

SKRIPSI

**SIMULASI PEMETAAN GENANGAN BANJIR LUAPAN SUNGAI
TUTULING DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS**

OLEH

DEAH ANNISA MADJID

07232011075



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KHAIRUN

TERNATE

2024

SKRIPSI

SIMULASI PEMETAAN GENANGAN BANJIR LUAPAN SUNGAI TUTULING DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS

OLEH:

Nama : Deah Annisa Madjid
NPM : 07232011075
Program Studi : Teknik Sipil
Pembimbing I : Dr. Ir. Ichsan Rauf, S.T., M.Sc
Pembimbing II : Sudirman HI Umar, S.T., M.T

Diajukan Guna Melengkapi Syarat

Dalam Mencapai Gelar Sarjana Strata Satu (S-1)



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KHAIRUN

TERNATE

2024

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

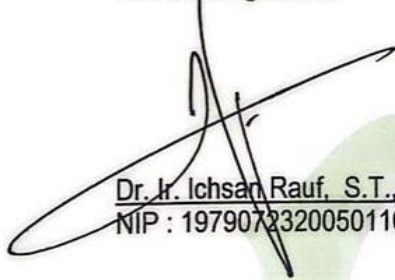
SIMULASI PEMETAAN GENANGAN BANJIR LUAPAN SUNGAI TUTULING DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS

Disusun Oleh:

DEAH ANNISA MADJID
0723 2011 075

Telah Dipertahankan Didepan Penguji
Pada Tanggal 31 Juli 2024

Pembimbing Utama



Dr. Ir. Ichsan Rauf, S.T., M.Sc.
NIP : 197907232005011003

Pembimbing Pendamping



Sudirman Hi Umar, S.T., M.T.
NIP : 199207052022031008

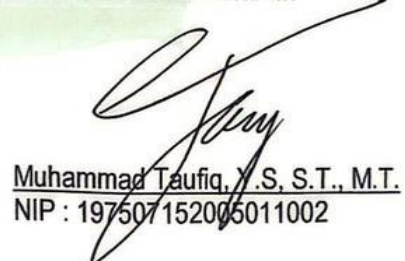
Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Khairun



Ir. Endah Harsun, S.T., M.T., CRP
NIP : 197511302005011013

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas Khairun



Muhammad Taufiq, Y.S., S.T., M.T.
NIP : 197507152005011002

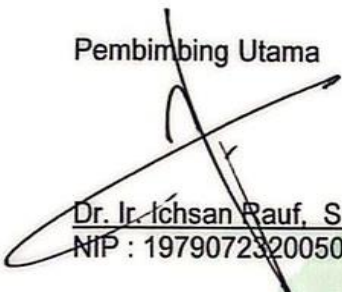
LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI
SIMULASI PEMETAAN GENANGAN BANJIR LUAPAN SUNGAI TUTULING
DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS

Disusun Oleh :

DEAH ANNISA MADJID
0723 2011 075

Telah Dipertahankan Didepan Penguji
Pada Tanggal 31 Juli 2024

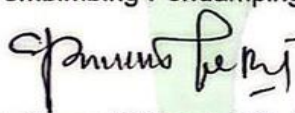
Pembimbing Utama


Dr. Ir. Ichsan Rauf, S.T., M.Sc.
NIP : 197907232005011003

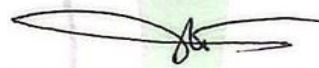
Ketua Penguji


Zulkarnain K. Misbah, S.T., M.T
NIP : 197803052008011013

Pembimbing Pendamping


Sudirman Hi Umar, S.T., M.T.
NIP : 199207052022031008

Anggota Penguji


Dr. Ir. Kusnadi, S.T., M.T.
NIP : 197705062006041003

Anggota Penguji


Ir. Irfan, S.T., M.Eng
NIP : 197904012005011003

Mengetahui
Koordinator Program Studi Teknik Sipil


Muhammad Taufiq Yuda Saputra, S.T., M.T
NIP : 197507152005011002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : **DEAH ANNISA MADJID**
NPM : 07232011075
Fakultas : Teknik
Jurusan/Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Simulasi Pemetaan Genangan Banjir Luapan Sungai
Tutuling Dengan Menggunakan Software HEC-RAS.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan yang telah penulis buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila dikemudian hari penulisan tugas akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka penulis bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Khairun.

Demikian pernyataan ini penulis buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Penulis,



DEAH ANNISA MADJID

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbilalamin, Dengan menyebut nama Allah SWT, yang maha pengasih lagi maha penyayang, penulis panjatkan puji syukur atas kehadiran-Nya yang telah melimpah rahmat, hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Simulasi Pemetaan Genangan Banjir Luapan Sungai Tutuling Dengan Menggunakan *Software* HEC-RAS”. Skripsi ini penulis harapkan mampu memberikan tambahan pengetahuan tentang pemetaan banjir sungai kepada penulis maupun kepada pembaca skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak, baik langsung maupun tidak langsung. Karena itu dengan ketulusan hati pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ridha Ajam, M. Hum. Selaku Rektor Universitas Khairun.
2. Bapak Ir. Endah Harisun, S.T., M.T.,CRP selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Khairun.
3. Bapak Muhammad Taufiq Y.S, S.T., M.T selaku Koordinator Program Studi Teknik Sipil.
4. Ibu Dr. Raudha Hakim, S.T., M.T., IPM selaku Penasehat Akademik.
5. Bapak Dr. Ir. Ichsan Rauf, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama dan sekaligus penggagas dari munculnya judul yang kemudian penulis kembangkan menjadi sebuah skripsi, serta Bapak Sudirman HI Umar, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingannya dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

6. Bapak Zulkarnain K. Misbah, S.T., M.T. selaku Ketua Penguji, Bapak Dr. Ir. Kusnadi, S.T., M.T. selaku Anggota Penguji I dan Bapak Imran, S.T., M.Eng. selaku Anggota Penguji II. Atas saran dan masukan yang telah diberikan sehingga penulis dapat mengembangkan penulisan skripsi ini.
7. Kedua orang tua penulis tersayang, cinta pertama dan panutan penulis Almarhum Ayahanda Musfiadin, S.E dan pintu surga penulis Ibunda Hasnia yang telah menjadi orang tua terhebat. Terimakasih yang tiada terhingga atas limpahan kasih sayang dan cinta kasih yang tulus, doa yang tak pernah putus, materi, motivasi, nasehat, perhatian, dan pengorbanan yang diberikan selalu membuat penulis bersyukur telah memiliki keluarga yang luar biasa. Serta adik penulis Zhafira Arraihana Madjid dan Kayra Azzahra Madjid, yang selalu menjadi motivasi terbesar agar penulis menyelesaikan skripsi ini.
8. Seluruh keluarga penulis baik dari pihak mama dan papa yang selalu memberikan dorongan dan semangat kepada penulis dan juga selalu memberikan bantuan baik itu material maupun non-material. Dan selalu ada saat suka maupun duka.
9. Sahabat tercinta dan seperjuangan penulis Twenty Impostor (20.Ir), Siti Aisyah Nayla Putri Jaya, M. Ferdian Idham, Fadhlurrahman Jawardi, Rizhat A. Amin, dan M Rikal H. Djumat, Mujahid F. Adam, Ryamizard Fathurahman. yang selalu kebersamaan selama masa perkuliahan, dan juga banyak membantu penulis dalam pengerjaan skripsi ini dan tak henti memberikan semangat.
10. Sahabat tercinta penulis Nanda Mughnisa Djalil, Rafly Rustam, Zulfira A. Pinang, Wirda Sintia, Benazir Nur Safira dan Ayat terimakasih selalu memberi dukungan yang tak ternilai sampai saat ini, serta Teman satu tim penulis Magfira Ibrahim, yang

telah banyak berkontribusi dari tahap seminar proposal hingga penyusunan skripsi ini selesai serta rekan-rekan kerjaku di penyelenggara KPU yang selalu memberikan motivasi kepada penulis. Semoga kalian selalu diberi kelancaran dalam segala kegiatan, bahagia dan sukses selalu.

11. Teman-teman Prodi Teknik Sipil angkatan 2020 yang telah berjuang bersama.
12. Terakhir, untuk diri saya sendiri yang sudah berusaha, belajar, bersabar, dan memotivasi diri sendiri yang tidak ada habisnya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu hingga telah terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf sebesar-besarnya, jika dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Ternate, 29 Juli 2024

Deah Annisa Madjid

ABSTRAK

DEAH ANNISA MADJID

SIMULASI PEMETAAN GENANGAN BANJIR LUAPAN SUNGAI TUTULING DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS.

Kata Kunci ; Banjir, Pemetaan Banjir, Sungai Tutuling, HEC-RAS

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran genangan banjir yang terjadi akibat meluapnya Sungai Tutuling di Desa Tutuling Jaya, Kecamatan Wasile Timur, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara. Pada penelitian ini, besaran banjir dimasukkan dalam sistem Daerah Aliran Sungai (DAS) dianalisis dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu, sedangkan karakteristik morfometrik DAS dianalisis dengan mengekstraksi Data Model Elevasi Digital (DEM). Menggunakan *software* Hec-Ras 6.5. Simulasi pemetaan banjir pada *software* Hec-Ras menggunakan kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun. Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu pada kala ulang 2 tahun sebesar 68.333 m³/detik, 5 tahun sebesar 89.621 m³/detik, 10 tahun sebesar 103.716 m³/detik, 25 tahun sebesar 121.524 m³/detik dan 50 tahun sebesar 134.736 m³/detik. Dan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun sungai Tutuling mengalami luapan genangan banjir keseluruhan berturut-turut sebesar 56.84 ha, 62.28 ha, 69.03 ha, 78.44 ha, dan 84.66 ha. Luasan daerah terdampak untuk debit banjir 50 tahun (Q50) pada tingkat rendah, menengah, tinggi dan ekstrim masing-masing adalah 46.41 ha, 21.10 ha, 14.45 ha dan 2.71 ha. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penampang sungai Tutuling tidak dapat menampung debit banjir yang terjadi di kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun di beberapa titik termasuk pada area pemukiman.

ABSTRACT

DEAH ANNISA MADJID

FLOOD MAPPING SIMULATION OF THE TUTULING RIVER OVERFLOW USING HEC-RAS SOFTWARE.

Keywords: Flood, Flood Mapping, Tutuling River, HEC-RAS.

This study aims to map the distribution of flood inundation that occurs due to the overflow of Tutuling River in Tutuling Jaya Village, East Wasile District, East Halmahera Regency, North Maluku Province. In this study, the magnitude of flooding is included in the Watershed system analyzed by the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph (HSS) method, while the morphometric characteristics of the watershed are analyzed by extracting Digital Elevation Model (DEM) data. Using the HEC-RAS 6.5 application. Flood mapping simulations in the HEC-RAS 6.5 application use return times of 2, 5, 10, 25, and 50 years. Based on the results of the calculation of flood discharge using the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph method at the 2-year return time of 68,333 m³ / sec, 5 years of 89,621 m³ / sec, 10 years of 103,716 m³ / sec, 25 years of 121,524 m³ / sec and 50 years of 134,736 m³ / sec. And at the return period of 2, 5, 10, 25, and 50 years, Tutuling River experienced a total flood inundation of 56.84 ha, 62.28 ha, 69.03 ha, 78.44 ha, and 84.66 ha, respectively. The simulation results show that the cross-section of Tutuling river cannot accommodate the flood discharge that occurs in the 2, 5, 10, 25, and 50-year return periods at several points including in residential areas.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Banjir	6
2.1.1 Faktor Penyebab Banjir	7
2.1.2 Dampak Banjir	8

2.2 Sungai	10
2.2.1 Geometri Sungai	11
2.3 Daerah Aliran Sungai (DAS)	11
2.4 Analisa Hidrologi.....	12
2.5 Analisis Frekuensi Hujan Rencana	14
2.5.1 Distribusi Normal.....	17
2.5.2 Distribusi Log Normal.....	18
2.5.3 Distribusi Log Pearson III	19
2.5.4 Distribusi Gumbel.....	20
2.6 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi.....	22
2.6.1 Metode Chi-Kuadrat.....	22
2.6.2 Metode Smirnov-Kolmogorof.....	23
2.7 Intensitas Hujan Rencana	24
2.8 Koefisien Limpasan (C).....	25
2.9 Debit Banjir Rencana	26
2.10 Pemetaan Banjir	29
2.10.1 Pengertian Pemetaan Banjir.....	29
2.10.2 Fungsi Dan Jenis Pemetaan	29
2.11 Tingkat Bahaya Banjir.....	30
2.12 HEC-RAS	31
2.13 Penelitian Terdahulu	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	34
3.1 Jenis Penelitian.....	34
3.2 Lokasi Penelitian.....	34
3.3 Tahapan Persiapan.....	35

