y_n 4	S_n 5	Y_T 6
1	124,60	0,09	2,09	0,4952	0,9496	2,48
2	108,46	0,18	1,40	0,4952	0,9496	1,83
3	79,10	0,27	0,16	0,4952	0,9496	0,65
4	70,60	0,36	-0,20	0,4952	0,9496	0,31
5	69,80	0,45	-0,23	0,4952	0,9496	0,28
6	66,20	0,55	-0,38	0,4952	0,9496	0,13
7	65,80	0,64	-0,40	0,4952	0,9496	0,12
8	65,40	0,73	-0,42	0,4952	0,9496	0,10
9	53,05	0,82	-0,94	0,4952	0,9496	-0,40
10	49,40	0,91	-1,09	0,4952	0,9496	-0,54

Sumber: Perhitungan, 2023

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai periode ulang. Nilai periode ulang (T) didapatkan dari persamaan 3.18. Berikut merupakan perhitungan nilai periode ulang (T) pada nomor urut 1:

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T-1}{T} \right\}$$

$$2,48 = -\ln \left\{ -\ln \frac{T-1}{T} \right\}$$

$$T = 12,41$$

Dilakukan perhitungan nilai peluang teoritis (P'(X)). Nilai peluang teoritis (P'(X)) didapatkan melalui pembagian angka satu dengan nilai periode ulang (T). Berikut merupakan perhitungan nilai peluang teoritis (P'(X)) pada nomor urut 1:

$$P'(X) = \frac{1}{T}$$

$$P'(X) = \frac{1}{12,41}$$

$$P'(X) = 0,08$$

Perhitungan nilai peluang teoritis (P'(X)) dilakukan pada nilai nomor urut 1 sampai 10. Hasil perhitungan peluang teoritis pada nomor urut 1 sampai 10 dapat dilihat pada **Tabel 4.29**.

Tabel 4.29 Nilai Peluang Teoritis pada Distribusi Gumbel

No	Xi	P(Xi)	f(t)	Yn	Sn	Yt	T	P'(Xi)
	1	2=m/n+1	3=Xt-X/S	4	5	6	7	8
1	124,60	0,09	2,09	0,4952	0,9496	2,48	12,41	0,08
2	108,46	0,18	1,40	0,4952	0,9496	1,83	6,74	0,15
3	79,10	0,27	0,16	0,4952	0,9496	0,65	2,46	0,41
4	70,60	0,36	-0,20	0,4952	0,9496	0,31	1,92	0,52
5	69,80	0,45	-0,23	0,4952	0,9496	0,28	1,88	0,53
6	66,20	0,55	-0,38	0,4952	0,9496	0,13	1,71	0,58
7	65,80	0,64	-0,40	0,4952	0,9496	0,12	1,70	0,59
8	65,40	0,73	-0,42	0,4952	0,9496	0,10	1,68	0,60
9	53,05	0,82	-0,94	0,4952	0,9496	-0,40	1,29	0,77
10	49,40	0,91	-1,09	0,4952	0,9496	-0,54	1,22	0,82

Sumber: Perhitungan, 2023

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai ΔP. Nilai ΔP didapatkan melalui pengurangan antara nilai peluang teoritis dan nilai peluang. Berikut merupakan perhitungan nilai ΔP pada nomor urut 1:

$$\Delta P = P'(X) - P(X)$$

$$\Delta P = 0,08 - 0,09$$

$$\Delta P = -0,07$$

Perhitungan nilai ΔP dilakukan pada nilai nomor urut 1 sampai 10.

Hasil perhitungan ΔP pada nomor urut 1 sampa 10 dapat dilihat pada

Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Nilai ΔP pada Distribusi Gumbel

P(X)	P'(X)	ΔP
1	2	3=2-1
0,09	0,08	-0,01
0,18	0,15	-0,03
0,27	0,41	0,13
0,36	0,52	0,16
0,45	0,53	0,08
0,55	0,58	0,04
0,64	0,59	-0,05
0,73	0,60	-0,13
0,82	0,77	-0,04
0,91	0,82	-0,09

Sumber: Perhitungan, 2023

Nilai ΔP tertinggi berdasarkan **Tabel 4.30** adalah 0,16. Dapat disimpulkan bahwa distribusi gumbel dapat diterima karena nilai ΔP lebih kecil dari nilai ΔP Kritis ($0,16 < 0,41$).

4.1.4 Pemilihan metode

Metode distribusi dipilih berdasarkan hasil uji chi kuadrat dan smirnov kolmogorov. Uji chi kuadrat dan uji smirnov kolmogorov digunakan untuk menguji kecocokan distribusi sampel data dengan fungsi distribusi yang diperkirakan sehingga dapat diketahui apakah frekuensi data dapat mewakili atau tidak (Suripin, 2004). Hasil uji chi kuadrat dapat dijabarkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.31 Hasil Uji Chi Kuadrat

Distribusi Frekuensi	X ²	X ² Kritis	Keterangan
Normal	3,60	3,841	Diterima
Log Normal	3,60	3,841	Diterima
Log Person III	0,40	3,841	Diterima
Gumbel	3,60	3,841	Diterima

Sumber: Perhitungan, 2023

Uji chi kuadrat memiliki syarat yaitu nilai X² lebih kecil dari nilai X² Kritis (Asmorowati dkk., 2021). Nilai X² terbaik yang dipilih adalah nilai terkecil. Berdasarkan **Tabel 4.31** didapatkan bahwa semua distrinusi dapat diterima. Distribusi terbaik adalah distribusi log person III karena memiliki nilai X² terkecil. Sedangkan pada distribusi yang lain memiliki nilai X² yang sama besarnya.

Sedangkan untuk hasil uji smirnov kolmogorov dapat dijabarkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.32 Hasil Uji Smirnov Kolmogorov

Distribusi Frekuensi	ΔP maksimum	ΔP kritis	Keterangan
Normal	0,22	0,41	Diterima
Log Normal	0,17	0,41	Diterima
Log Person III	0,89	0,41	Tidak Diterima
Gumbel	0,16	0,41	Diterima

Sumber: Perhitungan, 2023

Uji smirnov kolmogorof memiliki syarat yaitu ΔP lebih kecil dari nilai ΔP kritis (Asmorowati dkk., 2021). Nilai ΔP terbaik adalah nilai terkecil. Berdasarkan **Tabel 4.32** didapatkan distribusi log person tipe III tidak dapat diterima karena memiliki nilai ΔP lebih besar dari nilai ΔP kritis. Distribusi terbaik adalah distribusi gumbel karena memiliki nilai ΔP terkecil.

Hasil uji chi kuadrat dan uji smirnov kolmogorov apabila dibandingkan maka didapatkan bahwa distribusi gumbel adalah distribusi yang terbaik. Selain memberikan nilai terkecil pada ΔP uji smirnov kolmogorov, distribusi gumbel juga memiliki nilai yang lebih kecil dari nilai X² Kritis pada uji chi kuadrat.

4.1.5 Curah Hujan Periode Ulang

Perhitungan curah hujan dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun dilakukan dengan menggunakan distribusi gumbel. Perhitungan nilai yang diharapkan terjadi dalam periode ulang 5, 10, dan 25 tahun (X_{Tr}) diawali dengan pencarian nilai *reduced mean* (Y_n), *reduced standart deviation* (S_n), dan *reduced variate* (Y_{Tr}). Nilai *reduced mean* (Y_n) didapatkan dari **Tabel 2.7** yang disesuaikan dengan jumlah data. Nilai *reduced standart deviation* (S_n) didapatkan dari **Tabel 2.8** yang disesuaikan dengan jumlah data. Nilai *reduced variate* (Y_{Tr}) didapatkan berdasarkan **Tabel 2.9** atau persamaan 3.18. Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan curah hujan periode ulang dalam distribusi gumbel:

Probabilitas untuk Periode Ulang	:	5,10 dan 25 tahun
Standar Deviasi (S)	:	23,65
Nilai Rata-rata (\bar{X})	:	75,24
<i>Reduced Mean</i> (Y_n),	:	0,4952
<i>Reduced Standart Deviation</i> (S_n),	:	0,9496
<i>Reduced Variate</i> (Y_{Tr}) periode ulang 5 Tahun	:	1,5004
<i>Reduced Variate</i> (Y_{Tr}) periode ulang 10 Tahun	:	2,2510
<i>Reduced Variate</i> (Y_{Tr}) periode ulang 25 Tahun	:	3,1993

Dilakukan perhitungan nilai yang diharapkan terjadi dalam periode ulang 5, 10, dan 25 tahun (X_{Tr}). Perhitungan nilai X_{Tr} dilakukan melalui persamaan 3.15. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai X_{Tr} pada periode ulang 5 tahun:

Mencai nilai a:

$$a = \frac{S_n}{S}$$

$$a = \frac{0,9496}{23,65}$$

$$a = 0,04$$

Mencari nilai b:

$$b = \bar{X} - \frac{Y_n S}{S_n}$$

$$b = 75,24 - \frac{0,4952 \cdot 23,65}{0,9496}$$

$$b = 62,91$$

Mencari nilai X_{Tr} :

$$X_{Tr} = b + \frac{1}{a} Y_{Tr}$$

$$X_{Tr} = 62,91 + \frac{1}{0,04} 1,5004$$

$$X_{Tr} = 100,275 \text{ mm}$$

Perhitungan hujan periode ulang (X_{Tr}) dilakukan pada periode ulang 5, 10, dan 25 tahun. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan nilai X_{Tr} pada periode ulang 5, 10, dan 25 tahun:

Tabel 4.33 Nilai X_{Tr}

No	Periode Ulang	X (mm)	S (mm)	Yn	Sn	Y _{Tr}	a	b	X _{Tr} (mm)
1	2	3	4	5	6=-ln(-ln((T - 1 / T)))	7=Sn/S	8=X - ((Yn x S)/Sn)	9=b + (1/a) x Y _{tr}	
1	5	75,24	23,65	0,4952	0,9496	1,5004	0,0401	62,91	100,275
2	10	75,24	23,65	0,4952	0,9496	2,2510	0,0401	62,91	118,969
3	25	75,24	23,65	0,4952	0,9496	3,1993	0,0401	62,91	142,586

Sumber: Perhitungan, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.33** dapat disimpulkan bahwa besaran hujan untuk periode ulang 5 tahun adalah 100,275 mm, untuk periode ulang 10 tahun adalah 118,969 mm, dan untuk periode ulang 25 tahun adalah 142,586 mm.

4.1.6 Intensitas Hujan

Intesitas hujan merupakan tinggi atau kedalaman air hujan dalam satuan waktu (Suripin, 2004). Intensitas hujan yang digunakan pada pemodelan genangan banjir di DAS Buntung Kabupaten Sidoarjo adalah intensitas hujan selama 1 jam sampai intensitas hujan selama 24 jam. Intensitas hujan dihitung menggunakan rumus Dr. Mononobe seperti pada persamaan 3.24. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai intensitas hujan pada intensitas 1 jam dalam periode ulang 5 tahun:

$$I = \frac{R}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{2/3}$$

$$I = \frac{100,28}{24} \left[\frac{24}{1} \right]^{2/3}$$

$$I = 34,76 \text{ mm/jam}$$

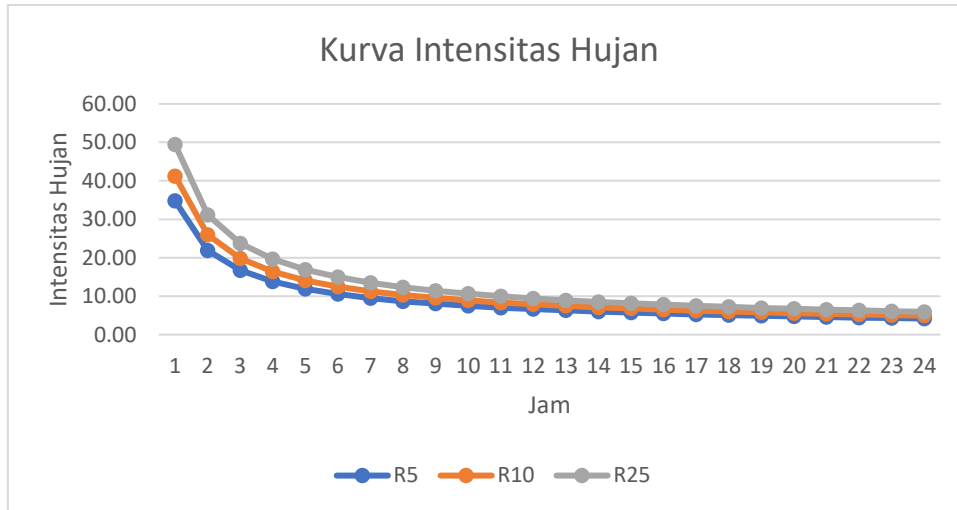
Perhitungan nilai intensitas hujan dilakukan dalam intensitas 1 jam sampai intensitas 24 jam pada periode ulang 5, 10, dan 25 tahun. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan nilai intensitas hujan dalam waktu 1 jam sampai 24 jam:

Tabel 4.34 Intensitas Hujan

t(jam)	R24		
	R5	R10	R25
	100,28	118,97	142,59
1	34,76	41,24	49,43
2	21,90	25,98	31,14
3	16,71	19,83	23,76
4	13,80	16,37	19,62
5	11,89	14,11	16,91
6	10,53	12,49	14,97
7	9,50	11,27	13,51
8	8,69	10,31	12,36
9	8,03	9,53	11,42
10	7,49	8,89	10,65
11	7,03	8,34	9,99
12	6,63	7,87	9,43
13	6,29	7,46	8,94
14	5,98	7,10	8,51
15	5,72	6,78	8,13
16	5,47	6,50	7,79
17	5,26	6,24	7,48
18	5,06	6,01	7,20
19	4,88	5,79	6,94
20	4,72	5,60	6,71
21	4,57	5,42	6,49
22	4,43	5,25	6,30
23	4,30	5,10	6,11
24	4,18	4,96	5,94

Sumber: Perhitungan, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.34** dapat diketahui bahwa nilai intensitas tertinggi terdapat pada intensitas 1 jam dengan nilai 34,76 untuk periode ulang 5 tahun, nilai 41,24 untuk periode ulang 10 tahun, dan nilai 49,43 untuk periode ulang 25 tahun **Tabel 4.34** dapat digambarkan dalam kurva intensitas hujan dengan bentuk sebagai berikut:



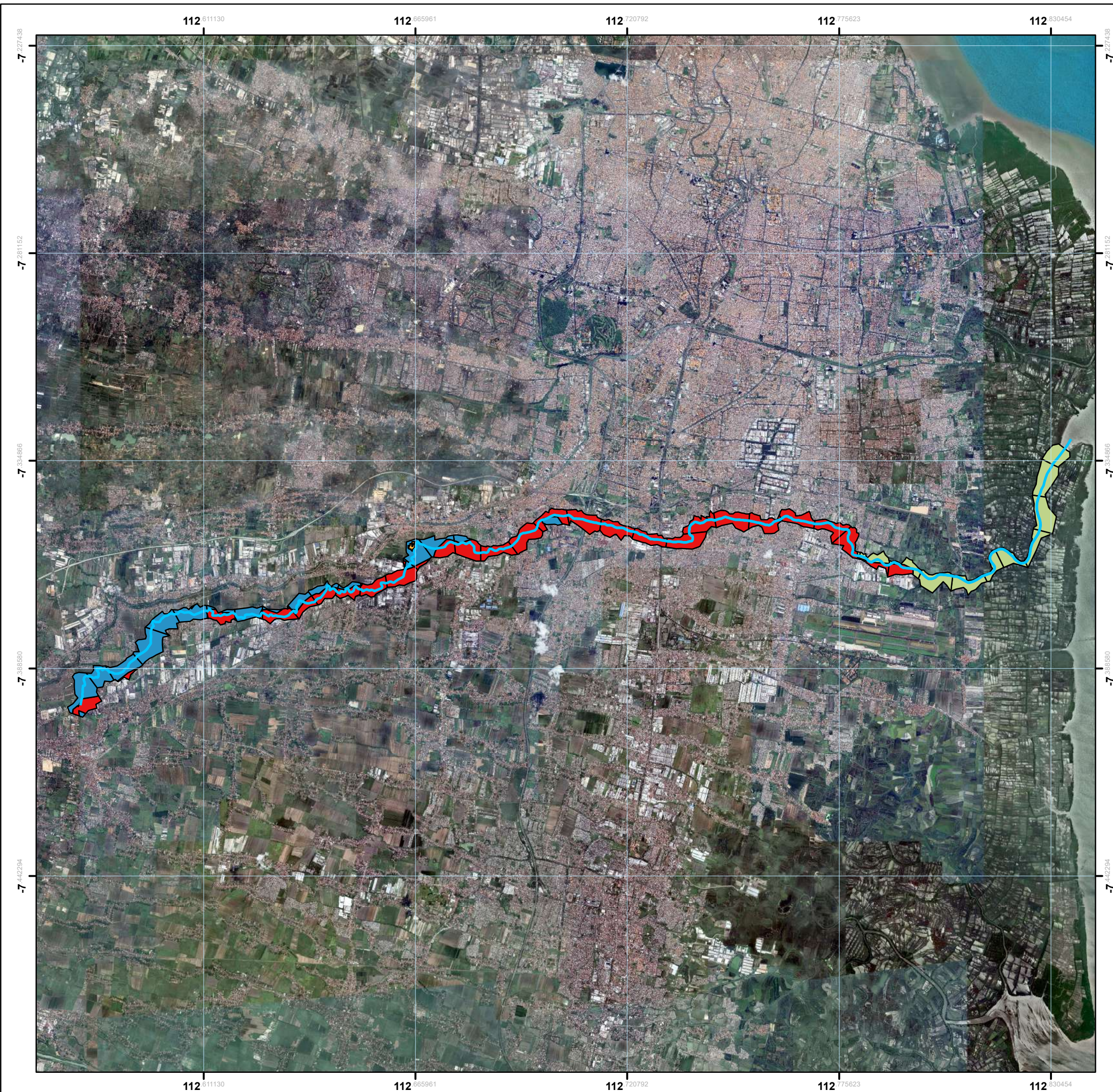
Gambar 4.2 Kurva Intensitas Hujan

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan kurva intensitas hujan maka dapat disimpulkan bahwa, tinggi intensitas hujan dipengaruhi oleh lama hujan dan periode ulang. semakin singkat hujan berlangsung maka intensitas hujannya cenderung tinggi dan semakin besar periode ulangnya maka semakin besar pula intensitas hujannya (Suripin, 2004).