3.4 Jenis Sumber Data	36
3.5 Metode Analisis Data	37
3.5.1 Pemilihan Jenis Distribusi	37
3.5.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana	37
3.5.3 Uji Kesesuaian Distribusi.....	37
3.5.4 Analisis Debit Banjir Rencana	37
3.5.5 Simulasi Pemetaan Banjir	38
3.6 Bagan Analisa Hidrologi.....	45
3.7 Bagan Alir Penelitian.....	46
3.8 Alur Penggunaan HEC-RAS	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Analisis Hidrologi	48
4.1.1 Karakteristik DAS (Daerah Aliran Sungai)	48
4.1.2 Data Curah Hujan	49
4.1.3 Analisis Frekuensi Curah Hujan	50
4.1.4 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi	56
4.1.5 Perhitungan Koefisien Limpasan (C)	63
4.1.6 Intensitas Hujan Jam-jaman Mononobe	65
4.1.7 Debit Banjir Rancangan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu.....	67
4.1.8 Hasil Analisis Debit Banjir	70
4.2 Pemetaan Sebaran Banjir.....	71
4.2.1 Analisis Genangan Banjir	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran	88

DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN	91
Lampiran 1.1 Curah Hujan Harian Maksimum Pos Tutuling Jaya.....	91
Lampiran 1.2 Curah Hujan Harian Maksimum Pos Mekar Sari.....	91
Lampiran 1.3 Curah Hujan Harian Maksimum Pos Dakaino.....	93
Lampiran 1.4 Tabel Luas Di Bawah Kurva	94
Lampiran 1.5 Tabel Nilai Parameter Chi-Kuadrat, X^2_{cr}	96
Lampiran 1.6 tabel Nilai ΔP kritis Smirnov-Kolmogorov	97
Lampiran 1.7 Perhitungan HSS Nakayasu.....	98
Lampiran 1.8 Tabel output HEC-RAS	104
Lampiran 1.9 Lokasi Penelitian	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Siklus Hidrologi (Triatmodjo, 2006).....	13
Gambar 2. 2 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	28
Gambar 3. 1 Lokasi Sungai Tutuling	35
Gambar 3. 2 Tampilan Utama Aplikasi HEC-RAS	38
Gambar 3. 3 Tampilan Pengisian Nama Project Aplikasi HEC-RAS.....	39
Gambar 3. 4 Tampilan Menu Ras Mapper Aplikasi HEC-RAS	40
Gambar 3. 5 Tampilan Geometri Sungai Aplikasi HEC-RAS.....	40
Gambar 3. 6 Tampilan Input Data Cross Section Sungai Aplikasi HEC-RAS	41
Gambar 3. 7 Tampilan Input Data Debit Rencana Aplikasi HEC-RAS.....	41
Gambar 3. 8 Tampilan Input Kondisi Batas Aplikasi HEC-RAS	42
Gambar 3. 9 Tampilan Analisis Project Aplikasi HEC-RAS	43
Gambar 3. 10 Tampilan Running Steady Flow Aplikasi HEC-RAS.....	43
Gambar 3. 11 Bagan Analisa Hidrologi	45
Gambar 3. 12 Bagan Alir Penelitian	46
Gambar 3. 13 Bagan Alur Penggunaan HEC-RAS	47
Gambar 4. 1 DAS Sungai Tutuling	49
Gambar 4. 2 DAS Sungai Tutuling	64
Gambar 4. 3 Grafik Debit Banjir metode HSS Nakayasu kala ulang 2,5,10,25 dan 50 Tahun DAS Sungai Tutuling	71
Gambar 4. 4 Penampang Memanjang Sungai	73
Gambar 4. 5 STA. 7493.....	73
Gambar 4. 6 STA. 7330	74

Gambar 4. 7 STA. 7140	74
Gambar 4. 8 STA. 6936	75
Gambar 4. 9 STA. 6535	75
Gambar 4. 10 STA. 6305	76
Gambar 4. 11 STA. 6191	76
Gambar 4. 12 STA. 5950	77
Gambar 4. 13 STA. 5855	77
Gambar 4. 14 STA 5286	78
Gambar 4. 15 STA 4671	78
Gambar 4. 16 STA 4181	79
Gambar 4. 17 STA 1900	79
Gambar 4. 18 STA. 256	80
Gambar 4. 19 STA. 85	80
Gambar 4. 20 Genangan banjir periode ulang 2 tahun	81
Gambar 4. 21 Genangan banjir periode ulang 5 tahun	82
Gambar 4. 22 Genangan banjir periode ulang 10 tahun	82
Gambar 4. 23 Genangan banjir periode ulang 25 tahun	83
Gambar 4. 24 Genangan banjir periode ulang 50 tahun	83
Gambar 4. 25 Genangan banjir pada tahun 2021	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai (K_T) Variabel Reduksi Gauss.....	18
Tabel 2. 2 Koefisien Kemencengan C_s Log Pearson Type III	19
Tabel 2. 3 Reduced Variate (Y_t) PEriode ulang T Tahun	21
Tabel 2. 4 Hubungan n (besar sampel) dengan Y_n dan S_n	21
Tabel 2. 5 Hubungan Kondisi Permukaan Tanah dengan Koefisien Pengaliran (C)	26
Tabel 4. 1 Curah Hujan Maksimum Tahunan Sungai Tutuling	50
Tabel 4. 2 Perhitungan Distribusi Normal.....	50
Tabel 4. 3 Curah Hujan Rencana Distribusi Normal	51
Tabel 4. 4 Perhitungan Distribusi Log Normal	52
Tabel 4. 5 Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal	53
Tabel 4. 6 Perhitungan Distribusi Gumbel	53
Tabel 4. 7 Curah Hujan Rrencana Distribusi Gumbel	54
Tabel 4. 8 Perhitungan Distribusi Log Pearson Type III	55
Tabel 4. 9 Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson III	56
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Analisis Distribusi Peluang	56
Tabel 4. 11 Data Curah Hujan dari Besar ke Kecil	57
Tabel 4. 12 Perhitungan Uji Smirnov terhadaap Distribusi Normal	60
Tabel 4. 13 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov Log Normal	61
Tabel 4. 14 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov Gumbel.....	61
Tabel 4. 15 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov Log Pearson III	62
Tabel 4.16 Rekapitulasi Simpangan Maksimum (ΔP) dari Keseluruhan Distribusi Probabilitas.....	63

Tabel 4. 17 Koefisien Limpasan (C)	64
Tabel 4. 18 Rasio Hujan Jam-Jaman Interval 6 Jam	66
Tabel 4. 19 Perhitungan Nisbah Hujan Jam-Jaman Interval 6 Jam	66
Tabel 4. 20 Penentuan Karakteristik Lengkung Debit Unit HSS Nakayasu.....	68
Tabel 4. 21 Penentuan Karakteristik Lengkung Waktu Unit HSS Nakayasu	68
Tabel 4. 22 Perhitungan Hidrograf Satuan Nakayasu	68
Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 2 Tahun.....	70
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Debit Tertinggi HSS Nakayasu DAS Sungai Tutuling	71
Tabel 4. 25 Luasan daerah terdampak berdasarkan tingkat bahaya banjir.....	85

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

X_T	= Hujan rencana periode ulang T
$\bar{x}$	= Nilai rata-rata
k_T	= Faktor frekuensi
sd	= Standar deviasi
$Log XT$	= Nilai logaritmis hujan rencana periode ulang T
$Log \bar{x}$	= Nilai rata-rata
$Sd Log x$	= Standar deviasi
kT	= Variabel standard
Cs	= Koefisien kemencengan
k	= Faktor probabilitas
Y_{tr}	= Reduced variate
Y_n	= Reduced mean
S_n	= Reduced standard
X^2	= Parameter Chi-Kuadrat terhitung
E_f	= Frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelas
O_f	= Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama
n	= Jumlah kelompok
Dk	= Derajat Kebebasan
p	= Banyaknya parameter
k	= Jumlah kelas distribusi
n	= Banyaknya data
χ^2_{cr}	= Parameter Chi-kuadrat kritis
i	= Nomor urut data
r_t	= Curah hujan pada jam ke T
R_t	= Rerata curah hujan dari awal sampai jam ke T

T	= Waktu mulai hujan hingga jam ke T
R_{24}	= Curah hujan efektif dalam 24 jam
t	= Waktu konsentrasi hujan
C	= Koefisien pengaliran
C_1, C_2	= Koefisien pengaliran sesuai tipe kondisi permukaan
A_1, A_2	= Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan
Q_p	= Debit banjir puncak
R_o	= Hujan satuan
T_p	= Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir
$T_{0,3}$	= waktu yang diperlukan oleh penurunan debit
A	= Luas daerah pengaliran sampai outlet
Q	= Debit sebelum mencapai debit puncak

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara tropis yang memiliki dua musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Saat musim hujan, banjir merupakan masalah terbesar yang sering kita jumpai. Banjir merupakan bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia, biasanya banjir datang saat musim penghujan. Banjir didefinisikan sebagai tergenangnya suatu tempat akibat meluapnya air yang melebihi kapasitas pembuangan air di suatu wilayah dan menimbulkan kerugian fisik, sosial dan ekonomi (Rahayu, 2009).

Faktor penyebab banjir dapat diklasifikasikan dalam dua kategori, yaitu faktor manusia dan faktor alam. Banjir akibat ulah manusia disebabkan karena ulah manusia yang menyebabkan perubahan-perubahan lingkungan seperti; perubahan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS), kawasan pemukiman disekitaran bantaran, rusaknya drainase lahan, kerusakan bangunan pengendali banjir, rusaknya hutan (vegetasi alami), dan perencanaan sistem pengendali banjir yang tidak tepat. Sedangkan, banjir akibat faktor alam dipengaruhi oleh perubahan tata guna lahan, curah hujan, fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas tampung sungai, kapasitas tampung drainase dan pengaruh air pasang (Sugiyanto, 2002).

Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dari tahun 2019 sampai 2021 terdapat 4,096 kejadian banjir yang terjadi di seluruh Indonesia. Data tersebut menunjukkan bahwa banjir merupakan bencana yang sering terjadi di Indonesia dan terus meningkat baik dari segi intensitas maupun frekuensinya. Banjir yang terjadi di seluruh Indonesia tidak hanya menimbulkan kerugian material tetapi juga dapat mengakibatkan hilangnya nyawa.

Sungai Tutuling berada di desa Tutuling Jaya, kecamatan Wasile Timur, kabupaten Halmahera Timur merupakan salah satu sungai yang berada di Maluku Utara. Pada tahun 2021, terjadi banjir bandang yang diakibatkan oleh curah hujan tinggi dan volume air tanggul meningkat sehingga menyebabkan meluapnya air sungai. Berdasarkan informasi yang diterima, ketinggian banjir mencapai 50 cm, yang mengakibatkan seluruh pemukiman warga di Desa Tutuling Jaya terendam banjir.

Banjir yang terjadi di desa Tutuling Jaya membawa dampak negatif yang sangat besar, seperti naiknya permukaan air yang mengakibatkan tergenangnya pemukiman warga dan rusaknya infrastruktur dan fasilitas desa yang ada disekitar desa. Mengingat permasalahan yang muncul, maka diperlukan penanganan agar dapat mengurangi kerugian yang diakibatkan peristiwa ini. Salah satu cara yang dilakukan yaitu dengan melakukan simulasi pemetaan banjir dan titik limpasan banjir menggunakan *software* HEC-RAS.

Adanya kemajuan teknologi informasi dan komputerisasi memberikan solusi baru untuk pemetaan banjir menggunakan *software* HEC-RAS (*Hydrologi Engineers Corps River Analysis System*). Dalam pemetaan banjir, HEC-RAS dapat digunakan untuk memodelkan perilaku hidrauliknya berdasarkan simulasi hidologi dari karakteristik DAS. Tujuan dari analisa hidraulika guna untuk mengetahui kapasitas tampung maksimal aliran air (sungai).

Berdasarkan uraian latar belakang permasalahan diatas, penulis tertarik mengambil penelitian “Simulasi Pemetaan Genangan Banjir Luapan Sungai Tutiling Dengan Menggunakan *Software* HEC-RAS”

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai uraian latar belakang diatas dan maksud penelitian ini, maka dapat ditentukan rumusan masalahnya, yaitu

1. Berapa debit banjir rencana Sungai Tutuling berdasarkan kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun?
2. Bagaimana simulasi pemetaan dari genangan banjir luapan di Sungai Tutuling?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah maka penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui debit banjir rencana Sungai Tutuling berdasarkan kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.
2. Membuat simulasi pemetaan dari genangan banjir luapan Sungai Tutuling menggunakan *software* HEC-RAS

1.4 Batasan Masalah

Untuk membuat pembahasan penelitian ini lebih terarah maka dibutuhkan batasan masalah supaya mencegah melebarinya lingkup permasalahan. Adapun batas masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Lokasi yang ditinjau hanya pada Sungai Tutuling.
2. Penelitian ini dibatasi hanya untuk menghitung debit banjir dan membuat pemetaan akan potensi terjadinya genangan dari luapan banjir.
3. Sebaran banjir dianalisis menggunakan pemodelan curah hujan untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.
4. Pemetaan sebaran banjir menggunakan program utama HEC-RAS serta program pendukung *Global Mapper*.