4.1.7 Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit banjir rencana diawali dengan penentuan luas *catchment area* pada DAS Buntung.



PRODI TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
 SURABATA

Skala: 1:109,702
 0 6501,300 2,600 3,900 5,200
 M



Datum :World Geodetic System 1984
 System Grid :Geografi - Interval 50 Minutes
 Proyeksi :WGS 1984 UTM Zona 49S

Keterangan Peta:

-  Sungai Buntung
-  Batas Kecamatan Waru
-  Pemukiman
-  Sawah
-  Tambak
-  Tanah Terbuka



Nomor Halaman

Gambar 4.3
 Peta Catchment Area

105

Nama dan Tahun Pembuatan Peta:

Nama Peta : Peta Catchment Area
 Nama Pembuat : A. Fadhil L. Daeng Maro
 Tahun Pembuatan : 2023

Luas *catchment area* yang digunakan pada pemodelan genangan banjir di DAS Buntung Kabupaten Sidoarjo adalah Luas *catchment area* per 1 km. Berikut merupakan luas *catchment area* DAS Buntung per 1 km dari jarak 1 km sampai jarak 39,548 km:

Tabel 4.35 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 1 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area
		km ²
1	Sawah	0.019
2	Pemukiman	0.238
3	Sawah	0.467
Total		0.724

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.35** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-1 sebesar 0,724 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-1 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-1:



Gambar 4.4 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-1

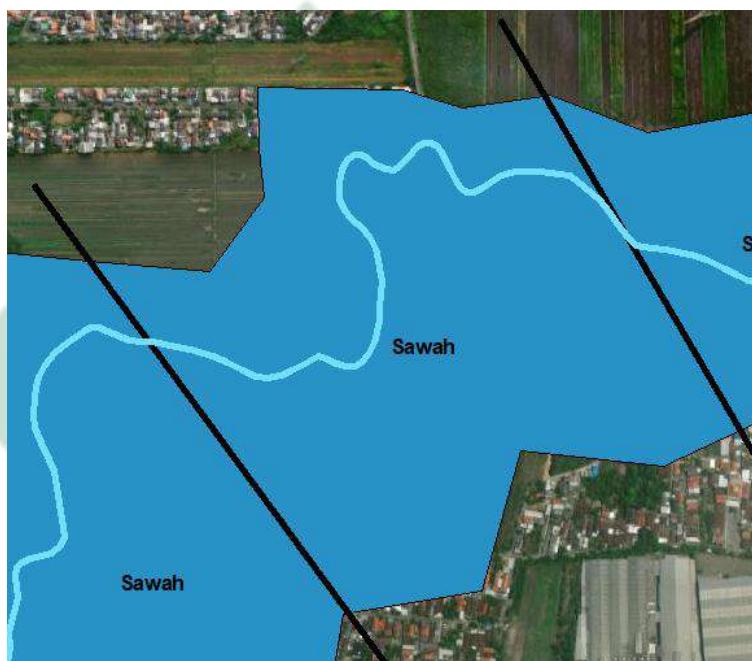
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.36 Luas Catchment Area DAS Buntung dalam 2 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Sawah	0.287

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.36** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-2 sebesar 0,287 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-2 adalah sawah. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-2:



Gambar 4.5 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-2

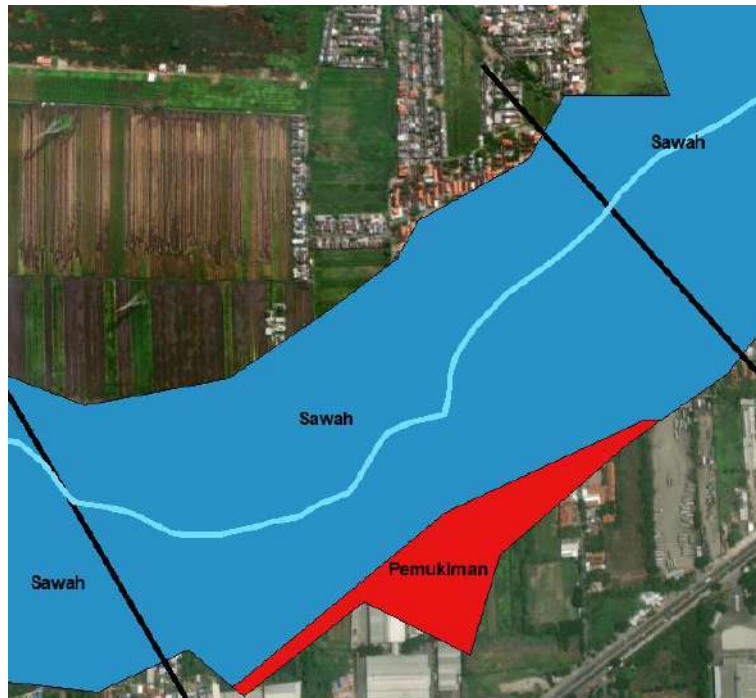
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.37 Luas Catchment Area DAS Buntung dalam 3 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Sawah	0.344
2	Pemukiman	0.043
Total		0.387

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.37** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-3 sebesar 0,387 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-3 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-3:



Gambar 4.6 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-3

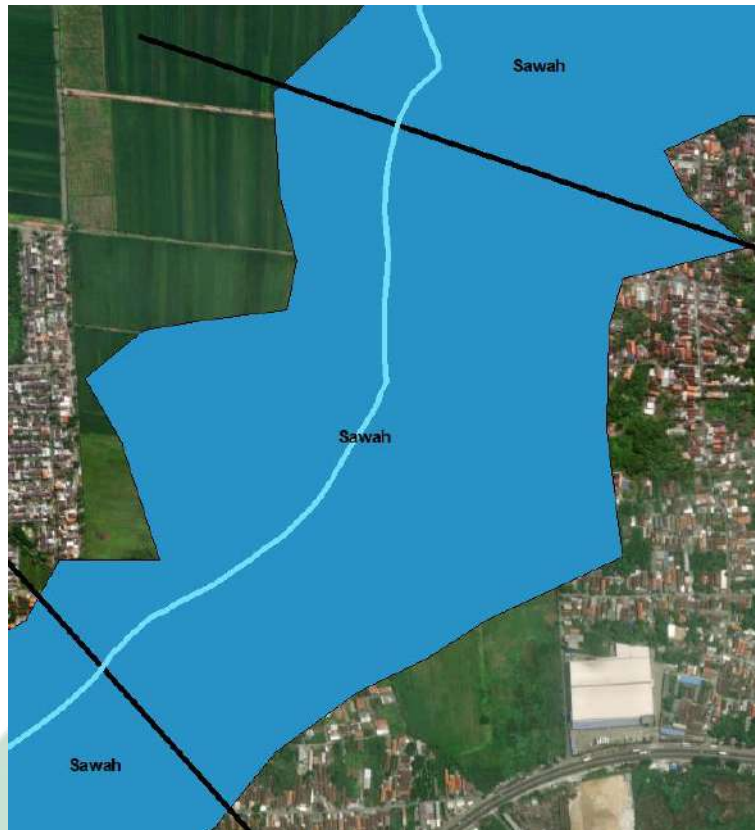
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.38 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 4 km

No	Tutupan Lahan	<i>Cathment Area</i> km ²
1	Sawah	0.546

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.38** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-4 sebesar 0,546 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-4 adalah sawah. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-4:



Gambar 4.7 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-4

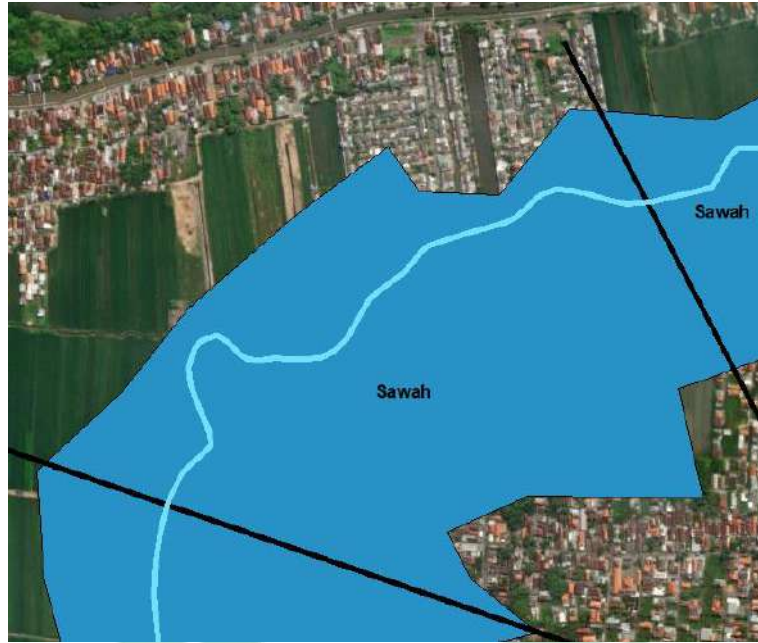
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.39 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 5 km

No	Tutupan Lahan	<i>Cathment Area</i> km ²
1	Sawah	0.374

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.39** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-5 sebesar 0, 374 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-5 adalah sawah. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-5:



Gambar 4.8 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-5

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.40 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 6 km

No	Tutupan Lahan	<i>Cathment Area</i> km ²
1	Sawah	0.336
2	Pemukiman	0.003
3	Pemukiman	0.001
	Total	0.340

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.40** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-6 sebesar 0,340 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-6 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-6:



Gambar 4.9 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-6

Sumber: Analisis, 2023

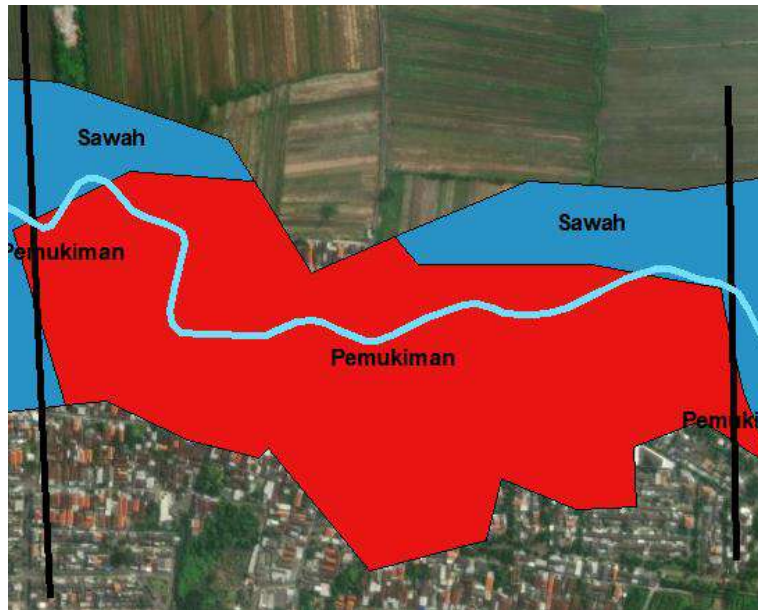
Tabel 4.41 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 7 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Sawah	0.001
2	Sawah	0.021
3	Pemukiman	0.215
4	Sawah	0.033
	Total	0.270

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.41** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-7 sebesar 0, 270 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-7 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-7:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.10 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-7

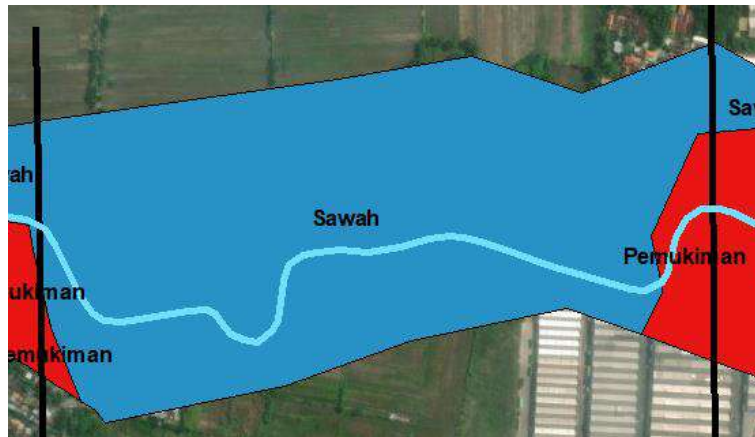
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.42 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 8 km

No	Tutupan Lahan	<i>Cathment Area</i> km ²
1	Pemukiman	0.002
2	Sawah	0.238
3	Pemukiman	0.014
Total		0.254

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.42** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-8 sebesar 0,254 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-8 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-8:



Gambar 4.11 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-8

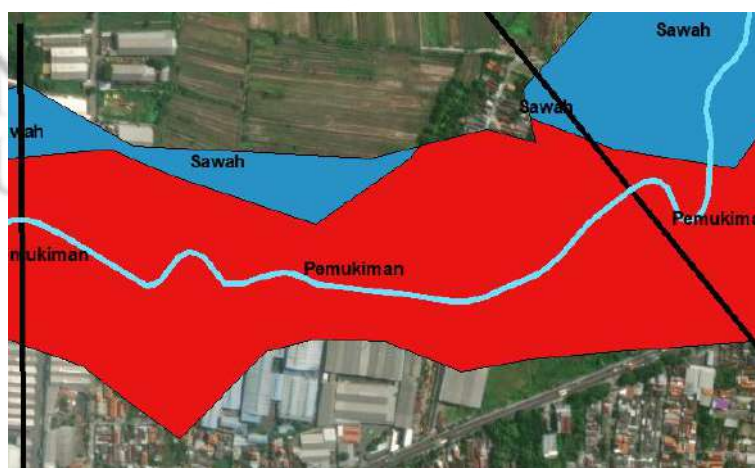
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.43 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 9 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Sawah	0.031
2	Pemukiman	0.266
3	Sawah	0.004
	Total	0.301

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.43** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-9 sebesar 0,301 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-9 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-9:



Gambar 4.12 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-9

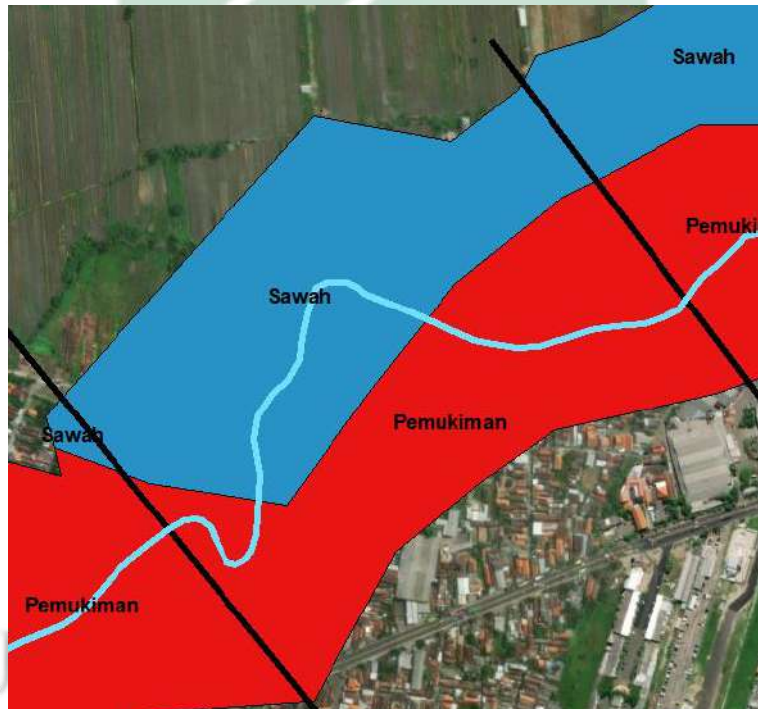
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.44 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 10 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Sawah	0.165
2	Pemukiman	0.155
	Total	0.320

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.44** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-10 sebesar 0, 320 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-10 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-10:



Gambar 4.13 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-10

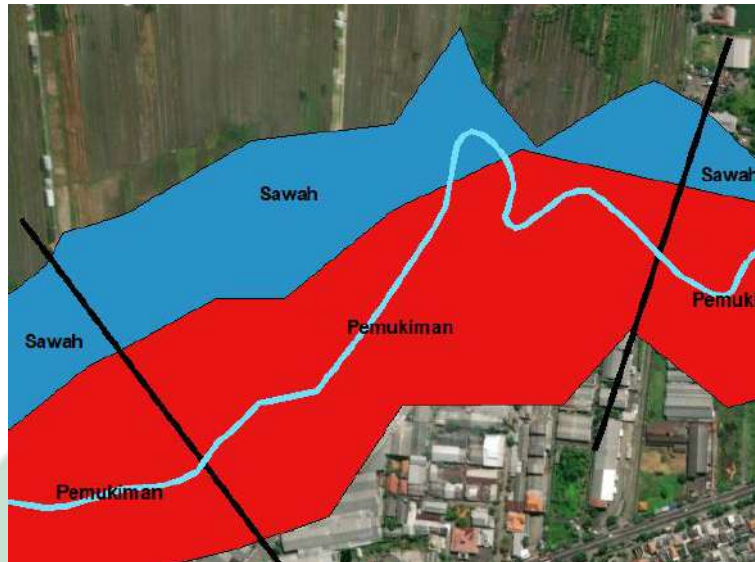
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.45 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 11 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Sawah	0.117
2	Pemukiman	0.190
	Total	0.307

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.45** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-11 sebesar 0,307 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-11 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-11:



Gambar 4.14 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-11

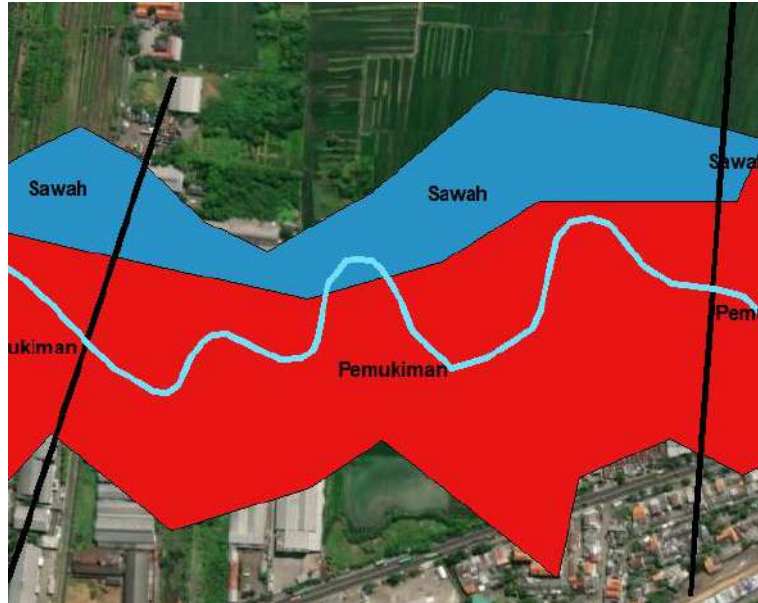
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.46 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 12 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Pemukiman	0.178
2	Sawah	0.063
Total		0.241

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.46** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-12 sebesar 0,241 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-12 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-12:



Gambar 4.15 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-12

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.47 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 13 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Sawah	0.002
2	Pemukiman	0.270
	Total	0.272

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.47** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-13 sebesar 0,272 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-13 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-13:



Gambar 4.16 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-13

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.48 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 14 km

No	Tutupan Lahan	<i>Cathment Area</i> km ²
1	Pemukiman	0.371
2	Sawah	0.040
Total		0.411

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.48** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-14 sebesar 0,411 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-14 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-14:



Gambar 4.17 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-14

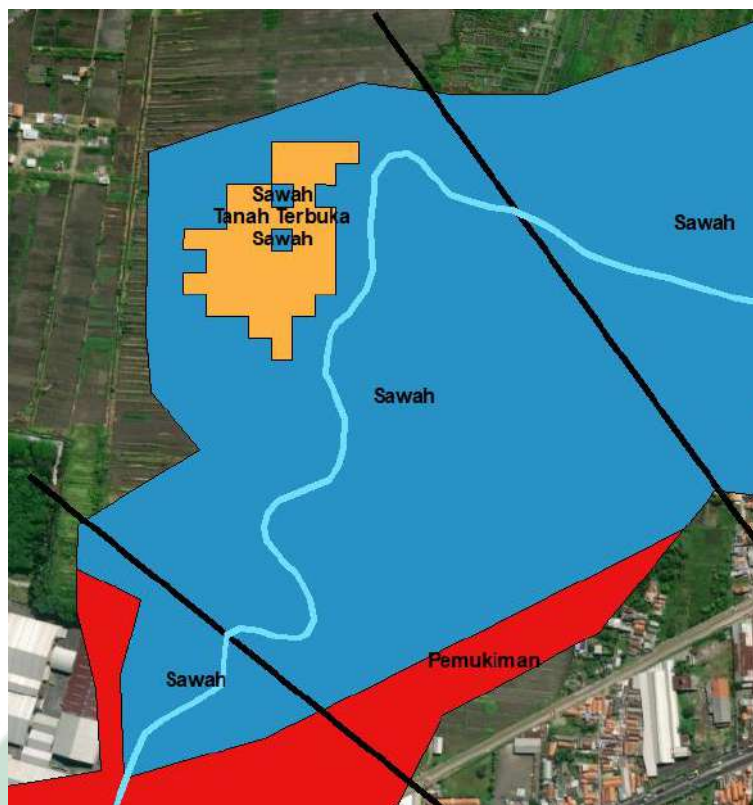
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.49 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 15 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Sawah	0.350
2	Sawah	0.001
3	Tanah Terbuka	0.032
4	Sawah	0.001
5	Pemukiman	0.033
	Total	0.067

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.49** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-15 sebesar 0,067 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-15 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-15:



Gambar 4.18 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-15

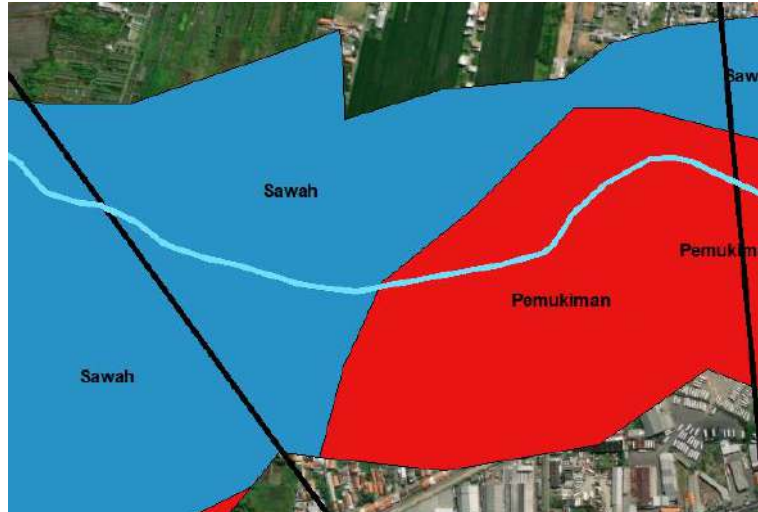
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.50 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 16 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Sawah	0.234
2	Pemukiman	0.218
	Total	0.452

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.50** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-16 sebesar 0,452 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-16 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-16:



Gambar 4.19 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-16

Sumber: Analisis, 2023

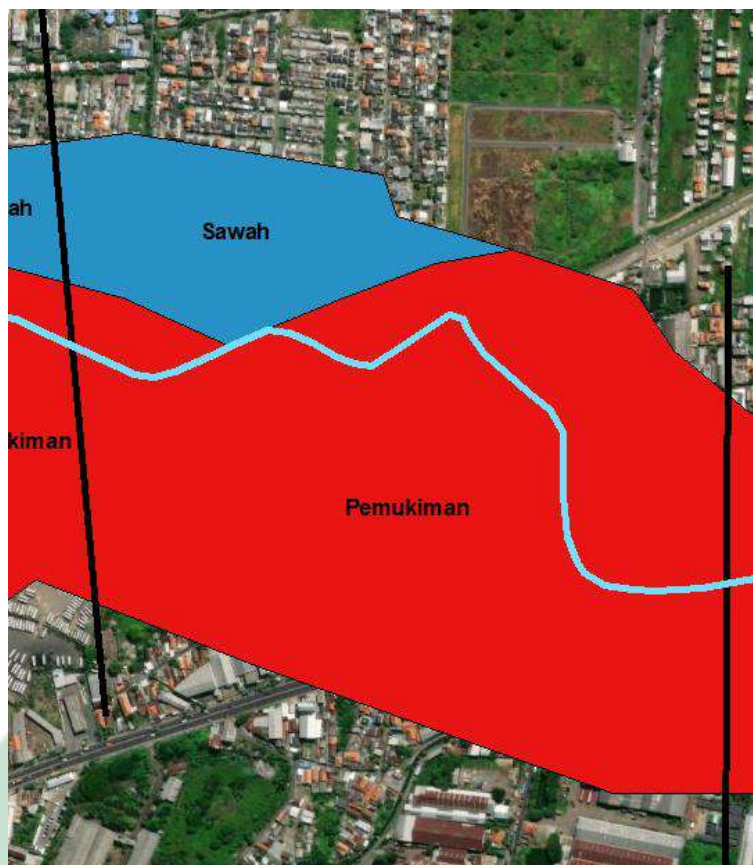
Tabel 4.51 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 17 km

No	Tutupan Lahan	<i>Cathment Area</i> km ²
1	Pemukiman	0.349
2	Sawah	0.074
	Total	0.423

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.51** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-17 sebesar 0,423 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-17 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-17:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.20 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-17

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.52 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 18 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Pemukiman	0.294

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.52** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-18 sebesar 0, 294 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-18 adalah pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-18:



Gambar 4.21 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-18

Sumber: Analisis, 2023

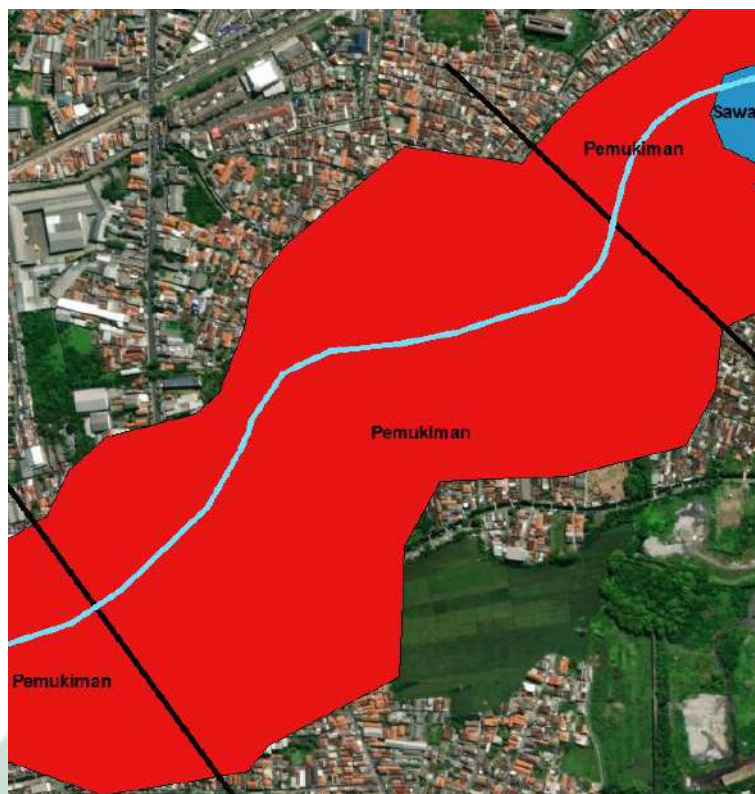
Tabel 4.53 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 19 km

No	Tutupan Lahan	<i>Cathment Area</i> km ²
1	Pemukiman	0.436

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.53** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-19 sebesar 0,436 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-19 adalah pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-19:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.22 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-19

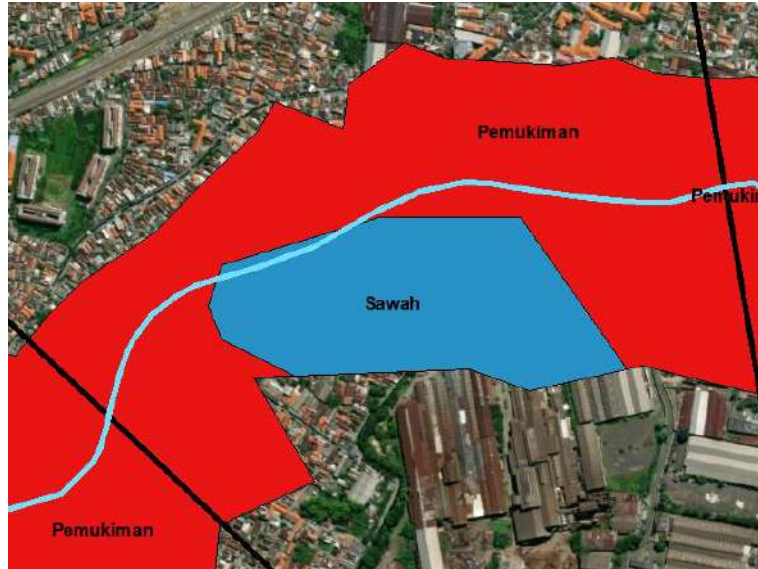
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.54 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 20 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Sawah	0.102
2	Pemukiman	0.282
	Total	0.384

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.54** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-20 sebesar 0,384 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-20 terdiri dari sawah dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-20:



Gambar 4.23 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-20

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.55 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 21 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Pemukiman	0.415

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.55** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-21 sebesar 0, 415 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-21 adalah pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-21:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.24 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-21

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.56 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 22 km

No	Tutupan Lahan	<i>Cathment Area</i> km ²
1	Pemukiman	0.358

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.56** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-22 sebesar 0,358 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-22 adalah pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-22:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.25 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-22

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.57 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 23 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Pemukiman	0.295

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.57** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-23 sebesar 0, 295 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-23 adalah pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-23:



Gambar 4.26 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-23

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.58 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 24 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Pemukiman	0.395

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.58** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-24 sebesar 0, 395 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-24 adalah pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-24:



Gambar 4.27 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-24

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.59 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 25 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Pemukiman	0.345

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.59** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-25 sebesar 0, 345 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-25 adalah pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-25:



Gambar 4.28 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-25

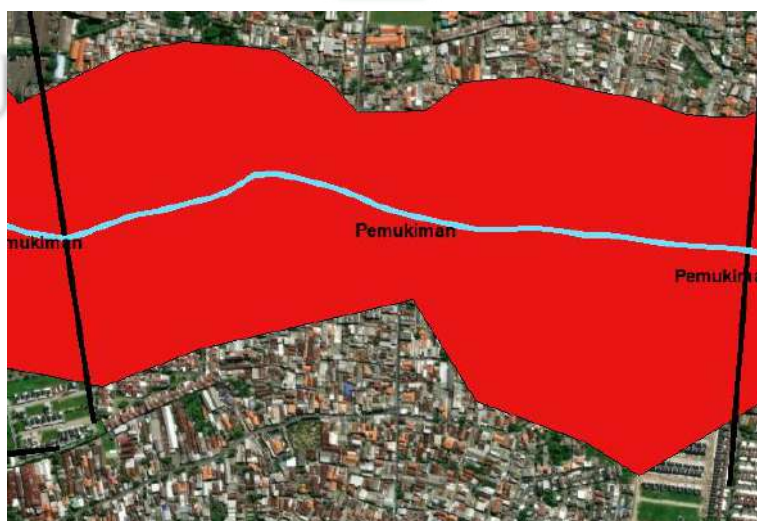
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.60 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 26 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Pemukiman	0.415

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.60** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-26 sebesar 0,415 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-26 adalah pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-26:



Gambar 4.29 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-26

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.61 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 27 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Pemukiman	0.320

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.61** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-27 sebesar 0, 320 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-27 adalah pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-27:



Gambar 4.30 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-27

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.62 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 28 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Pemukiman	0.320

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.62** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-28 sebesar 0, 320 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-28 adalah pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-28:



Gambar 4.31 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-28

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.63 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 29 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Pemukiman	0.317

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.63** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-29 sebesar 0,317 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-29 adalah pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-29:



Gambar 4.32 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-29

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.64 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 30 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Pemukiman	0.347
2	Tambak	0.009
	Total	0.356

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.64** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-30 sebesar 0,356 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-30 terdiri dari tambak dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-30:



Gambar 4.33 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-30

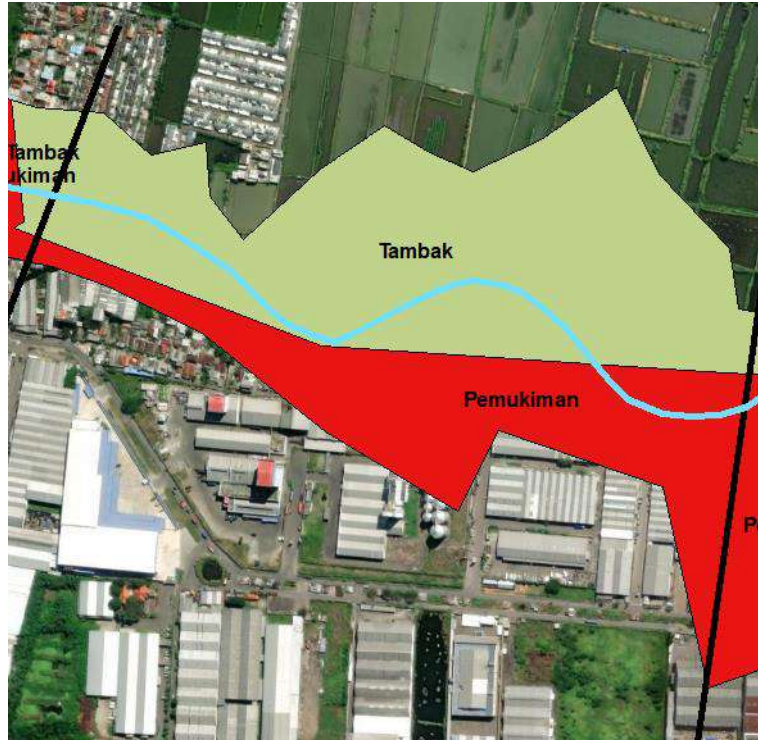
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.65 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 31 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Tambak	0.184
2	Pemukiman	0.099
	Total	0.283

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.65** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-31 sebesar 0, 283 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-31 terdiri dari tambak dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-31:



Gambar 4.34 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-31

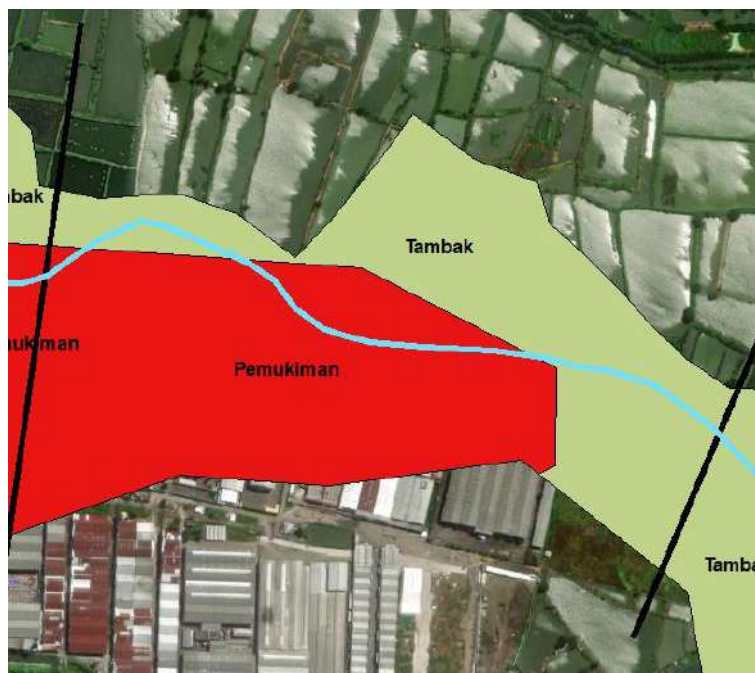
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.66 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 32 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Tambak	0.147
2	Pemukiman	0.195
	Total	0.342

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.66** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-32 sebesar 0, 342 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-32 terdiri dari tambak dan pemukiman. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-32:



Gambar 4.35 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-32

Sumber: Analisis, 2023

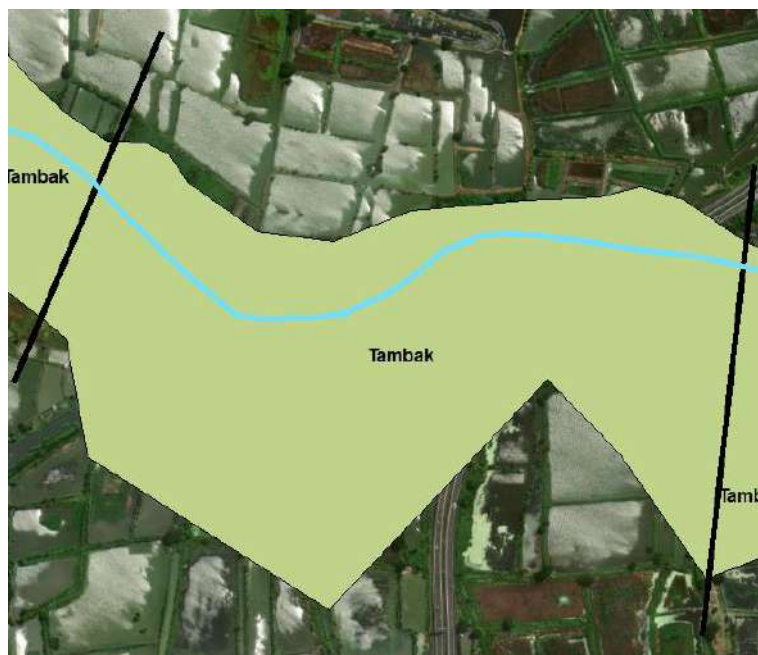
Tabel 4.67 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 33 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Tambak	0.387

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.67** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-33 sebesar 0,387 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-33 adalah tambak. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-33:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.36 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-33

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.68 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 34 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Tambak	0.321

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.68** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-34 sebesar 0,321 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-34 adalah tambak. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-34:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.37 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-34

Sumber: Analisis, 2023

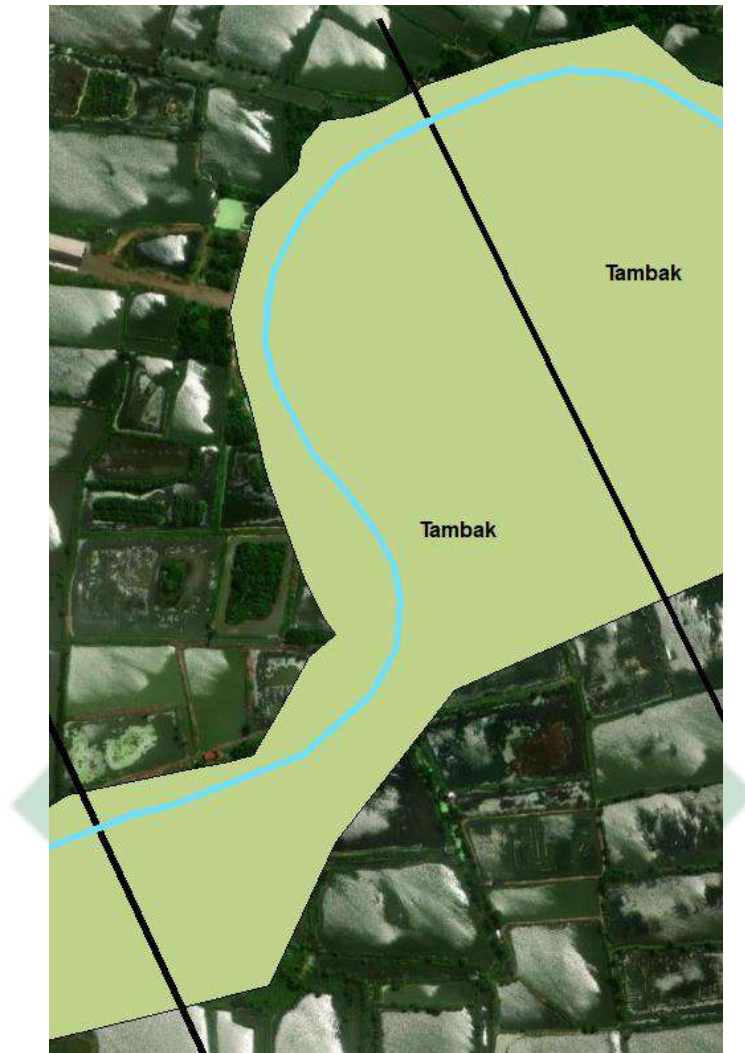
Tabel 4.69 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 35 km

No	Tutupan Lahan	<i>Cathment Area</i> km ²
1	Tambak	0.214

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.69** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-35 sebesar 0, 214 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-35 adalah tambak. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-35:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.38 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-35

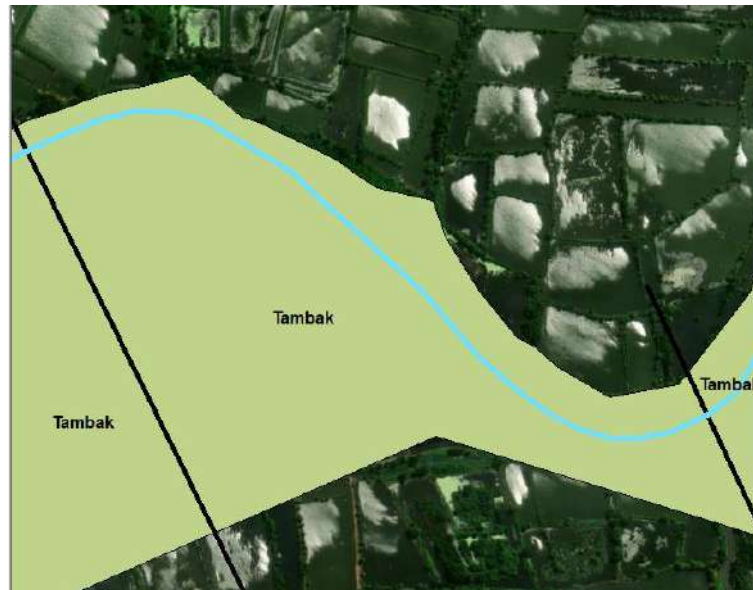
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.70 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 36 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Tambak	0.246

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.70** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-36 sebesar 0,246 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-36 adalah tambak. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-36:



Gambar 4.39 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-36

Sumber: Analisis, 2023

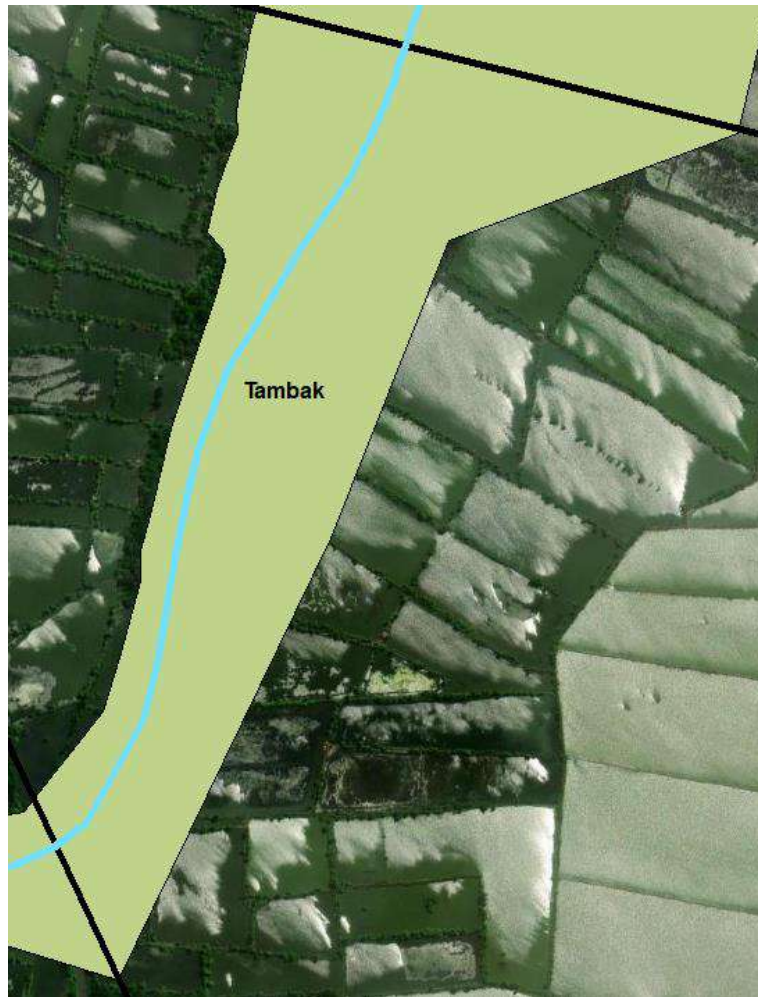
Tabel 4.71 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 37 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Tambak	0.250

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.71** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-37 sebesar 0,250 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-37 adalah tambak. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-37:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.40 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-37

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.72 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 38 km

No	Tutupan Lahan	<i>Cathment Area</i> km ²
1	Tambak	0.495

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.72** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-38 sebesar 0,495 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-38 adalah tambak. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-38:



Gambar 4.41 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-38

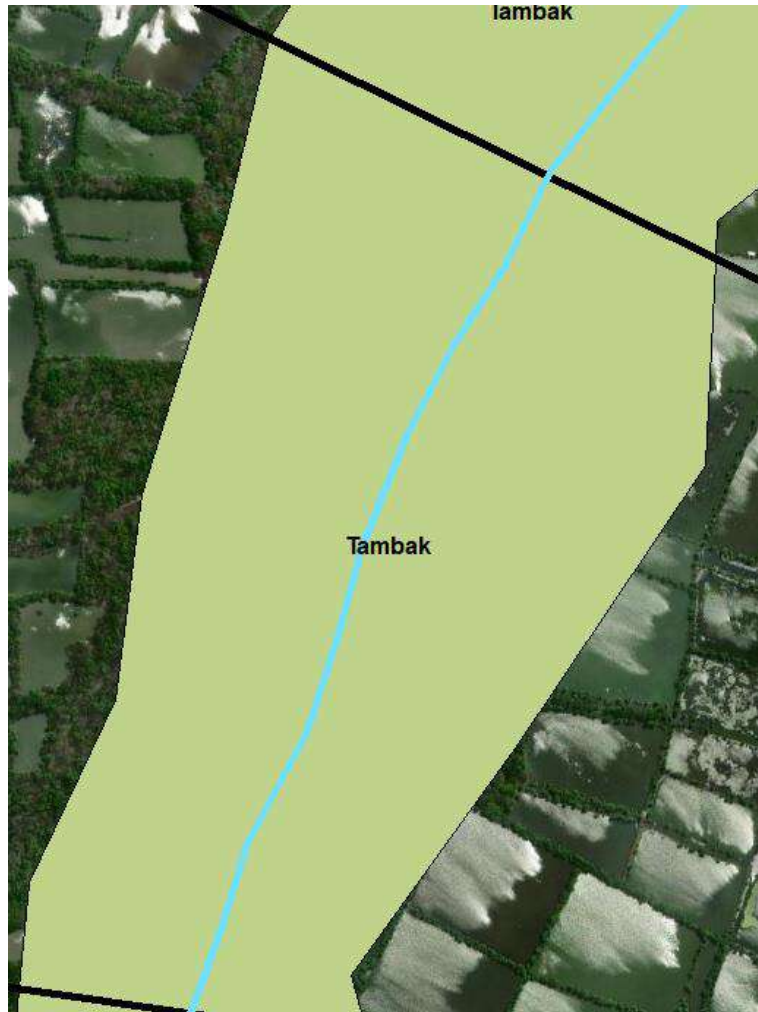
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.73 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 39 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area km ²
1	Tambak	0.437