5. Data aspek sosial, volume pekerjaan, dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam pelaksanaan pemetaan banjir Sungai Tutuling tidak menjadi pembahasan.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan informasi untuk instansi terkait yang berwenang dalam melakukan penanggulangan masalah banjir di sungai Tutuling.
2. Sebagai bahan referensi kepada pihak yang ingin melakukan penelitian selanjutnya.
3. Dapat digunakan untuk kajian dan pengembangan ilmu pengutahan di bidang keairan khususnya penangan daerah rawan banjir.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari lima bab dan dari setiap bab terdiri dari beberapa sub bab. Masing-masing bab menjelaskan dan menggambarkan mengenai penulisan skripsi yang disusun secara sistematis sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahasn tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini menguraikan tentang penelitian terdahulu dan teori-teori pendukung yang dimana untuk menjadi data literatur yang ada.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang melaksanakan penelitian dengan menggunakan metode serta jadwal yang sangat menunjang untuk penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan tentang hasil penelitian yang diperoleh dari analisa dan evaluasi berdasarkan teori yang dipakai sebagai acuan dari penulisan tugas akhir ini.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bagian akhir dari tulisan-tulisan yang berisikan kesimpulan akhir dari penelitian yang dilakukan, disertai dengan saran-saran untuk kelengkapan penulisan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Banjir

Banjir adalah aliran atau genangan air yang dapat menimbulkan kerugian ekonomi bahkan menyebabkan kehilangan jiwa. Dalam istilah teknis, banjir merupakan aliran air sungai yang mengalir melampaui kapasitas tampung sungai, dan dengan demikian, aliran air sungai tersebut akan melewati tebing sungai dan menggenangi daerah di sekitarnya. (Hewlet, 1982).

Penyebab banjir dan lamanya genangan bukan hanya disebabkan oleh meluapnya air sungai, melainkan oleh kelebihan curah hujan dan fluktuasi muka air laut khususnya dataran aluvial pantai, unit-unit geomorfologi seperti daerah rawa, rawa belakang, dataran banjir, pertemuan sungai dengan dataran aluvial merupakan tempat-tempat yang rentan banjir (Dibyosaputro, 1984).

Berdasarkan pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa banjir merupakan bencana alam yang sebabkan peristiwa alam seperti curah hujan tinggi yang sering menimbulkan kerugian baik fisik maupun material. (Kodoatie & Sugiyanto, 2002) menyebutkan bahwa banjir terdiri atas dua peristiwa. Pertama, banjir terjadi di daerah yang tidak biasa terkena banjir dan kedua, banjir terjadi karena limpasan air dari sungai karena debitnya yang besar sehingga tidak mampu dialirkan oleh alur sungai.

2.1.1 Faktor Penyebab Banjir

Banjir dapat disebabkan oleh kondisi alam maupun ulah manusia. Banjir yang disebabkan oleh kondisi alam berupa curah hujan yang tinggi. Sementara itu, banjir yang disebabkan oleh ulah manusia berupa penebangan pohon tanpa melakukan reboisasi.

Berikut adalah beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya banjir:

1. Curah Hujan Tinggi

Curah hujan yang tinggi mengakibatkan naiknya volume air di wilayah daratan. Intensitas hujan yang relatif tinggi ini dapat menyebabkan daerah aliran air seperti sungai, tidak lagi mampu menahan air yang ada. Alhasil, air sungai akan meluap dan menggenangi wilayah daratan yang biasanya kering.

2. Minimnya Daerah Resapan Air

Daerah resapan air berfungsi sebagai jalur resapan air hujan ke dalam tanah. Wilayah yang minim daerah resapan air, khususnya di kota-kota besar rawan terjadi banjir. Saat ini, daerah serap banyak tertutup aspal dan beton.

3. Adanya Penyumbatan Akibat Buang Sampah Sembarangan

Penyebab banjir lainnya diakibatkan oleh penyumbatan aliran sungai atau selokan. Penyumbatan dapat terjadi akibat kebiasaan masyarakat yang membuang sampah di sungai. Penumpukan sampah itulah yang menjadi penyebab banjir.

4. Penebangan Pohon

Penebangan pohon secara liar dapat menyebabkan hutan menjadi gundul dan berkurangnya pohon sebagai penyerapan air. Jenis banjir yang disebabkan oleh penebangan pohon adalah banjir bandang.

2.1.2 Dampak Banjir

Menurut (Kodoatie R. J., 2006) dampak terjadinya banjir antara lain hilangnya nyawa manusia atau terluka, hilangnya harta benda, kerusakan pemukiman, kerusakan wilayah perdagangan, kerusakan area pertanian, kerusakan sistem drainase, irigasi, kerusakan jalan atau terputusnya jembatan serta kerusakan sistem telekomunikasi.

Dampak banjir juga dapat menimbulkan penyakit diantaranya: diare, penyakit kulit, kongjungtivitas, leptospirosis, infeksi saluran pernapasan akut, demam berdarah, dan penyakit saluran pencernaan (Mistra, 2007).

Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), dampak banjir yaitu sebagai berikut:

- a. Merusak sarana-prasarana termasuk perumahan, gedung, jalur transportasi putus, peralatan rumah tangga rusak/hilang.
- b. Menimbulkan penyakit diare, infeksi saluran pernafasan.
- c. Dapat menimbulkan erosi bahkan longsor.
- d. Pencemaran lingkungan.

Bencana banjir yang terjadi memberikan dampak kerugian seperti korban jiwa, harta benda, dan sarana prasarana umum sehingga dapat mengganggu kegiatan sosial ekonomi penduduk. Komponen yang terancam dalam bencana banjir menurut Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana (Bakornas PB) Tahun 2007, sebagai berikut:

1. Manusia

- a) Jumlah penduduk yang meninggal
- b) Jumlah penduduk yang hilang
- c) Jumlah penduduk yang luka-luka
- d) Jumlah penduduk yang mengungsi

2. Prasarana Umum

- a) Prasarana transportasi yang tergenang, rusak dan hanyut, diantaranya: jalan, jembatan dan bangunan lainnya; jalan KA, stasiun KA, terminal bus, jalan akses dan kompleks pelabuhan.
- b) Fasilitas sosial yang tergenang, rusak dan hanyut diantaranya: sekolah, rumah ibadah, pasar, gedung pertemuan, Puskesmas, Rumah Sakit, Kantor Pos, dan fasilitas sosial lainnya.
- c) Fasilitas pemerintahan, industri-jasa, dan fasilitas strategis lainnya: kantor instansi pemerintah, kompleks industri, kompleks perdagangan, instalasi listrik, pembangkit listrik, jaringan distribusi gas, instalasi telekomunikasi yang tergenang, rusak dan hanyut serta dampaknya, misal berapa lama fasilitas-fasilitas terganggu sehingga tidak dapat memberikan layanannya.
- d) Prasarana pertanian dan perikanan: sawah beririgasi dan sawah tadah hujan yang tergenang dan puso (penurunan atau kehilangan produksi), tambak, perkebunan, ladang, gudang pangan dan peralatan pertanian dan perikanan yang tergenang (tergenang lebih dari tiga hari dikategorikan rusak) dan rusak (terjadi penurunan atau kehilangan produksi) karena banjir.

- e) Prasarana pengairan: bendungan, bendung, tanggul, jaringan irigasi, jaringan drainase, pintu air, stasion pompa, dan sebagainya.

3. Harta Benda Perorangan

- a) Rumah tinggal yang tergenang, rusak dan hanyut.
- b) Harta benda (aset) diantaranya modal-barang produksi dan perdagangan, mobil, perabotan rumah tangga, dan lainnya yang tergenang, rusak dan hilang.
- c) Sarana pertanian, peternakan atau perikanan: peternakan unggas, peternak hewan berkaki empat, dan ternaknya yang mati dan hilang. Perahu, dermaga dan sarana perikanan yang rusak dan hilang.

2.2 Sungai

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang sungai, dijelaskan bahwa sungai adalah alur atau wadah air alami dan atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan.

Sungai dapat diartikan sebagai aliran terbuka dengan ukuran geometrik (tampak lintang, profil memanjang dan kemiringan lembah) berupa seiring waktu, tergantung pada debit, material dasar dan tebing, serta jumlah dan jenis sedimen yang terangkut oleh air (Putra, 2014).

Sungai menjadi salah satu sumber air yang pemanfaatannya banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Sungai dapat dikatakan sebagai ekosistem terpenting bagi manusia karena sungai menyediakan air bagi

manusia untuk menunjang berbagai kegiatan seperti pertanian, industri maupun domestik (Ratna Siahaan, 2011).

Menurut (Junaidi, 2014) proses terbentuknya sungai berasal dari mata air yang mengalir di atas permukaan bumi. Proses selanjutnya aliran air akan bertambah seiring dengan terjadinya hujan, karena limpasan air hujan yang tidak dapat diserap bumi akan ikut mengalir ke dalam sungai.

2.2.1 Geometri Sungai

Berdasarkan Revisi SNI 03 – 2829 – 2992 geometri sungai adalah ukuran dari alur, palung dan lembah sungai secara vertikal dan horizontal dengan parameter panjang, lebar, kemiringan dasar sungai, ketinggian (elevasi) dan bentuk dasar sungai.

Parameter geometri dapat diperoleh dengan cara:

- a. Pengukuran langsung dilapangan, yaitu untuk membuat peta situasi medan dan sungai, penampang memanjang serta penampang melintang sungai.
- b. Pengendaraan jauh untuk peta medan.

2.3 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut (UU No.17 Tahun 2019) Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alamiah, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Menurut (Fauzan, 2016) Sub Daerah Aliran Sungai (Sub DAS) merupakan bagian dari DAS dimana air hujan diterima dan dialirkan melalui anak sungai ke sungai utama. Setiap DAS terbagi habis menjadi wilayah yang lebih kecil yaitu Sub DAS-Sub DAS, dan apabila diperlukan maka dapat dipisahkan lagi menjadi sub-sub DAS, demikian untuk seterusnya.

Menurut (Sheng, 1986 dan 1990) Pengelolaan DAS adalah upaya manusia dalam mengatur hubungan timbal balik antara sumberdaya alam dengan manusia di dalam DAS dan segala aktivitasnya, agar terwujud kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya kemanfaatan sumberdaya alam bagi manusia secara berkelanjutan. Pengelolaan DAS merupakan suatu usaha yang terus berjalan, karena faktor alam maupun faktor buatan manusia selalu ada dan berubah setiap waktu

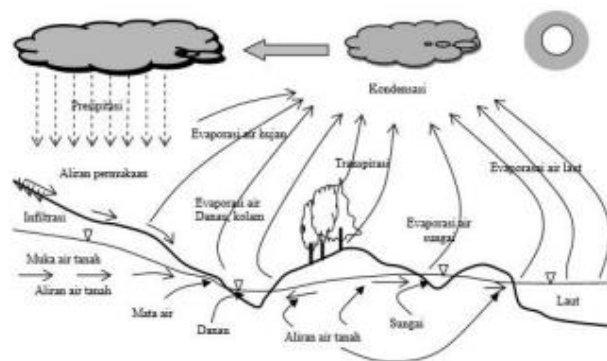
2.4 Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang terjadinya, pergerakan dan distribusi air di bumi, baik di atas maupun di bawah permukaan bumi, tentang sifat fisik, kimia air serta reaksinya terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan (Martha & Adidarma, 1983)

Analisa hidrologi digunakan untuk memprediksi debit air yang masuk pada kala ulang 5 tahun atau 10 tahun. Analisa hidrolika ini juga digunakan untuk menentukan kapasitas saluran dengan memperhatikan sifat-sifat hidrolika yang terjadi pada daerah aliran kali pacal tersebut. Sifat-sifat tersebut meliputi jenis aliran (*steady* atau *unsteady*), angka kekasaran (*manning*) dan sifat alirannya (kritis, subkritis dan superkritis)

Siklus hidrologi merupakan proses kontinu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Air di permukaan tanah dan laut menguap ke

udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan jatuh sebagian tertahan oleh tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air akan meresap ke permukaan tanah (infiltrasi) dan sebagian mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan/*surface run off*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai an akhirnya ke laut. (Triatmodjo & Bambang, 2006).



Gambar 2. 1 Siklus Hidrologi (Triatmodjo, 2006)

Siklus Hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. (Suripin, 2004). Pemanasan air samudera oleh sinar matahari merupakan kunci proses siklus hidrologi tersebut dapat berjalan secara kontinu. Air berevaporasi, kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju, hujan batu, hujan es dan salju (*sleet*), hujan gerimis atau kabut. Pada perjalanan menuju bumi beberapa presipitasi dapat berevaporasi kembali ke atas atau langsung jatuh yang kemudian diintersepsi oleh tanaman sebelum mencapai tanah. Setelah mencapai tanah, siklus hidrologi terus bergerak secara kontinu dalam tiga cara yang berbeda:

- a. Evaporasi / transpirasi; Air yang ada di laut, di daratan, di sungai, di tanaman, dan sebagainya kemudian akan menguap ke angkasa (atmosfer) dan kemudian akan menjadi awan. Pada keadaan jenuh uap air (awan) itu akan menjadi bintik-bintik air yang selanjutnya akan turun (*precipitation*) dalam bentuk hujan, salju dan es.
- b. Infiltrasi/ perkolasi ke dalam tanah; Air bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah. Air dapat bergerak akibat aksi kapiler atau air dapat bergerak secara vertikal atau horizontal di bawah permukaan tanah hingga air tersebut memasuki kembali sistem air permukaan.
- c. Air Permukaan; Air bergerak di atas permukaan tanah dekat dengan aliran utama dan danau, makin landai lahan dan makin sedikit pori-pori tanah, maka aliran permukaan semakin besar. Aliran permukaan tanah dapat dilihat biasanya pada daerah urban. Sungai-sungai bergabung satu sama lain dan membentuk sungai utama yang membawa seluruh air permukaan disekitar daerah aliran sungai menuju laut. Air permukaan, baik yang mengalir maupun yang tergenang (danau, waduk, rawa), dan sebagian air bawah permukaan akan terkumpul dan mengalir membentuk sungai dan berakhir ke laut. Proses perjalanan air di daratan itu terjadi dalam komponen-komponen siklus hidrologi yang membentuk sistem Daerah Aliran Sungai (DAS).