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.73** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-39 sebesar 0, 437 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-39 adalah tambak. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-39:



Gambar 4.42 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke-39

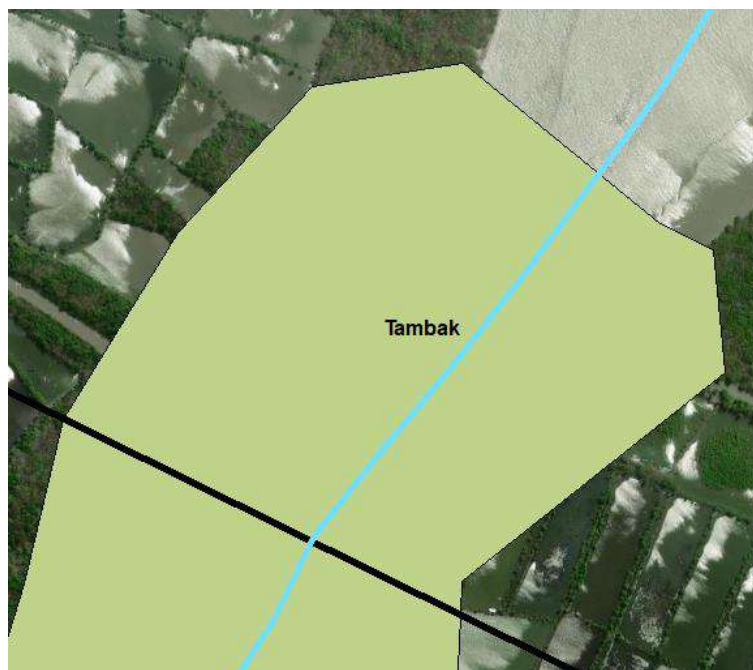
Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.74 Luas *Catchment Area* DAS Buntung dalam 39,548 km

No	Tutupan Lahan	<i>Cathment Area</i> km ²
1	Tambak	0.244

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.74** didapatkan bahwa total luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-39,548 sebesar 0, 244 km². Adapun tutupan lahan pada kilometer ke-39,548 adalah tambak. Berikut merupakan gambar yang menggambarkan luas *catchment area* DAS Buntung pada kilometer ke-39,548 :



Gambar 4.43 Luas *Catchment Area* DAS Buntung pada Kilometer ke 39,548

Sumber: Analisis, 2023

Tahapan selanjutnya adalah penentuan koefisien aliran. Koefisien aliran ditentukan berdasarkan **Tabel 2.12** yang disesuaikan dengan jenis tutupan lahan. Koefisien aliran yang di tentukan berdasarkan **Tabel 2.12** secara langsung hanya dapat digunakan untuk daerah yang mempunyai satu jenis tutupan lahan. Koefisien aliran untuk daerah DAS yang memiliki berbagai jenis tutupan lahan dapat dihitung menggunakan persamaan 3.26 yang disesuaikan dengan **Tabel 2.12**. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai koefisien aliran pada jarak 1 km:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$C = \frac{(0,100 \cdot 0,019) + (0,400 \cdot 0,238) + (0,100 \cdot 0,467)}{0,019 + 0,238 + 0,467}$$

$$C = \frac{0,144}{0,724}$$

$$C = 0,199$$

Koefisien aliran selanjutnya dimasukkan kedalam perhitungan debit rencana. Perhitungan debit rencana menggunakan Metode Rasional. Metode rasional dapat dihitung menggunakan persamaan 3.15 . Berikut merupakan contoh perhitungan debit rencana pada jarak 1 km dengan periode ulang 5 tahun:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$Q = 0,278 \times 0,199 \times 34,76 \times 0,724$$

$$Q = 1,390 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Perhitungan debit rencana dilakukan dalam jarak 1 km sampai 39,548 km pada periode ulang 5, 10, dan 25 tahun. Berikut merupakan tabel debit rencana hujan:

Tabel 4.75 Debit Rencana DAS Buntung dalam 1 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Sawah	0,019	1,900	0,100	1,390	1,649	1,976
2	Pemukiman	0,238	23,800	0,400			
3	Sawah	0,467	46,700	0,100			
Total		0,724	72,400	0,199			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.75** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-1 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,390 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,649 m³/dt,dan periode ulang 25 tahun adalah 1,976 m³/dt.

Tabel 4.76 Debit Rencana DAS Buntung dalam 2 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Sawah	0,287	28,700	0,100	0,277	0,329	0,394

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.76** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-2 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,277 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,329 m³/dt,dan periode ulang 25 tahun adalah 0,394 m³/dt.

Tabel 4.77 Debit Rencana DAS Buntung dalam 3 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Sawah	0,344	34,400	0,100			
2	Pemukiman	0,043	4,300	0,400	0,499	0,592	0,709
	Total	0,387	38,700	0,133			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.77** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-3 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,499 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,592 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 0,709 m³/dt.

Tabel 4.78 Debit Rencana DAS Buntung dalam 4 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Sawah	0,546	54,600	0,100	0,528	0,626	0,750

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.78** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-4 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,528 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,626 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 0,750 m³/dt.

Tabel 4.79 Debit Rencana DAS Buntung dalam 5 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Sawah	0,374	37,400	0,100	0,361	0,429	0,514

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.79** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-5 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,361 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,429 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 0,514 m³/dt.

Tabel 4.80 Debit Rencana DAS Buntung dalam 6 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Sawah	0,336	33,600	0,100			
2	Pemukiman	0,003	0,300	0,400			
3	Pemukiman	0,001	0,100	0,400	0,340	0,404	0,484
	Total	0,340	34,000	0,104			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.80** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-6 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,340 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,404 m³/dt,dan periode ulang 25 tahun adalah 0,484 m³/dt.

Tabel 4.81 Debit Rencana DAS Buntung dalam 7 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Sawah	0,001	0,100	0,100			
2	Sawah	0,021	2,100	0,100			
3	Pemukiman	0,215	21,500	0,400	0,884	1,049	1,257
4	Sawah	0,033	3,300	0,100			
Total		0,270	27,000	0,339			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.81** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-7 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,884 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,049 m³/dt,dan periode ulang 25 tahun adalah 1,257 m³/dt.

Tabel 4.82 Debit Rencana DAS Buntung dalam 8 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Pemukiman	0,002	0,200	0,400			
2	Sawah	0,238	23,800	0,100			
3	Pemukiman	0,014	1,400	0,400	0,292	0,346	0,415
Total		0,254	25,400	0,119			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.82** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-8 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,292 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,346 m³/dt,dan periode ulang 25 tahun adalah 0,415 m³/dt.

Tabel 4.83 Debit Rencana DAS Buntung dalam 9 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Sawah	0,031	3,100	0,100			
2	Pemukiman	0,266	26,600	0,400			
3	Sawah	0,004	0,400	0,100	1,062	1,260	1,510
Total		0,301	30,100	0,365			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.83** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-9 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,062 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,260 m³/dt,dan periode ulang 25 tahun adalah 1,510 m³/dt.

Tabel 4.84 Debit Rencana DAS Buntung dalam 10 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Sawah	0,165	16,500	0,100			
2	Pemukiman	0,155	15,500	0,400	0,759	0,900	1,079
Total		0,320	32,000	0,245			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.84** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-10 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,759 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,900 m³/dt,dan periode ulang 25 tahun adalah 1,079 m³/dt.

Tabel 4.85 Debit Rencana DAS Buntung dalam 11 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Sawah	0,117	11,700	0,100			
2	Pemukiman	0,190	19,000	0,400	0,848	1,006	1,205
Total		0,307	30,700	0,286			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.85** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-11 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,848 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,006 m³/dt,dan periode ulang 25 tahun adalah 1,205 m³/dt.

Tabel 4.86 Debit Rencana DAS Buntung dalam 12 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Pemukiman	0,178	17,800	0,400			
2	Sawah	0,063	6,300	0,100	0,749	0,889	1,065
Total		0,241	24,100	0,322			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.86** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-12 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,749 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,889 m³/dt,dan periode ulang 25 tahun adalah 1,065 m³/dt.

Tabel 4.87 Debit Rencana DAS Buntung dalam 13 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Sawah	0,002	0,200	0,100			
2	Pemukiman	0,270	27,000	0,400	1,046	1,241	1,487
	Total	0,272	27,200	0,398			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.87** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-13 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,046 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,241 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 1,487 m³/dt.

Tabel 4.88 Debit Rencana DAS Buntung dalam 14 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Pemukiman	0,371	37,100	0,400			
2	Sawah	0,040	4,000	0,100	1,473	1,747	2,094
	Total	0,411	41,100	0,371			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.88** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-14 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,473 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,747 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 2,094 m³/dt.

Tabel 4.89 Debit Rencana DAS Buntung dalam 15 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Sawah	0,350	35,000	0,100			
2	Sawah	0,001	0,100	0,100			
3	Tanah Terbuka	0,032	3,200	0,300	0,090	0,107	0,128
4	Sawah	0,001	0,100	0,100			
5	Pemukiman	0,033	3,300	0,400			
	Total	0,067	6,700	0,139			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.89** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-15 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,090 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,107 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 0,128 m³/dt.

Tabel 4.90 Debit Rencana DAS Buntung dalam 16 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Sawah	0,234	23,400	0,100			
2	Pemukiman	0,218	21,800	0,400	1,069	1,268	1,520
	Total	0,452	45,200	0,245			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.90** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-16 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,069 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,268 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 1,520 m³/dt.

Tabel 4.91 Debit Rencana DAS Buntung dalam 17 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Pemukiman	0,349	34,900	0,400			
2	Sawah	0,074	7,400	0,100	1,421	1,685	2,020
	Total	0,423	42,300	0,348			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.91** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-17 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,421 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,685 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 2,020 m³/dt.

Tabel 4.92 Debit Rencana DAS Buntung dalam 18 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Pemukiman	0,294	29,400	0,400	1,137	1,348	1,616

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.92** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-18 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,137 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,348 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 1,616 m³/dt.

Tabel 4.93 Debit Rencana DAS Buntung dalam 19 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Pemukiman	0,436	43,600	0,400	1,685	2,000	2,397

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.93** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-19 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,685 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 2,000 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 2,397 m³/dt.

Tabel 4.94 Debit Rencana DAS Buntung dalam 20 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Sawah	0,102	10,200	0,100			
2	Pemukiman	0,282	28,200	0,400	1,189	1,410	1,690
	Total	0,384	38,400	0,320			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.94** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-20 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,189 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,410 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 1,690 m³/dt.

Tabel 4.95 Debit Rencana DAS Buntung dalam 21 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Pemukiman	0,415	41,500	0,400	1,604	1,903	2,281

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.95** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-21 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,604 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,903 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 2,081 m³/dt.

Tabel 4.96 Debit Rencana DAS Buntung dalam 22 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Pemukiman	0,358	35,800	0,400	1,384	1,642	1,968

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.96** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-22 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,384 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,642 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 1,968 m³/dt.

Tabel 4.97 Debit Rencana DAS Buntung dalam 23 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Pemukiman	0,295	29,500	0,400	1,140	1,353	1,622

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.23** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-23 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,140 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,353 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 1,622 m³/dt.

Tabel 4.98 Debit Rencana DAS Buntung dalam 24 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Pemukiman	0,395	39,500	0,400	1,527	1,812	2,171

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.98** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-24 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,527 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,812 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 2,171 m³/dt.

Tabel 4.99 Debit Rencana DAS Buntung dalam 25 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Pemukiman	0,345	34,500	0,400	1,334	1,582	1,896

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.99** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-25 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,334 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,582 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 1,896 m³/dt.

Tabel 4.100 Debit Rencana DAS Buntung dalam 26 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Pemukiman	0,415	41,500	0,400	1,604	1,903	2,281

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.100** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-26 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,604 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,903 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 2,281 m³/dt.

Tabel 4.101 Debit Rencana DAS Buntung dalam 27 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km ²	ha				
1	Pemukiman	0,320	32,000	0,400	1,237	1,468	1,759

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.101** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-27 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,237 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,468 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 1,759 m³/dt.

Tabel 4.102 Debit Rencana DAS Buntung dalam 28 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km ²	ha				
1	Pemukiman	0,320	32,000	0,400	1,237	1,468	1,759

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.102** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-28 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,237 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,468 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 1,759 m³/dt.

Tabel 4.103 Debit Rencana DAS Buntung dalam 29 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km ²	ha				
1	Pemukiman	0,317	31,700	0,400	1,225	1,454	1,742

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.103** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-29 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,225 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,454 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 1,742 m³/dt.

Tabel 4.104 Debit Rencana DAS Buntung dalam 30 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km ²	ha				
1	Pemukiman	0,347	34,700	0,400			
2	Tambak	0,009	0,900	0,100	1,350	1,602	1,920
	Total	0,356	35,600	0,392			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.104** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-30 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 1,350 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,602 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 1,920 m³/dt.

Tabel 4.105 Debit Rencana DAS Buntung dalam 31 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Tambak	0,184	18,400	0,100			
2	Pemukiman	0,099	9,900	0,400	0,561	0,665	0,797
	Total	0,283	28,300	0,205			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.105** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-31 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,561 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,665 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 0,797 m³/dt.

Tabel 4.106 Debit Rencana DAS Buntung dalam 32 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Tambak	0,147	14,700	0,100			
2	Pemukiman	0,195	19,500	0,400	0,896	1,063	1,274
	Total	0,342	34,200	0,271			

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.106** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-32 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,896 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 1,063 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 1,274 m³/dt.

Tabel 4.107 Debit Rencana DAS Buntung dalam 33 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Tambak	0,387	38,700	0,100	0,374	0,444	0,532

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.107** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-33 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,374 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,444 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 0,532 m³/dt.

Tabel 4.108 Debit Rencana DAS Buntung dalam 34 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Tambak	0,321	32,100	0,100	0,310	0,368	0,441

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.108** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-34 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,310 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,368 m³/dt,dan periode ulang 25 tahun adalah 0,441 m³/dt.

Tabel 4.109 Debit Rencana DAS Buntung dalam 35 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Tambak	0,214	21,400	0,100	0,207	0,245	0,294

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.109** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-35 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,207 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,245 m³/dt,dan periode ulang 25 tahun adalah 0,294 m³/dt.

Tabel 4.110 Debit Rencana DAS Buntung dalam 36 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Tambak	0,246	24,600	0,100	0,238	0,282	0,338

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.110** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-36 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,238 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,282 m³/dt,dan periode ulang 25 tahun adalah 0,338 m³/dt.

Tabel 4.111 Debit Rencana DAS Buntung dalam 37 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Tambak	0,250	25,000	0,100	0,242	0,287	0,344

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.111** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-37 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,242 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,287 m³/dt,dan periode ulang 25 tahun adalah 0,344 m³/dt.

Tabel 4.112 Debit Rencana DAS Buntung dalam 38 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Tambak	0,495	49,500	0,100	0,478	0,568	0,680

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.112** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-38 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,478 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,568 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 0,680 m³/dt.

Tabel 4.113 Debit Rencana DAS Buntung dalam 39 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Tambak	0,437	43,700	0,100	0,448	0,532	0,638

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.113** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke-39 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,448 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,532 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 0,638 m³/dt.