2.5 Analisis Frekuensi Hujan Rencana

Analisis frekuensi bertujuan untuk mendapatkan hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Dengan analisis frekuensi dapat memperkirakan besarnya banjir dengan interval kejadian tertentu yang mungkin dapat terjadi. Komponen data yang digunakan dalam analisis frekuensi adalah data debit sungai atau hujan maksimum tahunan (Triatmodjo, 2013)

Dalam analisis frekuensi data hujan atau debit hujan guna memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan yaitu: Normal, Log Normal, Log Pearson Type III, Gumbel (Kaimana, 2011).

Dalam penentuan metode yang akan digunakan, terlebih dahulu ditentukan parameter statistik sebagai berikut:

1) Nilai rerata

Nilai rerata dapat digunakan untuk pengukuran suatu distribusi karena nilai rerata (*avarage*) cukup representatif dalam suatu distribusi, dapat dilihat dalam persamaan berikut:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n X_i \quad (2.1)$$

Dimana:

$\bar{X}$ = nilai rata-rata curah hujan

X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i

n = jumlah data

2) Standar Deviasi (Sd)

Standar deviasi merupakan ukuran distribusi yang paling umum digunakan. Jika perbedaan relatif sangat besar terhadap rata-rata, maka nilai S akan kecil.

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_1^n X_i^2 - \frac{(\sum_1^n X_i)^2}{n}}{n-1}} \quad (2.2)$$

Dimana:

S_d = Standar Deviasi

$\bar{X}$ = nilai rata-rata curah hujan

X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i

n = jumlah data

3) Koefisien Variasi (Cv)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata dari suatu sebaran. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$S_d = \frac{S_d}{\bar{X}} \quad (2.3)$$

Dimana:

Cv = Koefisien variasi

S_d = Standar Deviasi

$\bar{X}$ = nilai rata-rata curah hujan

4) Koefisien Kemencengan (Cs)

Kemencengan (Skewerness) adalah suatu nilai yang dapat menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (asymmetry) dari suatu distribusi. Kemencengan dapat dilihat dari persamaan berikut:

$$C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^3}{(n-1) \cdot (n-2) S_d^3} \quad (2.4)$$

Dimana:

C_s = Koefisien Kemencengan

S_d = Standar Deviasi

$\bar{X}$ = nilai rata-rata curah hujan

X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i

n = jumlah data

5) Koefisien Kurtosis (Ck)

Kurtosis bertujuan untuk mengukur ketajaman bentuk kurva distribusi dan perbandingannya adalah distribusi normal. Koefisien kurtosis dirumuskan sebagai berikut:

$$C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) S_d^4} \quad (2.5)$$

Dimana:

C_k = Koefisien Kemencengan

S_d = Standar Deviasi

$\bar{X}$ = nilai rata-rata curah hujan

X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i

n = jumlah data

Jenis distribusi yang sesuai ditentukan dengan cara menyesuaikan parameter data dengan kondisi masing-masing distribusi pada Tabel 2.1. (Sri Harto, 1993).

Tabel 2.1 Syarat pemilihan distribusi

Distribusi	Syarat
Normal	$C_s/C_v \approx 0$
Log Normal	$C_s \approx 0$
Gumbel	$C_s \leq 1,139$
	$C_k \leq 5,4$
Log Pearson Type III	$C_s \neq 0$

2.5.1 Distribusi Normal

Distribusi Normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. (Suripin, 2004).

Untuk analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi Normal, dengan persamaan sebagai berikut:

$$x_T = \bar{x} + k_T \cdot sd \quad (2.6)$$

Dimana:

X_T : Hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$\bar{X}$: Nilai rata-rata dari data

K_T : Faktor frekuensi, nilainya bergantung dari T tahun, dapat dilihat pada tabel 2.2

S_d : Standar Deviasi

Tabel 2. 2 Nilai (K_T) Variabel Reduksi Gauss

Periode Ulang T (Tahun)	Peluang	K_T
1000	0.001	3.090
200	0.005	2.576
100	0.010	2.326
50	0.020	2.050
20	0.050	1.645
10	0.100	1.282
5.00	0.200	0.842
4.00	0.250	0.674
3.33	0.300	0.524
2.86	0.350	0.385
2.50	0.400	0.253
2.22	0.450	0.126
2.00	0.500	0.000
1.67	0.600	-0.253
1.33	0.750	-0.670
1.25	0.800	-0.842

Sumber: Soewarno, 1995

2.5.2 Distribusi Log Normal

Untuk analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi Log Normal, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log } XT = \text{Log } \bar{x} + kT \cdot Sd \text{ Log } x \quad (2.7)$$

Dimana:

$\log X_T$: Nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T tahun.

$\log \bar{x}$: Nilai rata – rata dari, $\log X_i$

$S_d \log X_i$: Standard Deviasi

k_T : Faktor Frekuensi, Tabel 2.2

2.5.3 Distribusi Log Pearson III

Untuk analisa frekuensi curah hujan dengan menggunakan metode Log pearson Type III, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\log X_T = \log \bar{x} + k_T \cdot S_d \log x \quad (2.8)$$

Dimana:

$\log X_T$: Nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T tahun.

$\log \bar{x}$: Nilai rata – rata dari, $\log X_i$

$S_d \log x$: Standard Deviasi

K_T : Variabel standar, besarnya bergantung koefisien kemencengan C_s pada tabel 2.3 frekuensi K_T untuk distribusi Log pearson III

Tabel 2. 3 Koefisien Kemencengan C_s Log Pearson Type III

Koef Kemencengan C_s	Periode Ulang (Tahun)				
	2	5	10	25	50
	Peluang (%)				
	50	20	10	4	2
3.0	-0.396	0.42	1,180	2,278	3,152
2.8	0.384	0.46	1,210	2,275	3,114
2.6	0.368	0.499	1,238	2,267	3,071
2.4	0.351	0.537	1,262	2,256	3,023
2.2	-0.33	0.574	1,284	2,240	2,970
2.0	-0.307	0.609	1,302	2,219	2,912
1.8	-0.282	0.643	1,318	2,193	2,848
1.6	-0.254	0.675	1,329	2,163	2,780
1.4	-0.225	0.705	1,337	2,128	2,706
1.2	-0.195	0.732	1,340	2,087	2,626

Koef Kemencengan Cs	Periode Ulang (Tahun)				
	2	5	10	25	50
	Peluang (%)				
	50	20	10	4	2
1.0	-0.164	0.758	1,340	2,043	2,542
0.8	-0.132	0.780	1,336	1,993	2,453
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359
0.5	-0.083	0.808	1,323	1,910	2,311
0.4	-0.066	0.816	1,317	1,880	2,261
0.2	-0.033	0.830	1,301	1,818	2,159
0.0	0	0.842	1,282	1,751	2,054
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945
-0.4	0.066	0.855	1,231	1,606	1,834
-0.6	0.099	0.857	1,200	1,528	1,720
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663
-0.8	0.0132	0.856	1,166	1,448	1,606
-1.0	0.164	0.852	1,128	1,366	1,432
-1.2	0.195	0.844	1,086	1,282	1,379
-1.4	0.225	0.832	1,041	1,198	1,270
-1.6	0.254	0.817	0.994	1,116	1,166
-1.8	0.282	0.799	0.945	1,035	1,069
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980
-2.2	0.33	0.752	0.844	0.888	0.900
-2.4	0.33	0.752	0.844	0.888	0.900
-2.6	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714
-3	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666

Sumber: Soewarno, 1995

2.5.4 Distribusi Gumbel

Untuk analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode E.J. Gumbel, dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K \cdot S_d \quad (2.9)$$

Dimana:

X_T : Nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T tahun.

$\bar{X}$: Nilai rata – rata curah hujan

Sd : Standar Deviasi

K : Faktor Frekuensi Gumbel

Faktor Frekuensi Gumbel merupakan fungsi dan masa ulang dari distribusi

$$K = \left(\frac{Y_t - Y_n}{S_n} \right) \quad (2.10)$$

Dimana:

Y_t : *Reduced variate*, sebagai fungsi dari periode ulang T tahun (Tabel 2.4)

Y_n : *Reduced mean*, sebagai fungsi dari banyak data (Tabel 2.5)

S_n : *Reduced standar*, deviasi sebagai fungsi dari banyak data (n) (Tabel 2.5)

Tabel 2. 4 Reduced Variate (Y_t) PEriode ulang T Tahun

Periode Ulang T (Tahun)	Reduced Variate
2	0.3665
5	1.4999
10	2.2502
25	3.1985
50	3.9019
100	4.6001

Sumber; CD. Soemarto, 1999

Tabel 2. 5 Hubungan n (besar sampel) dengan Y_n dan S_n

N	Y_n	S_n
10	0.4952	0.9496
11	0.4996	0.9676
12	0.5053	0.9833
13	0.507	0.9972
14	0.51	1.0095
15	0.5128	1.0206
16	0.5157	1,031
17	0.5181	1,041
18	0.5202	1,049
19	0.522	1,056
20	0.5236	1,062
21	0.5252	1,069

Sumber: Suripin, 2004

2.6 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Uji kesesuaian distribusi frekuensi untuk mengetahui apakah pemilihan distribusi yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rancangan diterima atau ditolak. Uji ini dilakukan secara horizontal dengan metode Smirnov Kolmogorov dan vertikal menggunakan metode Chi-Square.

2.6.1 Metode Chi-Kuadrat

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode uji chi-kuadrat adalah sebagai berikut:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(of - ef)^2}{Ef} \quad (2.11)$$

Dimana:

X^2 : Parameter chi-kuadrat terhitung.

E_f : Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya.

O_f : Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama.

n : Jumlah sub kelompok.

Derajat nyata atau derajat kepercayaan (α) tertentu yang sering diambil adalah 5%.

Derajat kebebasan (Dk) dihitung dengan rumus:

$$Dk = k - (p + 1) \quad (2.12)$$

$$k = 1 + 3,3 \log n \quad (2.13)$$

Dimana:

Dk : derajat kebebasan.

p : banyaknya parameter, untuk uji chi-kuadrat adalah 2

k : jumlah kelas distribusi

n : banyaknya data

Selanjutnya distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis atau dirumuskan sebagai berikut:

$$x^2 < x^2_{cr} \quad (2.14)$$

Dimana :

x^2 : parameter chi kuadrat terhitung.

x^2_{cr} : parameter chi-kuadrat kritis (lihat lampiran)

Prosedur perhitungan dengan menggunakan metode chi-kuadrat adalah sebagai berikut:

1. Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya.
2. Menghitung jumlah kelas.
3. Menghitung derajat kebebasan (Dk) dan x^2_{cr}
4. Menghitung kelas distribusi.
5. Mengitung interval kelas.
6. Perhitungan nilai x^2
7. Bandingkan nilai x^2 terhadap x^2_{cr}

2.6.2 Metode Smirnov-Kolmogorof

Pengujian distribusi probabilitas dengan metode Smirnov-Kolmogorof dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

1. Urutkan data (X_i) dari besar ke kecil atau sebaliknya.

2. Tentukan peluang empiris masing-masing data yang sudah diurut tersebut

$P(X_i)$ dengan rumus tertentu, rumus Weibull misalnya:

$$P(X_i) = \frac{i}{n+1} \quad (2.15)$$

Dimana:

n : jumlah data.

i : nomor urut data (setelah diurut dari besar ke kecil atau sebaliknya)

3. Tentukan peluang teoritis masing – masing data yang sudah diurut tersebut

$P'(X_i)$ berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang dipilih (Gumbel, Normal, dan sebagainya).

4. Hitung selisih (ΔP_i) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data yang sudah diurut:

$$\Delta P_i = P(X_i) - P'(X_i) \quad (2.16)$$

5. Tentukan apakah $\Delta P_i < \Delta P$ kritis, jika “tidak” artinya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima, demikian sebaliknya.

6. ΔP kritis

2.7 Intensitas Hujan Rencana

Intensitas hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu (Wesli, 2008). Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya (Suripin, 2004).

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi

hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jaman. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe.

Dalam memperkirakan hidrograf banjir menggunakan metode hidrograf satuan sintetik, terlebih dahulu diperlukan data sebaran hujan jam-jaman dengan interval tertentu.

Perhitungannya menggunakan persamaan Mononobe dan persamaan lainnya sebagai berikut.