Tabel 4.114 Debit Rencana DAS Buntung dalam 39,548 km

No	Tutupan Lahan	Cathment Area		C	Q5	Q10	Q25
		km2	ha				
1	Tambak	0,244	24,400	0,100	0,255	0,303	0,363

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.114** didapatkan bahwa debit periode ulang area DAS Buntung pada kilometer ke- 39,548 dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar sebesar 0,255 m³/dt, periode ulang 10 tahun adalah 0,303 m³/dt, dan periode ulang 25 tahun adalah 0,363 m³/dt.

Perbedaan nilai debit pada setiap kilometer selain disebabkan oleh perbedaan luas *catchment area* dan perbedaan nilai intensitas hujan juga disebabkan oleh jenis tata guna lahan. Perbedaan nilai debit akibat jenis tata guna lahan disebabkan oleh perbedaan nilai koefisien aliran (C), nilai koefisien aliran (C) yang semakin besar akan diimbangi dengan nilai debit banjir yang semakin besar, begitu juga sebaliknya (Rachmayanti dkk., 2022).

Nilai debit yang digunakan pada penginputan HEC-RAS adalah nilai debit yang berada pada daerah Kecamatan Waru. Nilai debit yang masuk dalam Kecamatan Waru adalah nilai debit pada jarak 21 km sampai jarak 38 km. Setelah dijumlahkan maka diketahui bahwa debit untuk periode ulang 5 tahun di Kecamatan Waru adalah 16,948 m³/dt, debit untuk

periode ulang 10 tahun di Kecamatan Waru adalah 20,108 m³/dt, dan debit untuk periode ulang 25 tahun di Kecamatan Waru adalah 24,099 m³/dt.

4.1.8 Perbandingan Metode Perhitungan Debit Banjir Rencana

Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk memperkirakan debit banjir rencana. Jenis metode yang dipilih dapat mempengaruhi besaran debit rencana. Perbandingan antara metode perhitungan debit rencana dapat dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan nilai yang dihasilkan dari metode yang digunakan. Perbandingan metode perhitungan debit rencana dengan penelitian lainnya dapat dilihat pada **Tabel 4.115:**

Tabel 4.115 Perbandingan Metode Perhitungan Debit Rencana dengan Penelitian Lain

No	Luas DAS (km ²)	Hujan Periode Ulang (mm)	Metode	Debit Rencana (m ³ /detik)	Referensi
1.	43,8	2 Tahun = 94,7479 5 Tahun = 119,7961 10 Tahun = 135,98 20 Tahun = 156,1116 50 Tahun = 170,9208	HSS Nakayasu	2 Tahun = 132,543 5 Tahun = 174,383 10 Tahun = 212,361 20 Tahun = 224,264 50 Tahun = 241,521	Sutapa, 2020
2.	720	2 Tahun = 100,8260 5 Tahun = 111,0499 10 Tahun = 115,7816 25 Tahun = 120,303805 50 Tahun = 122,9357782	HSS Nakayasu Dan Rasional	HSS Nakyasu 2 Tahun = 281,191 5 Tahun = 309,704 10 Tahun = 322,900 25 Tahun = 335,512 50 Tahun = 342,853 Rasional 2 Tahun = 1889,96427 5 Tahun = 2081,61083 10 Tahun = 2170,3040 25 Tahun = 2255,0727 50 Tahun = 2304,4085	Anandia dkk., 2016
3	342	50 Tahun = 105,875	HSS Snyder Dan HSS SCS (Soil Conservation Service)	HSS Snyder 50 Tahun = 1228,162 HSS SCS 50 Tahun = 523,174	Wigati & Soedarsono, 2016
4	14,230	5 Tahun = 100,275 10 Tahun = 118,969 25 tahun = 142,586	Rasional	5 Tahun = 16,948 10 Tahun = 20,108 25 tahun = 24,099	Data Penelitian Ini

Sumber: Diambil dari berbagai sumber, 2023

Tabel 4.115 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai yang dihasilkan pada tiap metode. Penelitian Anandia dkk (2016) menunjukkan secara jelas bahwa nilai debit rencana pada metode Rasional memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan metode HSS (Hidrograf Satuan Sintetis) Nakayasu. Hal itu dikarenakan metode Rasional berfokus pada perhitungan debit puncak dengan menggunakan waktu konsentrasi tertinggi, sedangkan metode HSS (Hidrograf Satuan Sintetis) berfokus pada hubungan antara DAS dan hujan pada tiap jam nya (Suripin, 2004). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode rasional, sehingga nilai yang digunakan adalah nilai debit puncak pada tiap periode ulang.

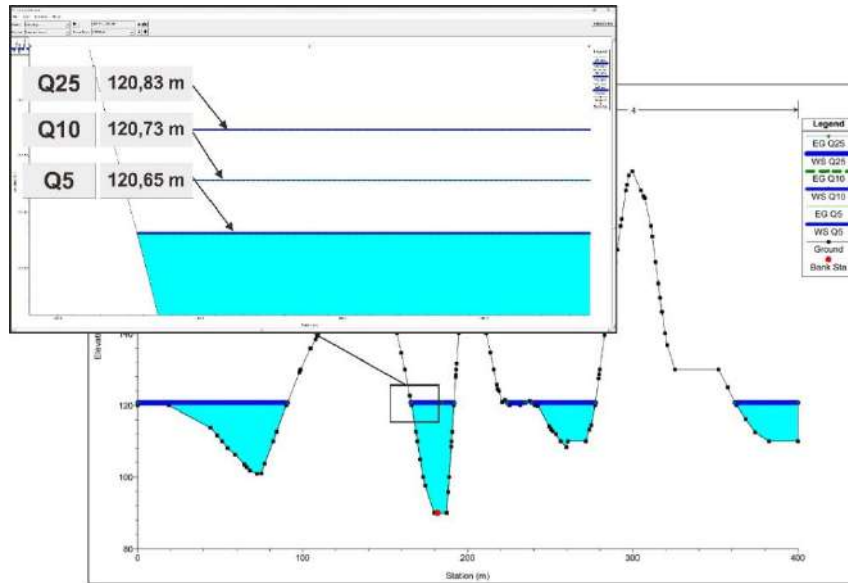
4.2 Pemodelan Genangan Banjir menggunakan HEC-RAS

4.2.1 Simulasi Banjir DAS Buntung

Dilakukan simulasi genangan banjir DAS Buntung menggunakan software HEC-RAS. Simulasi genangan banjir pada *software* HEC-RAS menggunakan data geometrik sungai yang berupa penampang sungai untuk penentuan daya tampung sungai dan data hidrologi sebagai data masukan aliran (Bachri dkk., 2021). Data hidrologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah debit rencana dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun. Simulasi banjir mendapatkan data luas genangan dan tinggi genangan per *cross-section*.

a. Profil muka air aliran tipe *Steady Flow*

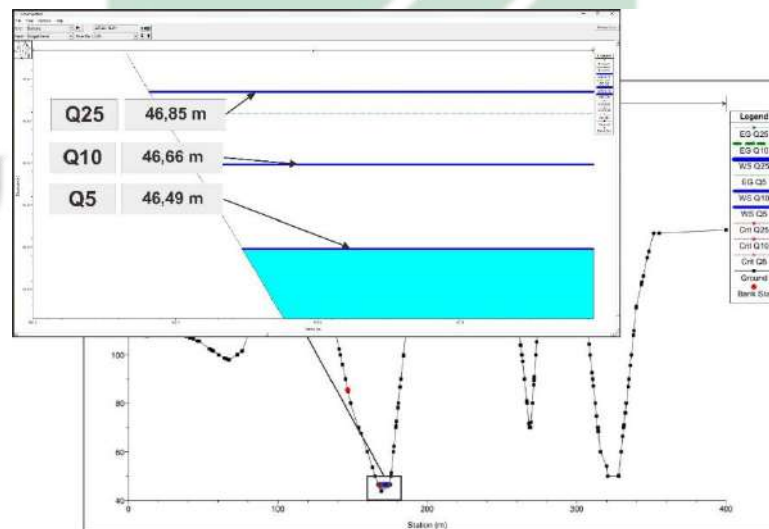
Penggunaan HEC-RAS untuk melakukan simulasi aliran tipe *Steady Flow* menghasilkan gambaran tinggi muka air pada setiap penampang melintang sungai. Aliran tipe *Steady Flow* dipilih dalam pemodelan banjir di DAS Buntung disebabkan fokus dari penelitian ini adalah luas dan kedalaman banjir (Ulrich, 2019). Aliran tipe *Unsteady Flow* dipilih apabila yang menjadi fokus penelitian adalah volume banjir (Aimé Konan, 2018).



Gambar 4.44 Penampang Melintang Hulu DAS Buntung

Sumber: Analisis, 2023

Gambar 4.44 menjelaskan bahwa terjadi perbedaan ketinggian genangan pada tiap periode ulang yang berada hulu sungai. Genangan yang tertinggi adalah genangan dengan periode ulang 25 tahun yang memiliki ketinggian 120,83 m. Genangan yang terendah adalah genangan dengan periode ulang 5 tahun yang memiliki ketinggian 120,65 m.



Gambar 4.45 Penampang Melintang Hilir DAS Buntung

Sumber: Analisis, 2023

Gambar 4.45 menjelaskan bahwa terjadi perbedaan ketinggian genangan pada tiap periode ulang yang berada hilir sungai. Genangan yang tertinggi adalah genangan dengan periode ulang 25 tahun yang memiliki ketinggian 46,49 m. Genangan yang terendah adalah genangan dengan periode ulang 5 tahun yang memiliki ketinggian 46,85 m. Gambaran tinggi muka air pada hulu dan hilir sungai diperlihatkan dalam model satu dimensi berdasarkan jumlah aliran pada periode ulang 5, 10, dan 25 tahun.

Tabel 4.116 Tinggi Genangan dengan Periode Ulang 5, 10, dan 25 Tahun pada Hulu Sungai

Periode Ulang (Tahun)	5	10	25
Tinggi Genangan Hulu (m)	120,65	120,73	120,83
Selisih (m)	0	0,08	0,1

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.116 menjelaskan bahwa terdapat selisih besaran pada ketinggian genangan tiap periode ulang. Selisih antara ketinggian pada periode ulang 5 tahun dan 10 tahun adalah 0,08 m. Selisih antara periode ulang 10 tahun dan 25 tahun adalah 0,1 m.

Tabel 4.117 Tinggi Genangan dengan Periode Ulang 5, 10, dan 25 Tahun pada Hilir Sungai

Periode Ulang (Tahun)	5	10	25
Tinggi Genangan Hilir (m)	46,49	46,66	46,85
Selisih	0	0,17	0,19

Sumber: Analisis, 2023

Tabel 4.117 menjelaskan bahwa terdapat selisih besaran pada ketinggian genangan tiap periode ulang. Selisih antara ketinggian pada periode ulang 5 tahun dan 10 tahun adalah 0,17 m. Selisih antara periode ulang 10 tahun dan 25 tahun adalah 0,19 m.

Terjadi perbedaan tinggi genangan pada tiap periode ulang. Hal itu selaras dengan **Tabel 4.118** yang menunjukkan perbedaan tinggi genangan pada penelitian Sholikha dkk (2022) yang dibandingkan dengan penelitian ini.

Tabel 4.118 Perbandingan Tinggi Genangan

No	Debit Periode Ulang (m ³ /detik)	Tinggi Genangan (m)	Referensi			
1.	<ul style="list-style-type: none"> • 2 Tahun = 65,259 • 5 Tahun = 860,709 • 10 Tahun = 1057,981 • 20 Tahun = 1325,252 • 50 Tahun = 1532,069 • 100 Tahun = 1754,795 	Hulu	Sholikha dkk., 2022			
		<ul style="list-style-type: none"> • 2 Tahun = 6,91 • 5 Tahun = 9,70 • 10 Tahun = 9,97 				
		<ul style="list-style-type: none"> • 25 Tahun = 10,31 • 50 Tahun = 10,54 • 100 Tahun = 10,76 				
		Hilir				
		<ul style="list-style-type: none"> • 2 Tahun = 1,70 • 5 Tahun = 3,26 • 10 Tahun = 3,42 • 25 Tahun = 3,60 • 50 Tahun = 3,74 • 100 Tahun = 3,87 				
		2.		<ul style="list-style-type: none"> • 5 Tahun = 16,948 • 10 Tahun = 20,108 • 25 tahun = 24,099 	Hulu	Data Penelitian Ini
					<ul style="list-style-type: none"> • 5 Tahun = 120,65 • 10 Tahun = 120,73 • 25 tahun = 120,83 	
					Hilir	
					<ul style="list-style-type: none"> • 5 Tahun = 46,49 • 10 Tahun = 46,66 • 25 tahun = 46,85 	

Sumber: Diambil dari berbagai sumber, 2023

Pada penelitian Sholikha dkk (2022) terjadi peningkatan tinggi genangan yang diawali dari periode ulang 2 tahun dengan tinggi genangan 6,91 m pada bagian hulu dan 1,79 m pada bagian hilir hingga periode ulang 100 tahun dengan tinggi genangan 10,76 m pada bagian hulu dan 3,87 m pada bagian hilir. **Tabel 4.118** menunjukkan bahwa terjadi peningkatan tinggi genangan pada penelitian Sholikha dkk (2022) maupun penelitian ini seiring dengan perubahan jumlah aliran pada penambahan periode ulang (Sholikha dkk., 2022).

b. Luas daerah sebaran genangan banjir

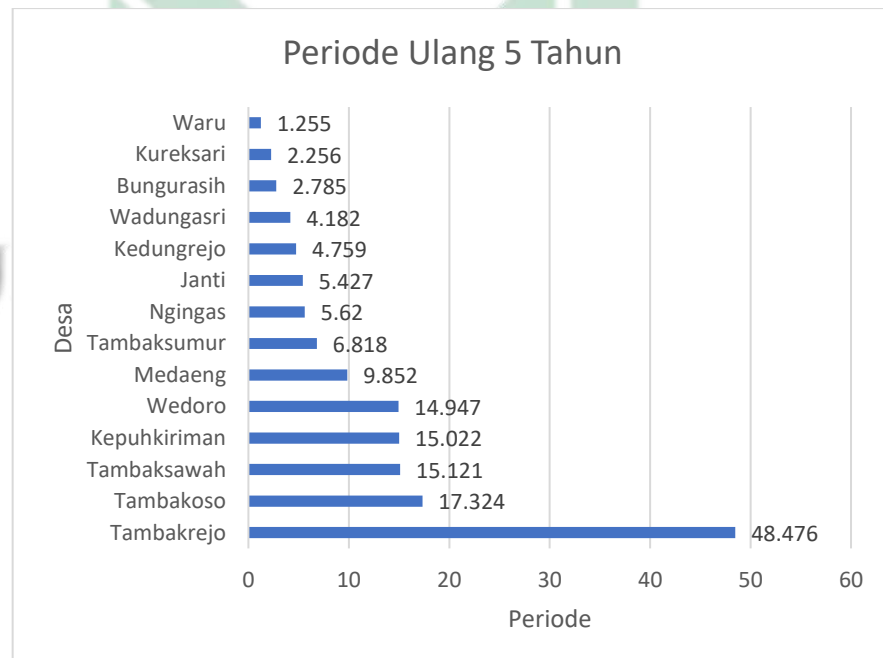
Hasil pemetaan menunjukkan adanya perbedaan luas genangan banjir di 14 Desa di Kecamatan Waru. Luas genangan banjir mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya periode ulang kejadian banjir (Sholikha dkk., 2022). Luas genangan banjir pada periode ulang 5 tahun dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.119 Daerah Terdampak dengan Periode Ulang 5 Tahun

No	Desa	Kec	Luas (ha)
1	Tambakrejo	Waru	48,476
2	Tambakoso	Waru	17,324
3	Tambaksawah	Waru	15,121
4	Kepuhkiriman	Waru	15,022
5	Wedoro	Waru	14,947
6	Medaeng	Waru	9,852
7	Tambaksumur	Waru	6,818
8	Ngingas	Waru	5,62
9	Janti	Waru	5,427
10	Kedungrejo	Waru	4,759
11	Wadungasri	Waru	4,182
12	Bungurasih	Waru	2,785
13	Kureksari	Waru	2,256
14	Waru	Waru	1,255
Total			153,844

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan hasil simulasi genangan banjir dengan periode ulang 5 tahun, maka didapatkan bahwa desa yang terdampak genangan paling besar adalah Desa Tambakrejo dengan luas genangan adalah 48,476 ha. Diikuti dengan Desa Tambakoso dengan luas genangan adalah 17,324 ha.



Gambar 4.46 Diagram Daerah Terdampak dengan Periode Ulang 5 Tahun

Sumber: Analisis, 2023





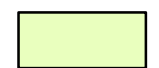
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
 SURABAYA

Skala: 1:55,004
 0 345 690 1,380 2,070 2,760
 M



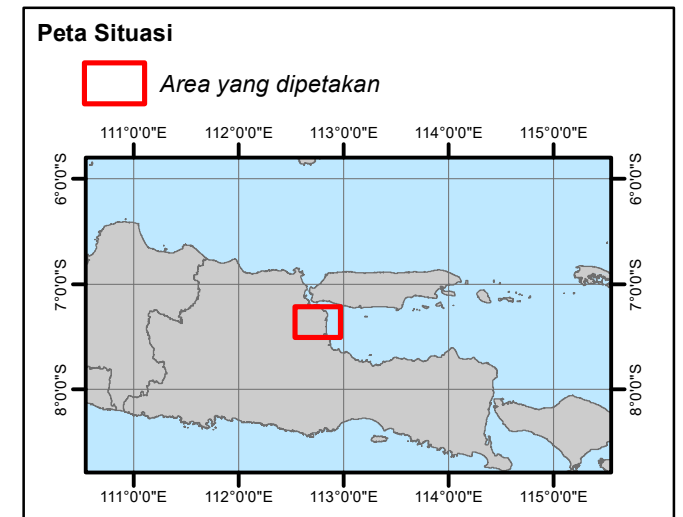
Datum : World Geodetic System 1984
 System Grid : Geografi - Interval 50 Minutes
 Proyeksi : WGS 1984 UTM Zona 49S

Keterangan Peta:

-  Luapan Sungai Buntung
-  Batas Kecamatan Waru
-  Desa di Kecamatan Waru

Dasar dan Sumber Peta:

1. Google Earth Tahun 2023
2. Balai Wilayah Sungai Jawa Timur
3. Pemodelan Genangan Banjir Tahun 2023



Gambar 4.47
 Peta Genangan Periode
 Ulang 5 Tahun

Nomor Halaman
160

Nama dan Tahun Pembuatan Peta:

Nama Peta : Peta Genangan Periode Ulang 5 Tahun
 Nama Pembuat : A. Fadhil L. Daeng Maro
 Tahun Pembuatan : 2023

Adapun luas genangan banjir pada periode ulang 10 tahun dapat dilihat pada tabel berikut:

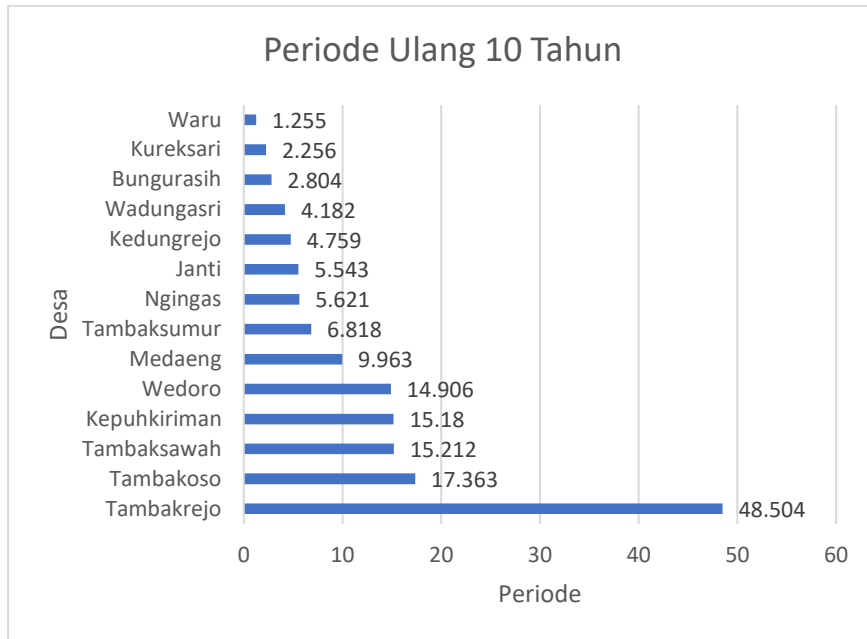
Tabel 4.120 Daerah Terdampak dengan Periode Ulang 10 Tahun

No	Desa	Kec	Luas (ha)
1	Tambakrejo	Waru	48,504
2	Tambakoso	Waru	17,363
3	Tambaksawah	Waru	15,212
4	Kepuhkiriman	Waru	15,18
5	Wedoro	Waru	14,906
6	Medaeng	Waru	9,963
7	Tambaksumur	Waru	6,818
8	Ngingas	Waru	5,621
9	Janti	Waru	5,543
10	Kedungrejo	Waru	4,759
11	Wadungasri	Waru	4,182
12	Bungurasih	Waru	2,804
13	Kureksari	Waru	2,256
14	Waru	Waru	1,255
	Total		154,366

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan hasil simulasi genangan banjir dengan periode ulang 10 tahun, maka didapatkan bahwa desa yang terdampak genangan paling besar adalah Desa Tambakrejo dengan luas genangan adalah 48.504 ha. Diikuti dengan Desa Tambakoso dengan luas genangan adalah 17,363 ha

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.48 Diagram Daerah Terdampak dengan Periode Ulang 10 Tahun

Sumber: Analisis, 2023

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A





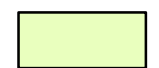
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
 SURABATA

Skala: 1:55,004
 0 345 690 1,380 2,070 2,760
 M



Datum : World Geodetic System 1984
 System Grid : Geografi - Interval 50 Minutes
 Proyeksi : WGS 1984 UTM Zona 49S


Keterangan Peta:


-  Luapan Sungai Buntung
-  Batas Kecamatan Waru
-  Desa di Kecamatan Waru

Dasar dan Sumber Peta:

1. Google Earth Tahun 2023
2. Balai Wilayah Sungai Jawa Timur
3. Pemodelan Genangan Banjir Tahun 2023

Peta Situasi

 Area yang dipetakan



Gambar 4.49
 Peta Genangan Periode
 Ulang 10 Tahun

Nomor Halaman
163

Nama dan Tahun Pembuatan Peta:

Nama Peta : Peta Genangan Periode Ulang 10 Tahun
 Nama Pembuat : A. Fadhil L. Daeng Maro
 Tahun Pembuatan : 2023

Adapun luas genangan banjir pada periode ulang 25 tahun dapat dilihat pada tabel berikut:

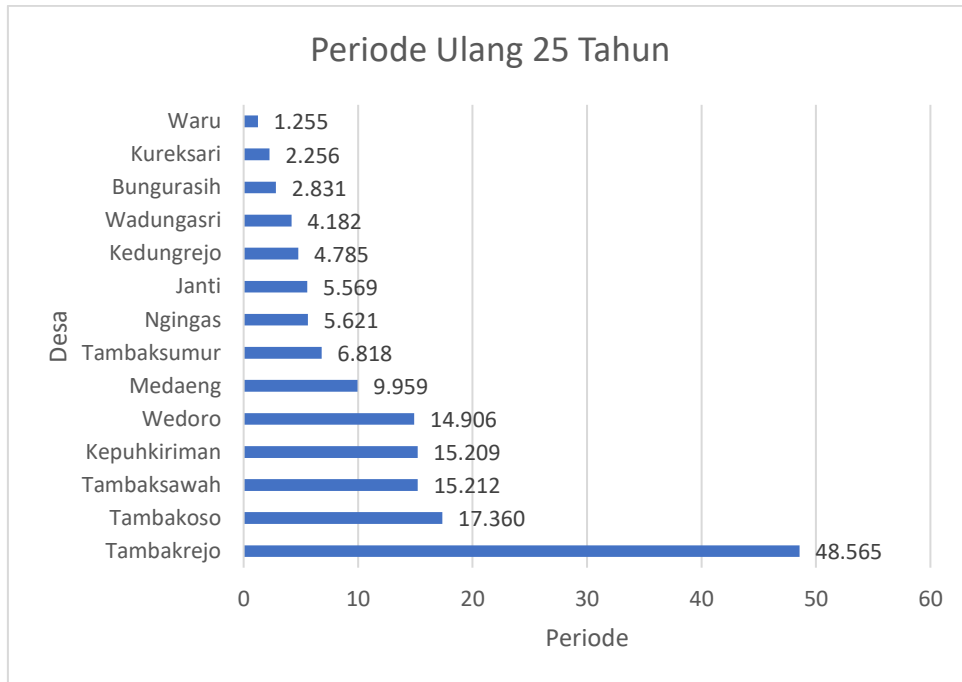
Tabel 4.121 Daerah Terdampak dengan Periode Ulang 25 Tahun

No	Desa	Kec	Luas (ha)
1	Tambakrejo	Waru	48,565
2	Tambakoso	Waru	17,360
3	Tambaksawah	Waru	15,212
4	Kepuhkiriman	Waru	15,209
5	Wedoro	Waru	14,906
6	Medaeng	Waru	9,959
7	Tambaksumur	Waru	6,818
8	Ngingas	Waru	5,621
9	Janti	Waru	5,569
10	Kedungrejo	Waru	4,785
11	Wadungasri	Waru	4,182
12	Bungurasih	Waru	2,831
13	Kureksari	Waru	2,256
14	Waru	Waru	1,255
	Total		154,528

Sumber: Analisis, 2023

Berdasarkan hasil simulasi genangan banjir dengan periode ulang 10 tahun, maka didapatkan bahwa desa yang terdampak genangan paling besar adalah Desa Tambakrejo dengan luas genangan adalah 48.565 ha. Diikuti dengan Desa Tambakoso dengan luas genangan adalah 17,360 ha.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.50 Diagram Daerah Terdampak dengan Periode Ulang 25 Tahun

Sumber: Analisis, 2023

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A





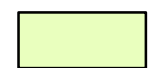
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
 SURABATA

Skala: 1:55,004
 0 345 690 1,380 2,070 2,760
 M



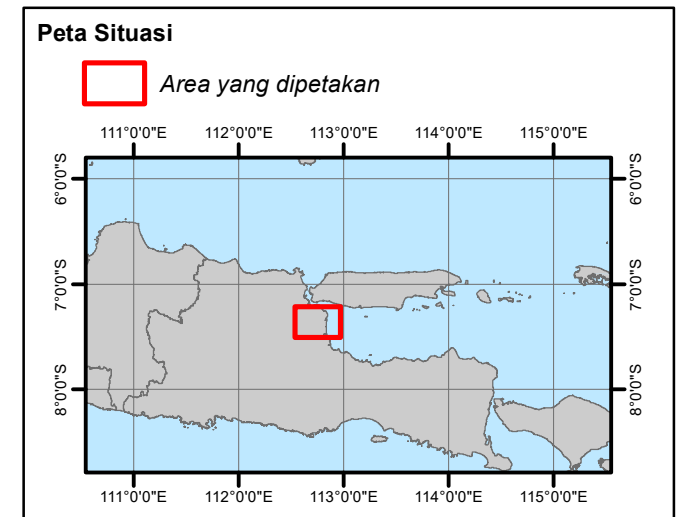
Datum : World Geodetic System 1984
 System Grid : Geografi - Interval 50 Minutes
 Proyeksi : WGS 1984 UTM Zona 49S

Keterangan Peta:

-  Luapan Sungai Buntung
-  Batas Kecamatan Waru
-  Desa di Kecamatan Waru

Dasar dan Sumber Peta:

1. Google Earth Tahun 2023
2. Balai Wilayah Sungai Jawa Timur
3. Pemodelan Genangan Banjir Tahun 2023



Gambar 4.51
 Peta Genangan Periode
 Ulang 25 Tahun

Nomor Halaman
166

Nama dan Tahun Pembuatan Peta:

Nama Peta : Peta Genangan Periode Ulang 25 Tahun
 Nama Pembuat : A. Fadhil L. Daeng Maro
 Tahun Pembuatan : 2023

Dapat disimpulkan bahwa desa yang memiliki risiko terdampak genangan banjir terluas dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun adalah Desa Tambakrejo, diikuti dengan Desa Tambakoso. Desa yang memiliki risiko terdampak genangan banjir terkecil dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun adalah Desa Waru. Terjadinya genangan setiap periode ulang di Kecamatan Waru disebabkan oleh topografi yang rendah, selain itu disebabkan juga oleh pemukiman yang padat karena mengakibatkan rendahnya Desa resapan air (Sholikha dkk., 2022).

c. Ketelitian data geometrik

Kesimpulan luas genangan berdasarkan hasil pemodelan memiliki perbedaan nilai dengan luas genangan yang diperoleh di lapangan. Data kejadian genangan tahun 2022 Dinas PU Bina Marga dan Sumber Daya Air menunjukkan bahwa luas genangan pada Desa Tambakrejo adalah 98 ha sedangkan berdasarkan hasil pemodelan menunjukkan bahwa luas genangan pada Desa Tambakrejo dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun adalah 48 ha. Salah satu faktor yang menyebabkan perbedaan hasil tersebut adalah adanya masalah pada kualitas data geometrik yang kurang memadai, yang mengakibatkan ketidakakuratan dari hasil yang diperoleh.

Dalam kasus ini, perangkat lunak yang digunakan adalah ArcGIS dengan ekstensi HEC-GeoRAS. Perangkat ini menginterpretasikan ketinggian pohon, bangunan rumah, dan elemen lainnya sebagai titik-titik tinggi yang membentuk kontur (Laksono, 2011). Akibatnya, daerah yang seharusnya tidak tergenang mengalami genangan. Kesalahan ini disebabkan oleh proses pembentukan DEM (*Digital Elevation Model*) yang menggunakan foto udara. **Gambar 4.52** menunjukkan contoh kesalahan genangan banjir akibat kesalahan data geometrik.



Gambar 4.52 Contoh Kesalahan Genangan Banjir Akibat
Kesalahan Data Geometrik

Namun, penelitian ini berhasil menggambarkan daerah rawan banjir akibat luapan DAS Buntung di Kecamatan Waru walaupun masih belum teliti. Dengan demikian, apabila data elevasi yang lebih teliti tersedia, analisis yang lebih akurat dapat dilakukan menggunakan metode yang sama, sehingga dapat menghasilkan model yang lebih akurat. Data elevasi sungai yang lebih teliti dapat diperoleh melalui pengukuran langsung dengan menggunakan theodolite dan waterpass (Mutia dkk., 2020)

4.2.2 Validasi Data Genangan

Validasi data genangan bertujuan untuk melihat seberapa baik hasil pemodelan apabila dibandingkan dengan data di lapangan. Data yang dibandingkan pada penelitian ini adalah data luas genangan hasil pemodelan dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun dengan data kejadian genangan tahun 2022 Dinas PU Bina Marga dan Sumber Daya Air. Jenis metode validasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). MAPE merupakan rata-rata kesalahan absolut (Kim & Kim, 2016). Perhitungan MAPE menggunakan persamaan 3.27. Berikut merupakan perhitungan validasi genangan banjir akibat luapan DAS Buntung di kecamatan waru:

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|$$

$$MAPE = \frac{|(168 - 153,767) + (168 - 153,998) + (168 - 154,365)|}{168 + 168 + 168}$$

$$MAPE = \frac{3}{3}$$

$$MAPE = 0.08307540$$

$$MAPE = 8,308\%$$

Berikut merupakan hasil validasi genangan banjir akibat luapan DAS Buntung di kecamatan waru:

Tabel 4.122 Hasil Validasi Genangan Banjir Akibat Luapan DAS Buntung Di

Kecamatan Waru					
Periode Ulang	Luas Banjir (ha)		Error	Nilai Abolut Error	MAPE
	Pemodelan	Data			
Q	Ft	At	At-Ft	At-Ft	(At-Ft)/At
Q5	153,844	168	14,156	14,156	0,084261905
Q10	154,366	168	13,634	13,634	0,081154762
Q25	154,528	168	13,472	13,472	0,080190476
Total					0,245607143
n					3
MAPE					8%

Validasi menunjukkan bahwa nilai MAPE adalah 8 %. Berdasarkan **Tabel 3.2** nilai tersebut dapat dikategorikan sangat baik. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pemodelan genangan banjir akibat luapan DAS Buntung di Kecamatan Waru dengan menggunakan *software* HEC-RAS memiliki hasil yang sangat baik.