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

$$r_t = (t \cdot R_t) - (t - 1) \cdot R^{(t-1)} \quad (2.18)$$

Dimana:

r_t = Curah hujan pada jam ke T (mm)

R_t = Rerata curah hujan dari awal sampai jam ke T (jam)

T = Waktu mulai hujan hingga jam ke T (jam)

R_{24} = Curah hujan efektif dalam 24 jam (mm)

T = Waktu konsentrasi hujan (jam)

2.8 Koefisien Limpasan (C)

Koefisien limpasan adalah suatu angka yang memberikan pengertian berapa persen air yang mengalir dari bermacam-macam permukaan akibat terjadinya hujan pada suatu wilayah, atau perbandingan antara jumlah limpasan yang terjadi dengan jumlah curah hujan yang ada. Angka ini dikenal dengan koefisien limpasan (C). Adapun nilai koefisien aliran untuk berbagai permukaan dapat dilihat pada tabel Tabel 2.5.

Tabel 2. 6 Hubungan Kondisi Permukaan Tanah dengan Koefisien Pengaliran (C)

Kondisi Daerah Aliran	Harga C
Perkotaan	0.70 – 0.95
Rumah Tinggal	0.30 – 0.50
Perkampungan	0.25 – 0.40
Halaman Berpasir Datar	0.05 – 0.10
Halaman Tanah Datar	0.13 – 0.17
Perkebunan	0.20 – 0.40
Hutan Bergelombang	0.25 – 0.50
Hutan Berbukit	0.30 – 0.60

Sumber: Sistem Dr. Ir. Suripin, M. Eng

Jika daerah pengaliran terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda, harga C rata-rata (permukaan jalan) ditentukan dengan persamaan berikut:

$$C = \frac{(A_1.C_1) + (A_2.C_2)}{A_{total}} \quad (2.19)$$

Dimana:

C = Koefisien pengaliran gabungan

C_1, C_2 = Koefisien pengaliran yang sesuai tipe kondisi permukaan

A_1, A_2 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan

2.9 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum yang mungkin terjadi pada suatu daerah dengan peluang kejadian tertentu. Untuk menaksir banjir rancangan digunakan hidrograf-hidrograf sintetis yang telah dikembangkan di negara-negara lain, dimana parameter-parameternya disesuaikan terlebih dulu dengan karakteristik daerah pengaliran

yang ditinjau. Adapun parameter dan karakteristik daerah pengaliran meliputi (Soemarto, CD, 1987, p.164).

Untuk mendapatkan hasil besarnya debit rencana yang akan terjadi dalam berbagai periode ulang harus dilakukan perhitungan atau perkiraan dengan baik yang dapat dilakukan dengan analisa data aliran dari sungai yang bersangkutan. Untuk menghitung debit banjir rencana. Adapun data yang diperlukan, yaitu:

1. Luas Daerah Pengaliran Sungai (A)
2. Panjang Alur Sungai Utama (L)
3. Kemiringan Sungai (i)
4. Koefisien Pengaliran
5. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*time to peak magnitude*)
6. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*Time Lag*)
7. Tenggang waktu hidrograf (*Time Base of Hydrograph*)

Untuk mendapatkan debit banjir rencana pada kajian ini dihitung menggunakan metode hidrograf satuan sintetis Nakayasu. Rumus hidrograf satuan sintetis Nakayasu adalah sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{A \cdot R_0}{3.6 (0.3 T_p + T_{0.3})} \quad (2.20)$$

$$T_p = t_g + 0.8 T_r \quad (2.21)$$

$$t_g = 0.4 + 0.058 L \quad \text{Untuk } L > 15 \text{ km} \quad (2.22)$$

$$t_g = 0.2 L^{0.7} \quad \text{Untuk } L < 15 \text{ km} \quad (2.23)$$

$$T_{0.3} = \alpha t_g \quad (2.24)$$

$$t_r = 0.5 \text{ sampai } t_g \quad (2.25)$$

Dimana:

Q_b = Debit puncak banjir ($m^3/detik$)

R_0 = Hujan satuan

A = Luas DAS (km^2)

L = Panjang alur sungai utama (km)

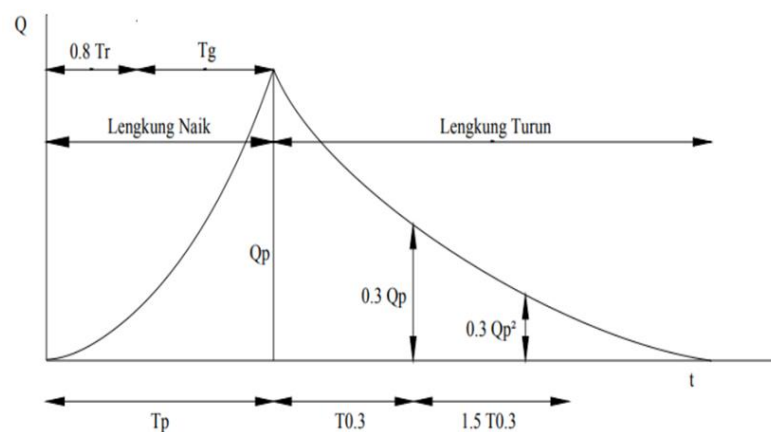
T_p = Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai mencapai 30% dari debit puncak

t_g = Waktu konsentrasi (jam)

t_r = Satuan waktu dari curah hujan (jam)

α = Koefisien karakteristik DAS untuk daerah pengaliran biasa $\alpha = 2$



Gambar 2. 2 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

(Soemarto, *Hidrorlogi Teknik Edisi – 2, 1999*)

Persamaan –persamaan yang digunakan dalam hidrograf nakayasu adalah:

a) Pada kurva naik, $0 \leq t \leq T_p$.

Maka:

$$Q = (t/T_p)^{2.4} \times Q_p \quad (2.26)$$

b) Pada kurva turun, $t_p < t \leq (T_p + T_{0,3})$

Maka:

$$Q = Q_p \times 0,3 \left[\frac{t - T_p}{T_{0,3}} \right], \text{ untuk } (T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}) \quad (2.27)$$

$$Q = Q_p \times 0,3 \left[\frac{t - T_p + 0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \right], \text{ dan untuk } t > (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}) \quad (2.28)$$

$$Q = Q_p \times 0,3 \left[\frac{t - T_p + 0,5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \right] \quad (2.29)$$

Dimana:

Q = Debit sebelum mencapai debit puncak (m^3/detik)

T = Waktu (jam)

2.10 Pemetaan Banjir

2.10.1 Pengertian Pemetaan Banjir

Menurut (Prasetyo, 2013) menyatakan bahwa pemetaan banjir merupakan usaha mempresentasikan data yang berupa angka atau tulisan tentang distribusi banjir ke dalam bentuk peta agar persebaran datanya dapat langsung diketahui dengan mudah dan cepat.

Ada banyak sekali sebenarnya manfaat peta tetapi secara umum dapat dibagi menjadi dua yakni sebagai sumber informasi dan sebagai basis analisis. Yang pertama, penggunaan peta sebagai sumber informasi saja terkait dengan lokasi, jarak, ataupun area di dalamnya.

2.10.2 Fungsi Dan Jenis Pemetaan

Pemetaan adalah suatu proses menyajikan informasi muka bumi yang berupa fakta, dunia nyata, baik bentuk permukaan buminya maupun sumber daya alamnya, berdasarkan

skala peta, sistem proyeksi peta, serta simbol-simbol dari unsur muka bumi yang disajikan.

Secara umum fungsi peta yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mencatat keadaan setempat dengan mencantumkan kondisi, kualitas, dan juga kuantitas suatu tempat, maka peta dapat berfungsi untuk mencatat keadaan suatu tempat.
2. Untuk perencanaan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya alam dengan perencanaan yang dilengkapi dengan peta akan sangat membantu dalam proses perencanaan tersebut, dengan membuat suatu rencana tata ruang setempat.
3. Untuk bahan berkomunikasi masyarakat dengan pihak luar. Peta juga dapat digunakan untuk berkomunikasi antara masyarakat dengan pihak luar, hal ini dimungkinkan bahasa dan istilah yang digunakan antara masyarakat dan pihak luar mungkin berbeda.

2.11 Tingkat Bahaya Banjir

Penelitian mengenai analisis tingkat risiko bencana banjir sering dilakukan sebelumnya dan dengan menggunakan berbagai macam metode yang berbeda-beda. Untuk menganalisis tingkat risiko bencana banjir dibutuhkan tiga parameter yaitu tingkat bahaya, tingkat kerentanan serta tingkat kapasitas bencana banjir (Kusumawara dany, 2017). Penelitian akan dilaksanakan di Sungai Tutuling dan akan memakai atau mengambil data pada parameter tingkat bahaya, tingkat kerentanan penelitian sebelumnya. Untuk itu penulis memerlukan data dan parameter untuk menganalisis tingkat kapasitas banjir tersebut.

Tingkat bahaya banjir dilihat menurut karakteristik banjir yang terjadi di suatu wilayah. Dalam melakukan proses analisis, diperlukan pembobotan pada tiap parameter

untuk mengetahui besaran pengaruh tiap variabel pada tingkat bahaya banjir (Idajati dan Fristyananda, 2017). Tingkat bahaya banjir memiliki parameter yaitu lama genangan, tinggi genangan, frekuensi genangan, dan luas genangan sebagai indikator dalam menganalisis tingkat bahaya banjir (Prayudhatama, 2017).

2.12 HEC-RAS

HEC-RAS adalah program aplikasi untuk memodelkan aliran sungai, *River Analysis System* (RAS), yang di buat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources* (IWR), di bawah *US Army Corps of Engineers* (USACE) (*User's Manual HEC-RAS*, 2015). HEC-RAS merupakan model 1 (satu) dan 2 (dua) dimensi yang mampu menampilkan perhitungan penampang muka air untuk aliran permanen maupun tak permanen.

Analisis yang dilakukan oleh HEC-RAS adalah analisis aliran *Steady*, *Unsteady* dan *Sediment Transport*. Aliran *Steady* adalah sebuah aliran di mana jumlah cairan yang mengalir per detik melalui bagian apapun, adalah konstan. Aliran *Steady* pun di bagi menjadi 2, yaitu *Uniform Flow* dan *Non-Uniform Flow*. Sedangkan *Un Steady Flow* adalah sebuah aliran dimana jumlah cairan yang mengalir per detik melalui bagian apapun, adalah tidak konsta. (Harjawinata, 2017).

Program HEC-RAS adalah sebuah program yang didalamnya terintegrasi Analisa hidrolika, dimana pengguna program dapat berinteraksi dengan sistem menggunakan fungsi *Graphical User Interface* (GUI). Program ini dapat menunjukkan perhitungan profil permukaan aliran permanen (*steady*), termasuk juga aliran tak permanen (*unsteady*), pergerakan sedimen dan beberapa hitungan desain hidrolika.

Dalam *terminology* HEC-RAS, sebuah pengaturan file data akan berhubungan dengan sistem sungai. Data file dapat dikategorikan sebagai berikut: *plan data*, *geometric data*, *steady flow data*, *unsteady flow data*, *sediment data* dan *hydraulic design data*.

HEC-RAS merupakan paket program dari USACE (*US Army Corps of Engineer*), yaitu software yang didesain untuk melakukan berbagai analisis hidrolika. HEC-RAS mampu menampilkan perhitungan muka air satu dimensi untuk aliran dalam saluran alami ataupun buatan. HEC-RAS juga mampu memperhitungkan penampang muka air aliran subkritis, superkritis, dan campuran (*mixed flow*).

Data yang dimasukan untuk program ini adalah data *cross-section* di sepanjang sungai, profil memanjang sungai, parameter hidrolika sungai (kekasaran dasar dan tebing sungai), parameter bangunan sungai, debit aliran (debit rencana), dan tinggi muka air

Output dari hasil analisa ini dengan menggunakan program HEC-RAS dapat berupa grafik maupun *table*. Diantaranya adalah plot dari skema alur sungai, potongan melintang profil, lengkung debit gabungan potongan melintang (*cross section*) yang membentuk alur sungai secara tiga dimensi lengkap dengan alirannya.

2.13 Penelitian Terdahulu

1. Septiandi Putra Candika tahun 2023 membuat judul penelitian Analisis Pemetaan Sebaran Banjir di Das Ake Lasa Dengan Menggunakan *Software HEC-RAS* dengan metode penelitiannya adalah mengidentifikasi dan menganalisis lokasi sebaran genangan banjir di Das Ake Lasa dengan menggunakan *software HEC-RAS*.
2. Ichsan Rauf, Imran, Idhar Sahdar pada tahun 2021 membuat judul penelitian Analisis Spasial Tingkat Bahaya Banjir Desa Amasing Kali Dengan *HEC-RAS 2D*

dengan metode penelitiannya adalah menganalisis tingkat kerawanan banjir di desa Amasing Kali berdasarkan karakteristik banjir yang terjadi. Analisis hidrologi dan topografi dilakukan sebagai dasar perhitungan hidrolika aliran yang dilakukan dengan *HEC-RAS* 2D versi 5.0.7.

3. Aditya Mandagi dan Yuli Suharnoto pada tahun 2019 membuat judul penelitian Pemetaan Banjir Menggunakan *HEC-RAS* Pada Kebun Pisang Pt Agro Prima Sejahtera Di Sekampung Udik, Lampung Timur dengan metode penelitiannya adalah memetakan persebaran daerah banjir di perkebunan pisang PT Agro Prima Sejahtera di DAS Way Sekampung menggunakan aplikasi *ArcGIS* dan *HEC-RAS*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

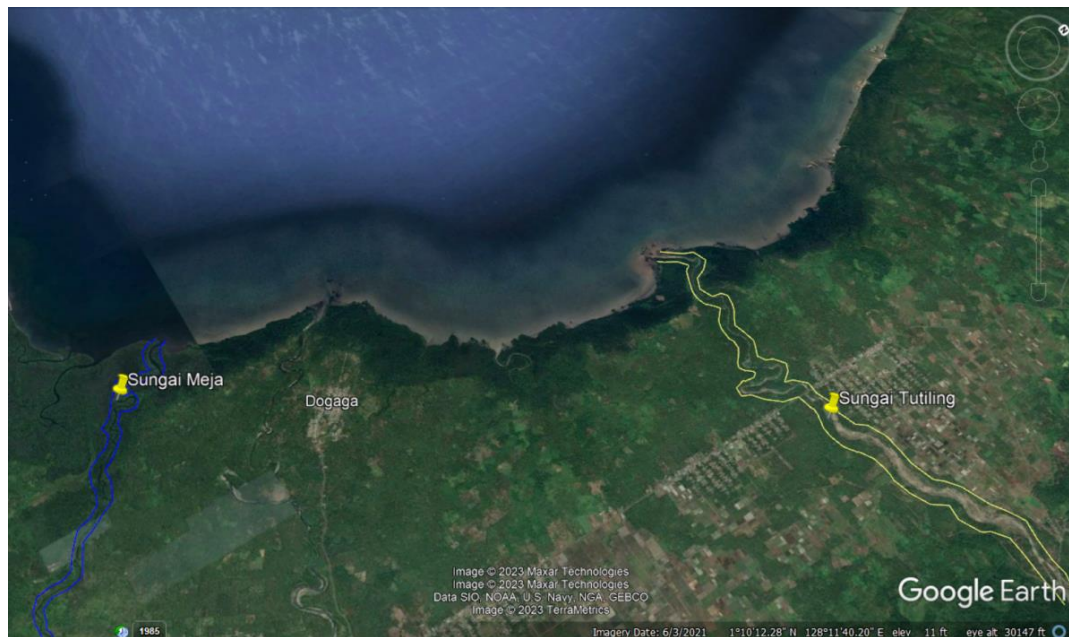
Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Metode penelitian kuantitatif merupakan salah satu jenis penelitian yang spesifikasinya adalah sistematis, terencana dan terstruktur dengan jelas sejak awal hingga pembuatan desain penelitiannya.

Menurut (Sugiyono, 2013), metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positifisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara acak, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

Jenis studi yang digunakan dalam penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif yang didapatkan dari data primer dan sekunder, dimana penelitian ini berupaya menjelaskan Simulasi Pemetaan Genangan Banjir Luapan Sungai Tutuling Menggunakan *Software HEC-RAS*.

3.2 Lokasi Penelitian

Objek penelitian ini adalah Sungai Tutiling yang secara astronomis terletak pada posisi 1° 11' 18.62" LU dan 128° 13' 14.73" BT. Secara administratif sungai ini terletak di Desa Tutuling Jaya tepatnya di Kecamatan Wasile Timur, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Lokasi Sungai Tutuling

Sumber: Google Earth

3.3 Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan adalah rangkaian kegiatan sebelum melaksanakan pengumpulan data dan pengolahannya. Tahap persiapan ini memberikan gambaran tentang langkah selanjutnya untuk dilakukan sebagai tahap penelitian. Pada tahap awal ini disusun hal-hal penting yang dilakukan dengan tujuan, agar kegiatan penelitian struktur, terkoordinasi dan hasil sesuai dengan yang direncanakan. Berikut ini tahapan-tahapan dalam persiapan penelitian:

1. Melakukan studi pustaka tentang permasalahan yang berkaitan dengan sungai, terutama tentang pemetaan banjir.
2. Menentukan jenis dan sumber data yang digunakan.
3. Melakukan survey tempat penelitian untuk memperoleh gambaran umum, serta situasi dan kondisi tempat penelitian.

3.4 Jenis Sumber Data

Dalam proses penelitian dibutuhkan analisis yang akurat, untuk itu biasanya diperlukan beberapa data untuk mendukung pekerjaan penelitian, baik data primer maupun sekunder. Data yang diperlukan pada penelitian ini terdiri atas:

a. Data primer

Data primer adalah data yang langsung diambil dari objeknya oleh peneliti berupa tanya jawab atau wawancara dengan penduduk di lokasi rawan bencana banjir. Dimana dalam penelitian ini data primer diperoleh dengan wawancara berupa, karakteristik banjir yang meliputi, lama genangan, dan kedalaman banjir di lokasi penelitian. Data ini digunakan untuk memperkuat hasil analisis kuantitatif dalam penelitian ini.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari instansi-instansi terkait.

Data-data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. Data curah hujan yang diterapkan yaitu data seri curah hujan maksimum harian selama 10 tahun (2012 – 2021) yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Babullah, Ternate.
2. Data DEM (*Digital Elevation Model*) yang diperoleh secara bebas dari website Badan Informasi Geospasial.
3. Data Topografi Sungai Tutuling yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai

3.5 Metode Analisis Data

Dalam tahap proses analisa data sangat bergantung pada jenis data yang diperoleh serta metode digunakan dalam analisis data. Oleh karena itu, dalam proses pengolahan data pada penelitian ini meliputi:

3.5.1 Pemilihan Jenis Distribusi

Untuk melakukan pemilihan jenis distribusi sendiri dapat dilakukan dengan menggunakan tabel 2.1, dengan cara membandingkan nilai C_s , C_k dan C_v yang telah ditentukan sebelumnya.

3.5.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Pada analisis frekuensi curah hujan rencana dihitung dengan menggunakan beberapa metode yaitu: Distribusi Normal, Distribusi Log normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log Pearson Type III.

3.5.3 Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi dilakukan untuk mengetahui dari empat metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan rencan, yang manakah yang paling sesuai untuk digunakan menghitung debit banjir rencana. Maka dari itu untuk mengetahuinya dapat digunakan beberapa metode, seperti: Metode Chi Square dan Metode Smirnov Kolmogorov.

3.5.4 Analisis Debit Banjir Rencana

Untuk memperkirakan debit banjir yang akan terjadi dapat dilakukan analisis hidrologi dengan menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu. Analisis debit banjir dilakukan pada periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.

3.5.5 Simulasi Pemetaan Banjir

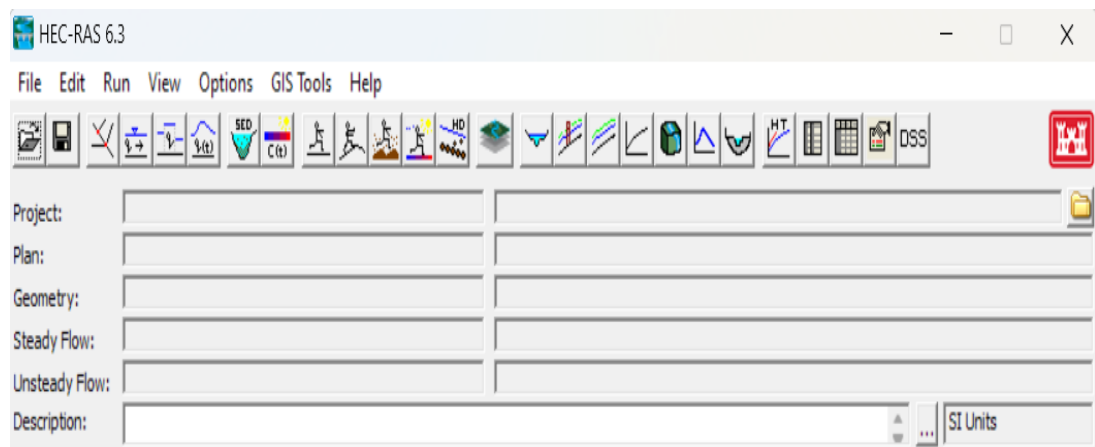
Simulasi pemetaan banjir pada Daerah Aliran Sungai Tutuling menggunakan software HEC-RAS 6.3. Program ini digunakan untuk melakukan simulasi aliran dengan input data kondisi awal (*intial condition*) dan kondisi batas (*boundary condition*) sesuai dengan data dari lapangan. Kemudian, menghasilkan kondisi muka air (banjir) yang terjadi di setiap section. Dalam melakukan simulasi pemetaan banjir menggunakan software HEC-RAS, terdapat data yang akan digunakan dalam melakukan penginputan. Untuk lebih jelasnya, langkah-langkah yang digunakan adalah sebagai berikut.

a) Langkah-langkah menggunakan HEC-RAS

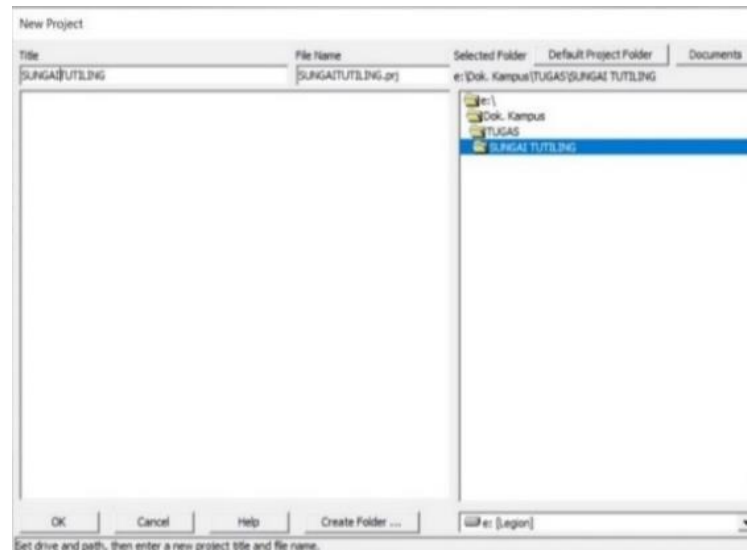
Dalam membuat model hidrolika dengan menggunakan HEC-RAS 6.3 terdapat beberapa tahap penting sebagai berikut:

1. Memulai proyek baru

Langkah pertama dalam mengembangkan model hidrolika dengan HEC-RAS adalah dengan memasukkan judul dan menyimpan proyek baru. Untuk mengawali proyek baru, buka file menu pada jendela utama HEC-RAS dan pilih New Project.



Gambar 3. 2 Tampilan Utama Aplikasi HEC-RAS

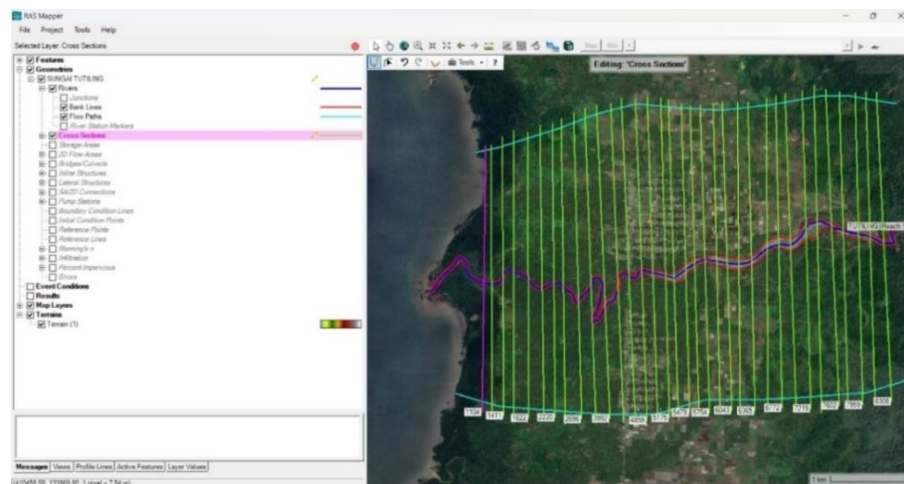


Gambar 3. 3 Tampilan Pengisian Nama Project Aplikasi HEC-RAS

Nama file harus dengan ekstensi “prj”. Kemudian tekan “OK”. Setelah itu muncul message box yang menampilkan judul dan directory tempat pekerjaan disimpan. Jika informasi dalam message box benar, tekan “OK”. Jika sebaliknya tekan “cancel” untuk kembali ke tampilan New project. Setelah memasukkan nama file proyek perlu diperhatikan sistem satuan unit dengan mengubahnya menjadi *System International (Metric System)*.