4.2.3 Upaya Mitigasi

Pemodelan genangan banjir dengan menggunakan HEC-RAS menggabungkan 2 data yaitu data hidrologi dan data geometrik sungai. Hasil pemodelan genangan banjir dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun menunjukkan bahwa DAS Buntung mengalami banjir pada tiap periode ulang. Banjir tersebut disebabkan oleh geometrik sungai yang tidak dapat menampung tingginya nilai debit banjir periode ulang. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya mitigasi untuk menanggulangi masalah tersebut.

Upaya mitigasi yaang direkomendasikan pada penelitian ini adalah normalisasi DAS Buntung. Normalisasi sungai merupakan upaya untuk meningkatkan kapasitas tampungan sungai dengan cara memperluas dimensi sungai. Modul 6 Morfologi Sungai tentang Pelatihan Perencanaan Teknik Sungai yang dikeluarkan oleh Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi (2017) menjelaskan bahwa terdapat beberapa bentuk normalisasi antara lain:

1. Perbaiki bentuk penampang melintang sungai.
2. Mengatur penampang memanjang sungai.
3. Melakukan rekonstruksi bangunan di sepanjang sungai yang tidak sesuai dan mengganggu pengaliran banjir.
4. Pengerukan alur sungai.

Dalam upaya normalisasi sungai perlu dilakukan beberapa analisis, diantaranya analisis hidrologi, analisis hidrolika, analisis sedimentasi, dan analisis aspek ekonomi. Analisis tersebut bertujuan agar tidak terjadi kesalahan dan kerugian dalam melakukan analisis sungai.

Modul 4 Metode Pengendalian Banjir tentang Pelatihan Pengendalian Banjir yang dikeluarkan oleh Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi (2017) menjelaskan bahwa perubahan yang dilakukan dalam upaya normalisasi sungai dapat mempengaruhi dimensi sungai, kemiringan sungai, lebar sungai, kedalaman sungai, dan sedimen sungai. Perubahan yang terjadi akan mengarah menuju bentuk keseimbangan sungai yang baru.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan hidrologi debit banjir dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun di DAS Buntung Kecamatan Waru secara berturut turut adalah sebesar 16,948 m³/dt, 20,108 m³/dt, dan 24,099 m³/dt. Berdasarkan hasil pemodelan menunjukkan bahwa nilai hidrologi debit banjir dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun tidak dapat ditampung oleh DAS Buntung.
2. Lokasi genangan akibat luapan DAS Buntung dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun yang memiliki risiko terdampak genangan banjir terbesar adalah Desa Tambakrejo, diikuti dengan Desa Tambakoso. Desa yang memiliki risiko terdampak genangan banjir terkecil dengan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun adalah Desa Waru.
3. Berdasarkan hasil pemodelan menunjukkan bahwa DAS Buntung mengalami banjir pada setiap periode ulang. Banjir tersebut disebabkan oleh geometrik sungai yang tidak dapat menampung tingginya nilai debit banjir periode ulang. Oleh karena itu perlu mitigasi untuk mengatasi banjir akibat luapan DAS Buntung. Mitigasi yang direkomendasikan adalah dilakukan normalisasi DAS Buntung.

5.2 Saran

Adapun saran yang diajukan untuk rekomendasi penelitian selanjutnya mengenai pemodelan genangan banjir di DAS Buntung Kecamatan Waru adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengukuran secara langsung untuk mendapatkan data elevasi yang lebih teliti. Sehingga dapat dilakukan analisis yang lebih akurat dengan

menggunakan metode yang sama agar dapat menghasilkan model yang lebih akurat.

2. Diharapkan menggunakan perhitungan hidrologi debit per jam, agar dapat dilakukan pemodelan 2 dimensi dengan tipe aliran *Unsteady Flow* sehingga dapat dilihat lokasi dan volume banjir pada tiap jamnya.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang rencana normalisasi DAS Buntung.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, A. W., Maulana, M. A., & Sarwono, B. (2021). Evaluasi Penanggulangan Banjir di Kecamatan Bangil Akibat Luapan Sungai Kedunglarangan. *Jurnal Teknik ITS (SINTA: 4, IF: 1.1815)*, 10(2), C58–C65. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.63799>
- Agustriyanto, D., Zakaria, A., & Khotimah, S. N. (2020). Kinerja Metode Analisis Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum Menggunakan Korelasi. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 8, 147–156.
- Aimé Konan, N. (2018). *Urban Flood modelling and Floodplain Mapping using ArcGIS, HEC-HMS and HEC-RAS in Abidjan city, Côte D'Ivoire – West Africa: Case study of the watershed of Bonoumin—Rivière Palmeraie* [Master Thesis]. Pan African University Institute of Water and Energy Sciences.
- Anandia, R., Suharyanto, A., & Pudjiraharjo, A. (2016). Analisis Area Banjir Serta Kerugian di Kabupaten Gresik Akibat Luapan Sungai Kali Lamong. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(2), Article 2.
- Asmorowati, E. T., Rahmawati, A., Sarasanty, D., Kurniawan, A. A., Rudiyanto, M. A., Nadya, E., Nugroho, M. W., & Findia. (2021). *Drainase Perkotaan*. Penerbit Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia (PRCI).
- Bachri, S., Eka Aldianto, Y., Sumarmi, S., Sastro Bangun Utomo, K., & Naufal Fathoni, M. (2021). Flood Modelling Of Badeng River Using Hec-Ras In Singojuruh Subdistrict, Banyuwangi Regency, East Java, Indonesia. *JURNAL GEOGRAFI*, 13(1), 76. <https://doi.org/10.24114/jg.v13i1.19211>
- Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana. (2007). *Pedoman Penanggulangan Banjir*. Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah. (2022). *Laporan Harian Bencana* (360/480/208.1/2022). Badan Penanggulangan Bencana Daerah.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Jawa Timur. (2022). *Data Bencana Jawa Timur*. <https://files.bpbd.jatimprov.go.id/?dir=DATA/EXCEL>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo. (2022). *Statistik Daerah Kabupaten Sidoarjo 2022*.

- Baskoro, A. G., & Hertati, D. (2022). Implementasi Kebijakan Penggunaan Dana Desa Tentang Penanganan Banjir di Desa Tropodo Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Noken: Ilmu-Ilmu Sosial*, 7(2), 112–124. <https://doi.org/10.33506/jn.v7i2.1745>
- Ben Khalfallah, C., & Saidi, S. (2018). Spatiotemporal floodplain mapping and prediction using HEC-RAS - GIS tools: Case of the Mejerda river, Tunisia. *Journal of African Earth Sciences*, 142, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2018.03.004>
- Bupati Sidoarjo. (2009). *Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo Nomor 6 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009—2029*. Pemerintah Kabupaten Sidoarjo. <http://www.dpmpstpsidoarjo.go.id/web/wp-content/uploads/2015/06/Perda-Nomor-6-tahun-2009-tentang-RTRW.pdf>
- Desalegn, H., & Mulu, A. (2021). Mapping flood inundation areas using GIS and HEC-RAS model at Fetam River, Upper Abbay Basin, Ethiopia. *Scientific African*, 12, e00834. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00834>
- Dorji, K. (2019). *River Flood Modeling of Amochu River Using Gis and Hec-Ras: A Case Study in Phuntsholing City, Chukha, Bhutan* [Master Thesis]. Naresuan University.
- Edisono, Sutarto, I., & dkk. (1997). *Drainase Perkotaan*. Gunadarma.
- Effendy, Z. (2019). Hubungan Curah Hujan Dan Penggunaan Lahan Terhadap Genangan Banjir di Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Pendidikan Geografi: SWARA BHUMI*, 1(3).
- El Bilali, A., Taleb, A., & Boutahri, I. (2021). Application of HEC-RAS and HEC-LifeSim models for flood risk assessment. *Journal of Applied Water Engineering and Research*, 9(4), 336–351. <https://doi.org/10.1080/23249676.2021.1908183>
- Fitriani, R. S. (2021). *Macam Macam Bencana Banjir*. HIKAM PUSTAKA.
- Ghimire, E., Sharma, S., & Lamichhane, N. (2022). Evaluation of one-dimensional and two-dimensional HEC-RAS models to predict flood travel time and inundation area for flood warning system. *ISH Journal of Hydraulic*

Engineering, 28(1), 110–126.
<https://doi.org/10.1080/09715010.2020.1824621>

Hardani, Andriani, H., Ustiawati, J., Utami, E. F., Istiqomah, R. R., Fardani, R. A., Sukmana, D. J., & Auliya, N. H. (2020). *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. Pustaka Ilmu Group Yogyakarta.

Hasanah, N. (2022). *Persepsi Masyarakat Terhadap Mitigasi Pra Bencana Banjir Di Kelurahan Padurenan Kecamatan Karang Tengah Kota Tangerang* [Skripsi]. Universitas Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.

Hashim, H. M., Ng, Y. G., Talib, O., & Md Tamrin, S. B. (2021). Factors influencing flood disaster preparedness initiatives among small and medium enterprises located at flood-prone area. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 60, 102302. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102302>

Hermon, D. (2015). *Geografi Bencana Alam* (1 ed.). PT Raja Grafindo Persada.

Hidayanto, A. (2020). *Pengetahuan Dan Sikap Kesiapsiagaan Masyarakat Terhadap Bencana Banjir Di Kelurahan Mangunharjo Kecamatan Tugu Kota Semarang* [Skripsi]. Universitas Negeri Semarang.

Karamouz, M., Ahmadi, A., & Akhbari, M. (2020). *Groundwater Hydrology: Engineering, Planning, and Management* (2 ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429265693>

Kim, S., & Kim, H. (2016). A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts. *International Journal of Forecasting*, 32(3), 669–679. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2015.12.003>

Kiyengo, R., Majaliwa, M., Twinomuhangi, R., & Waswa, H. (2020). Spatio-temporal flood trends & settlement choice in flood-prone areas. A case study of Lubiji micro-catchment, Kampala City. *International Journal of Environmental Studies*, 77(3), 480–491. <https://doi.org/10.1080/00207233.2019.1686910>

Kubwarugira, G., Mayoussi, M., & El Khalki, Y. (2019). Assessing flood exposure in informal districts: A case study of Bujumbura, Burundi. *Journal of Applied Water Engineering and Research*, 7(3), 207–215. <https://doi.org/10.1080/23249676.2019.1611494>

- Laia, M. L., & Setyawan, Y. (2020). Perbandingan Hasil Klasifikasi Curah Hujan menggunakan Metode Svm dan Nbc. *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, 5(2).
<https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/STATISTIKA/article/view/2883>
- Laksono, D. P. (2011). *Pemodelan Dan Visualisasi Tiga Dimensi Bahaya Bencana Banjir Pasca Erupsi Merapi Di Kali Code, Daerah Istimewa Yogyakarta* [Skripsi]. Universitas Gajah Mada.
- Laporan Harian Badan Penanggulangan Bencana Daerah Jawa Timur*. (2022). BPBD Jawa Timur. <https://files.bpbd.jatimprov.go.id/?dir=LAPHAR>
- Maryono, A. (2014). *Menangani Banjir, Kekeringan, dan Lingkungan*. Gajah Mada University Press.
- Miarso, B. T. (2014). Studi Kelayakan Proyek Pengendalian Banjir Pada Das Kali Buntung Kabupetan Sidoarjo Berdasarkan Analisis Biaya Manfaat dan Efisiensi Biaya. *Garda Rujukan Digital*, 7(4).
<https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/2092545>
- Mutia, E., Lydia, E. N., & Purwandito, M. (2020). River Map Sungai Krueng Langsa sebagai Pengendalian Banjir Kota Langsa. *Jurnal Teknologi*, 12(2).
- Namara, W. G., Damisse, T. A., & Tufa, F. G. (2022). Application of HEC-RAS and HEC-GeoRAS model for Flood Inundation Mapping, the case of Awash Bello Flood Plain, Upper Awash River Basin, Oromiya Regional State, Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment*, 8(2), 1449–1460.
<https://doi.org/10.1007/s40808-021-01166-9>
- Niode, D. F., Rindengan, Y. D. Y., & Karouw, S. D. S. (2016). Geographical Information System (GIS) untuk Mitigasi Bencana Alam Banjir di Kota Manado. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 5(2), 14–20.
- Ongdas, N., Akiyanova, F., Karakulov, Y., Muratbayeva, A., & Zinabdin, N. (2020). Application of HEC-RAS (2D) for Flood Hazard Maps Generation for Yesil (Ishim) River in Kazakhstan. *Water*, 12(10), 2672.
<https://doi.org/10.3390/w12102672>
- Pratiwi, Z. N., & Santosa, P. B. (2021). Pemodelan dan Visualisasi Genangan Banjir untuk Mitigasi Bencana di Kali Kasin, Kelurahan Bareng, Kota

- Malang. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 4(1).
<https://doi.org/10.22146/jgise.56525>
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. (2017a). *Modul 4 Metode Pengendalian Banjir*. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. (2017b). *Modul 6 Morfologi Sungai*. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi.
- Rachmayanti, H., Musa, R., & Mallombasi, A. (2022). Studi Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Dengan Menggunakan Software HEC HMS (Studi Kasus DAS Saddang). *Jurnal Konstruksi : Teknik, Infrastruktur Dan Sains*, 1(1), 1–9.
- Rohmaniyah, M., & Rohmadiani, L. D. (2020). Bentuk dan Tingkat Partisipasi Masyarakat terhadap Banjir Sungai Buntung di Kecamatan Waru. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 18(1), Article 1.
<https://doi.org/10.36456/waktu.v18i1.2347>
- Saidah, H., Nur, N. K., Mukrim, M. I., Tamrin, Tumpu, M., Nanda, Abd. R., Jamal, M., Mansida, A., Sindagamanik, F. D., & Rangan, P. R. (2021). *Drainase Perkotaan*. Yayasan Kita Menulis.
- Samarasinghe, S. M. J. S., Nandalal, H. K., Weliwitiya, D. P., Fowze, J. S. M., Hazarika, M. K., & Samarakoon, L. (2010). Application Of Remote Sensing And Gis For Flood Risk Analysis A Case Study At Kalu Ganga River, Sri Lanka. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, 110–115.
- Sholikha, D. E. Z., Sutoyo, S., & Rau, M. I. (2022). Pemodelan Sebaran Genangan Banjir Menggunakan HEC-RAS di Sub DAS Cisadane Hilir: Flood Inundation Modelling Using HEC-RAS in the Cisadane Hilir Sub-watershed. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 7(2), 147–160.
<https://doi.org/10.29244/jsil.7.2.147-160>
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. C.V Andi Offset.
- Sutapa, T. I. R. (2020). *Studi Perbandingan Permodelan Banjir Sungai Dolog Dengan Simulasi 1d Dan 2d Menggunakan Software Hec-Ras (Study*

- Comparative Modelling Of Dolog River Floods With 1d And 2d Simulation Using Hecras Software*) [Skripsi]. Universitas Islam Indonesia.
- Tamiru, H., & Dinka, M. O. (2021). Application of ANN and HEC-RAS model for flood inundation mapping in lower Baro Akobo River Basin, Ethiopia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 36, 100855. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100855>
- Ulrich, E. A. K. (2019). *Flood Inundation Modeling in the Gourou Watershed of Côte d'Ivoire, West Africa* [Master Thesis, PAUWES]. <http://repository.pauwes-cop.net/handle/1/342>
- US Army Corps of Engineers. (2023). *HEC-RAS User's Manual*. US Army Corps of Engineers.
- Wigati, R., & Soedarsono, S. (2016). Analisis Banjir Menggunakan Software Hec-Ras 4.1.0 (Studi Kasus Sub DAS Ciberang HM 0+00—HM 34+00). *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 5(2). <https://doi.org/10.36055/jft.v5i2.1261>
- Yuniartanti, R. K. (2018). Mitigasi Banjir Struktural Dan Non-Struktural Untuk Daerah Aliran Sungai Rontu Di Kota Bima (Structural and non-structural flood mitigation for Rontu Watershed in Bima City). *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 2(2), 137–150. <https://doi.org/10.20886/jppdas.2018.2.2.137-150>
- Zeiger, S. J., & Hubbart, J. A. (2021). Measuring and modeling event-based environmental flows: An assessment of HEC-RAS 2D rain-on-grid simulations. *Journal of Environmental Management*, 285, 112125. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112125>
- Zeleňáková, M., Fijko, R., Labant, S., Weiss, E., Markovič, G., & Weiss, R. (2019). Flood risk modelling of the Slatvinec stream in Kružlov village, Slovakia. *Journal of Cleaner Production*, 212, 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.008>