2. Memasukkan data terrain pada Ras Mapper

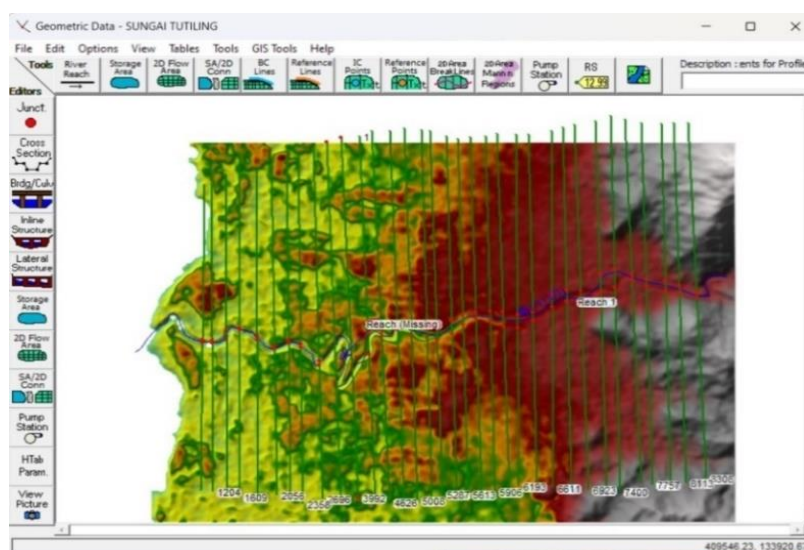
Langkah selanjutnya yang perlu dilakukan yaitu memasukkan data terrain yang berupa data DEM (*Digital Elevation Model*) pada menu Ras Mapper. Setelah menginput data terrain pada ras mapper, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menggambar skema alur sungai dari hulu ke hilir dan terdapat beberapa langkah selanjutnya yang dapat dilakukan pada menu ras mapper yang terdapat pada gambar 3.4 berikut.



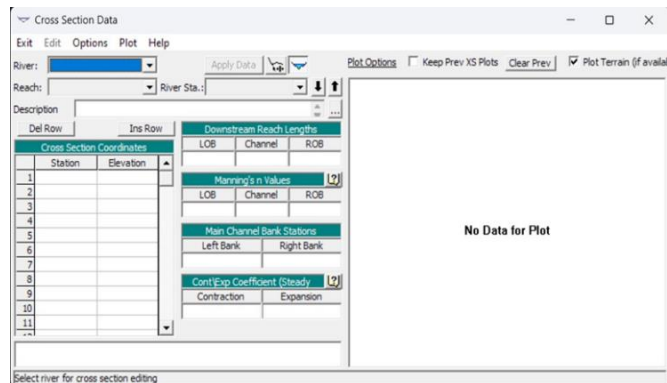
Gambar 3. 4 Tampilan Menu Ras Mapper Aplikasi HEC-RAS

3. Memasukkan data geometri

Setelah skema sistem saluran tergambar, selanjutnya memasukkan data crosssection. Tekan tombol Cross Section akan memunculkan editor cross section. Pada tampilan ini, setiap cross section memiliki nama sungai (*River*), ruas (*Reach*), *River Station* dan *Description*, yang berfungsi untuk menggambarkan letak cross section tersebut pada sistem saluran.



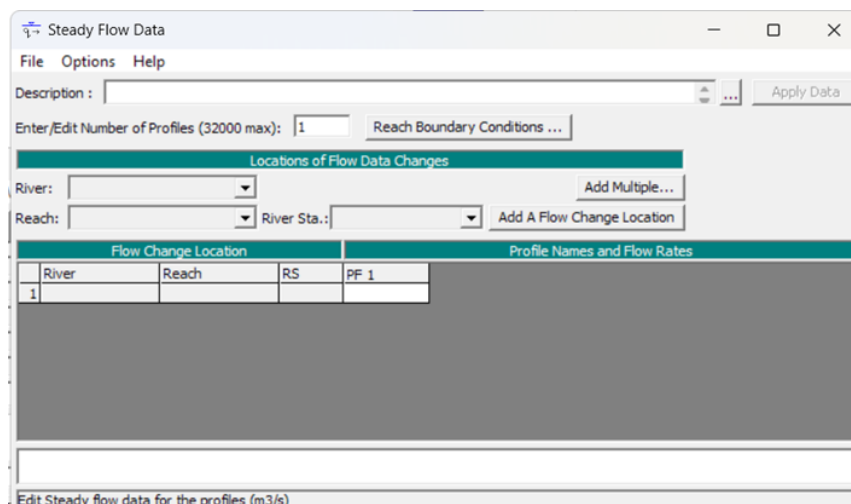
Gambar 3. 5 Tampilan Geometri Sungai Aplikasi HEC-RAS



Gambar 3. 6 Tampilan Input Data Cross Section Sungai Aplikasi HEC-RAS

4. Masukkan data aliran dan kondisi batas

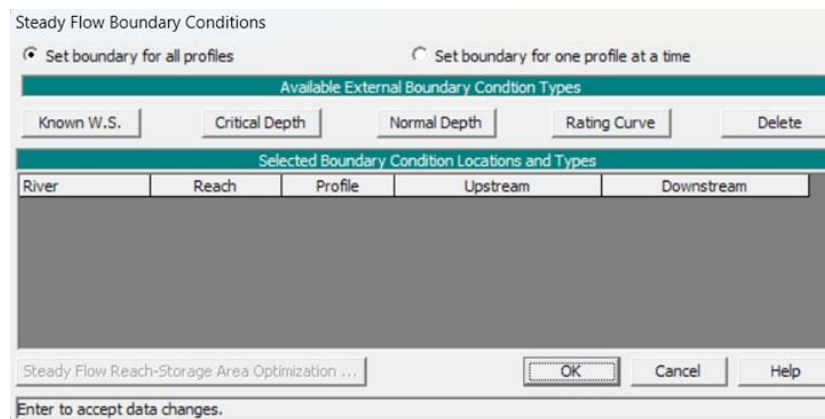
Setelah semua data geometri dimasukkan, langkah selanjutnya adalah memasukkan data aliran steady flow yang dibutuhkan. Pilih steady flow dari menu Edit pada tampilan utama HEC-RAS.



Gambar 3. 7 Tampilan Input Data Debit Rencana Aplikasi HEC-RAS

Setiap profil secara otomatis akan diberi nama berdasarkan nomor profil (PF1, PF2, dst). Nama profil ini bisa diubah melalui menu Options, Edit Profiles Names. Nama profil ini umumnya diganti dengan lamanya periode ulang banjir/aliran yang ada di bawahnya, misal: Q2 tahun, Q5 tahun, dsb.

Selanjutnya setelah semua data aliran dimasukkan ke dalam tabel, langkah selanjutnya adalah kondisi batas yang mungkin dibutuhkan. Untuk memasukkan data kondisi batas, tekan tombol *Boundary Conditions*



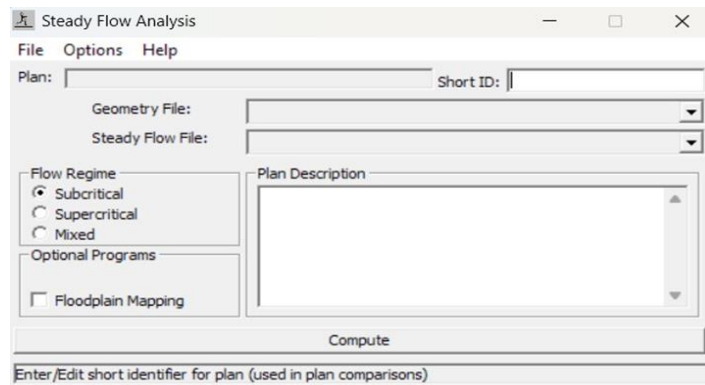
Gambar 3. 8 Tampilan Input Kondisi Batas Aplikasi HEC-RAS

Setelah semua data kondisi batas dimasukkan, tekan OK untuk kembali ke editor data *steady flow*. Tekan tombol *Apply Data* agar data diterima. Langkah terakhir dalam mengembangkan data *steady flow* adalah menyimpan informasi yang sudah dibuat. Untuk menyimpan data, pilih *Save Flow Data As* dari menu File pada editor data *steady flow*.

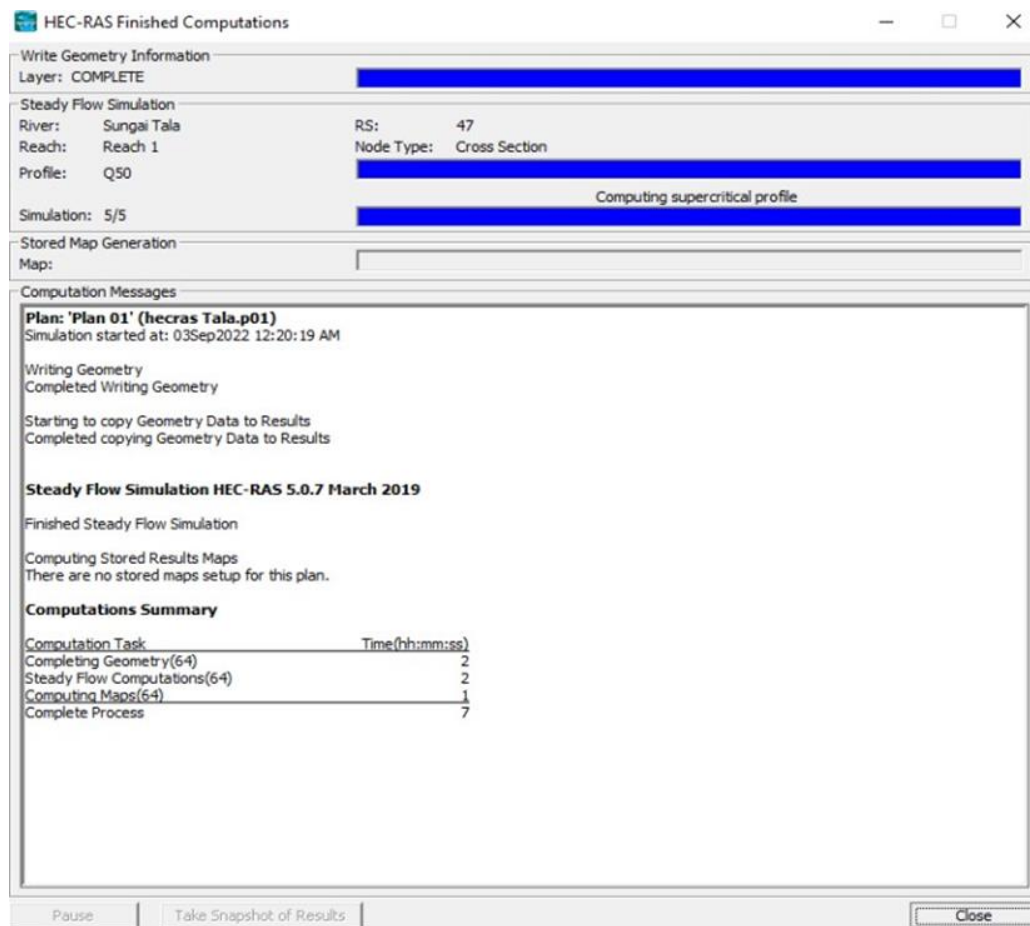
5. Melakukan perhitungan hidrolika (*Running Data*)

Setelah semua data geometri dan data aliran dimasukkan, pengguna dapat memulai perhitungan profil muka air. Untuk melakukan simulasi, pilih *Steady Flow Analysis* dari menu *Run* pada tampilan utama HEC-RAS.

Sebelum perhitungan dilakukan, pertama kali tentukan dahulu data geometri dan aliran (*plan*) mana yang akan dihitung. Kemudian pilih resim aliran yang akan diinginkan. Perhitungan dilakukan dengan menekan tombol *compute* pada jendela *Steady Flow Analysis*. Ketika tombol ini ditekan, HEC-RAS mengemas semua data untuk plan yang dipilih dan menuliskannya pada *run file*.



Gambar 3. 9 Tampilan Analisis Project Aplikasi HEC-RAS



3. 10 Tampilan Running Steady Flow Aplikasi HEC-RAS

6. Menampilkan hasil data (*Output*)

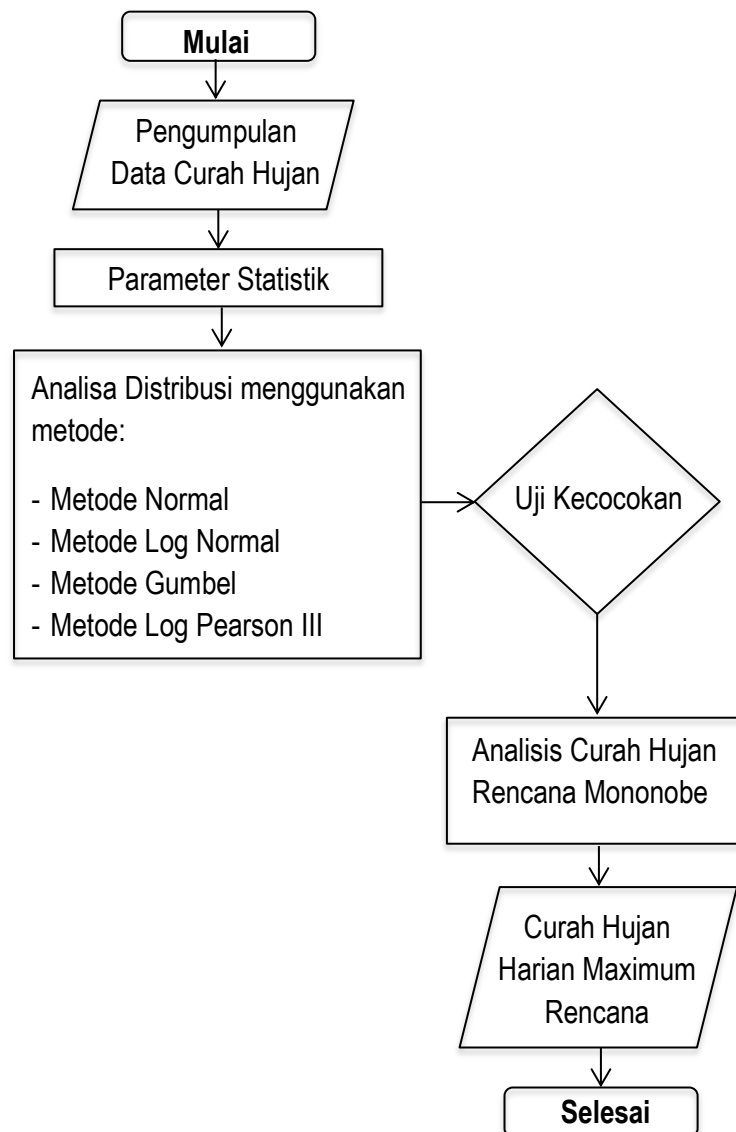
Setelah running data, selanjutnya aplikasi HEC-RAS menampilkan hasil. Beberapa hasil yang ditampilkan disini adalah:

1. Data Potongan melintang (*cross section*)

2. Data ketinggian muka air (*water surface profiles*)
3. Data potongan memanjang (*long section*)
4. Data profil muka air, debit dll (*profile summary table*)

3.6 Bagan Analisa Hidrologi

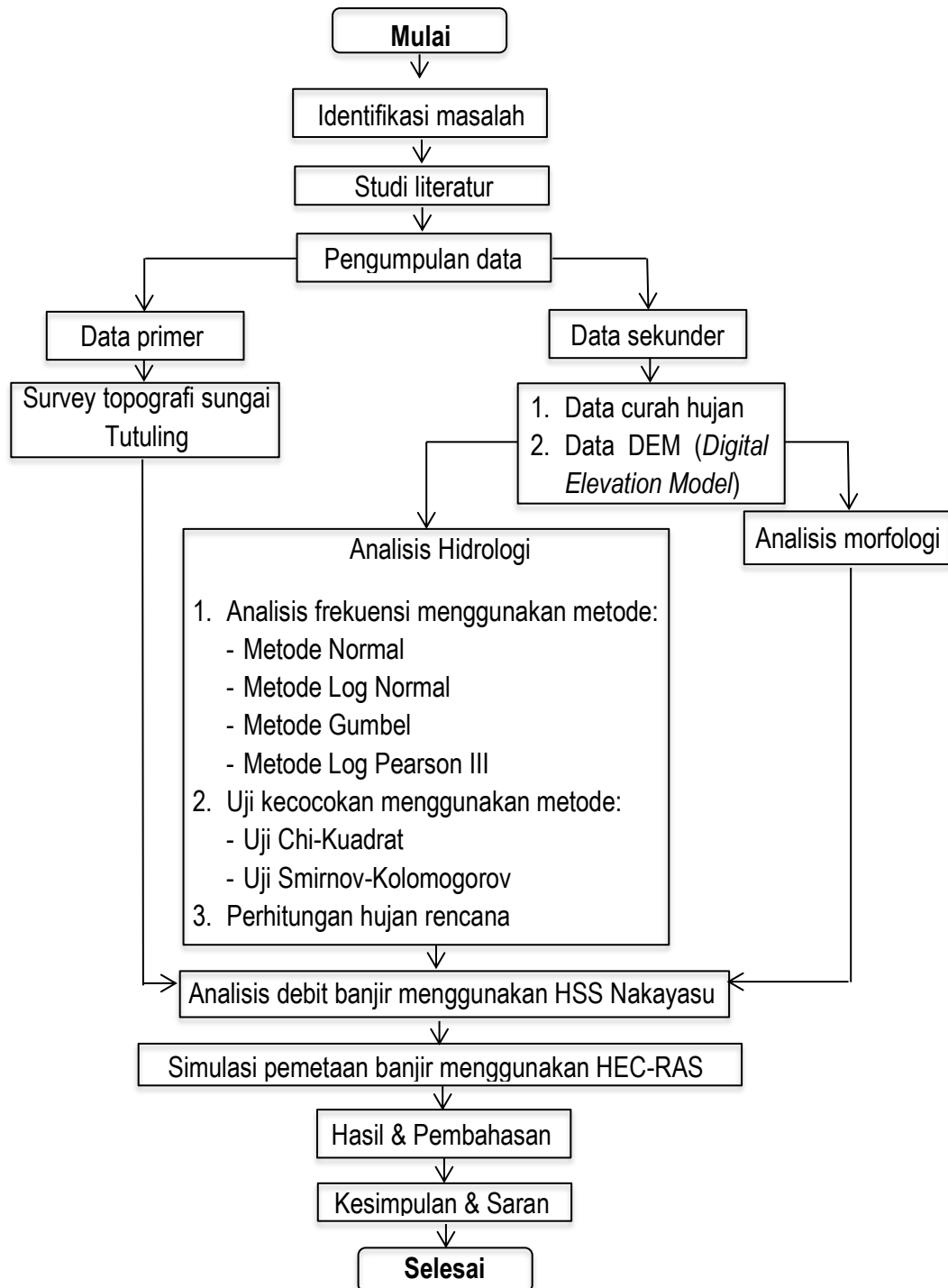
Bagan Analisa hidrologi sebagai berikut :



Gambar 3. 11 Bagan Analisa Hidrologi

3.7 Bagan Alir Penelitian

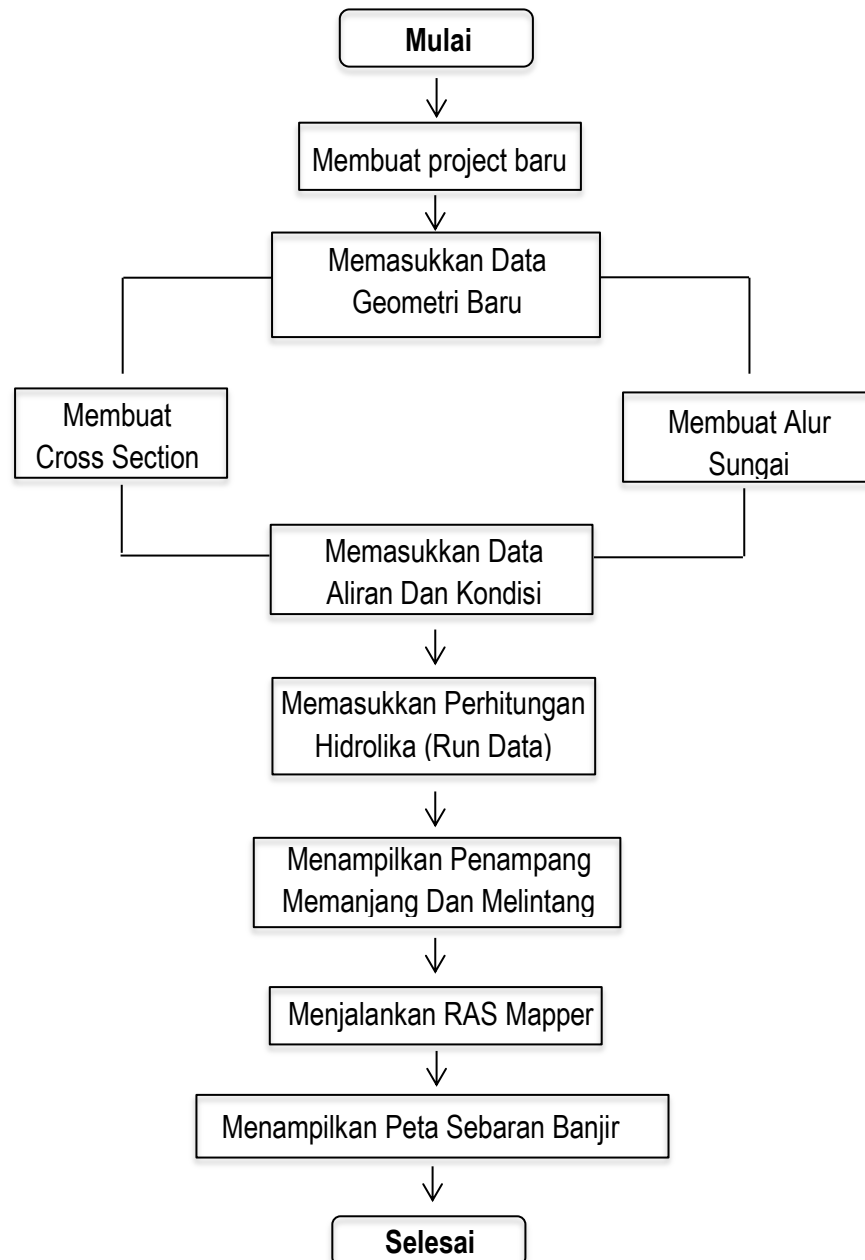
Berikut bagan alir penelitian :



Gambar 3. 12 Bagan Alir Penelitian

3.8 Alur Penggunaan HEC-RAS

Berikut alur penggunaan *HEC-RAS* berdasarkan penelitian.



Gambar 3. 13 Bagan Alur Penggunaan HEC-RAS

BAB IV

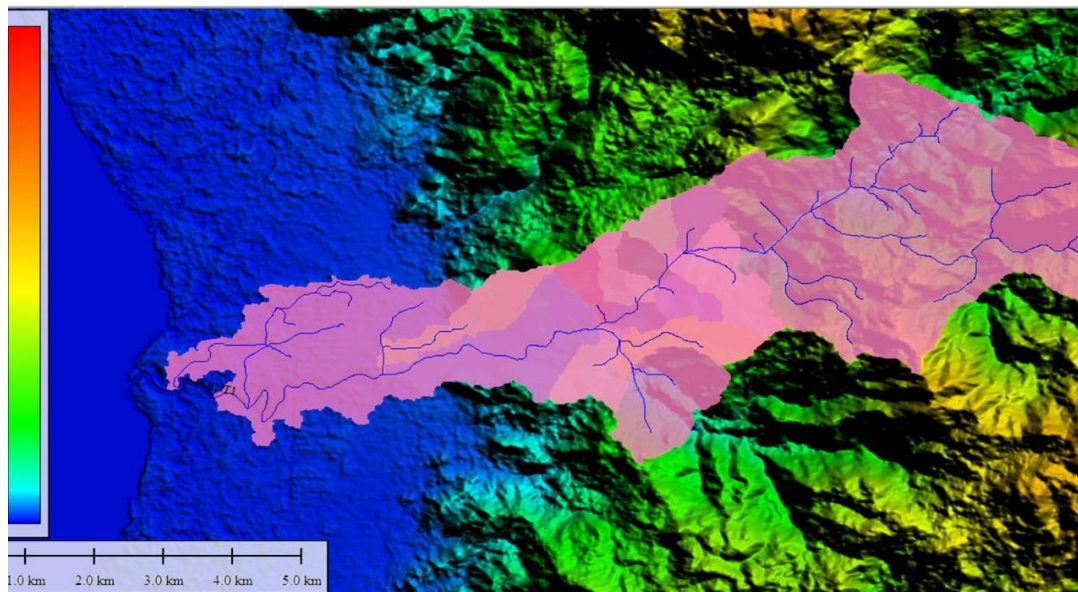
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Analisis hidrologi diperlukan untuk mengetahui karakteristik hidrologi diperlukan untuk mengetahui karakteristik hidrologi di lokasi DAS Sungai Tutuling. Selain itu, analisis hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana pada suatu perencanaan bangunan air. Data untuk penentuan debit banjir rencana yang dibutuhkan adalah data curah, dimana curah hujan merupakan salah satu dari beberapa data yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya debit banjir rencana.

4.1.1 Karakteristik DAS (Daerah Aliran Sungai)

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu wilayah kesatuan dengan sungai dan sub sungainya. Fungsi DAS yaitu menampung, menyimpan dan mengalirkan air hujan yang kemudian dialirkan menuju danau atau laut. Penentuan DAS dalam penelitian ini menggunakan data DEM dan *Global Mapper*. Karakteristik morfometrik DAS di desa Tutuling Jaya dengan membangun model menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM) yang memiliki resolusi 8m x 8m atau 0.27 detik busur. Penetapan batas DAS berdasarkan informasi dari warga, dimana mereka menunjuk dimana luapan terjadi, batas banjir, kemudian titik ini menjadi koordinat awal dalam pengukuran topografi.



Gambar 4. 1 DAS Sungai Tutuling
(Sumber: Global Mapper)

Hasil permodelan DAS Sungai Tutuling dan jaringan sungai yang berpotensi menyumbang aliran permukaan di lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar 4.1. Dari analisis DEM menggunakan program Global Mapper, peneliti memperoleh DAS dan morfometrik Sungai, terdiri dari panjang Sungai utama (L): 20.109 km, dan luas daerah tangkapan air (A): 46.970 km².

4.1.2 Data Curah Hujan

Dalam mendapatkan hasil yang memiliki akurasi tinggi, dibutuhkan ketersediaan data yang secara kualitas dan kuantitas cukup memadai. Data hujan yang digunakan direncanakan selama 10 tahun, sejak tahun 2012 hingga tahun 2021. Data curah hujan harian maksimum ini didapat dari curah hujan maksimum yang diperoleh dari Stasiun Pengamatan Curah Hujan BWS (Balai Wilayah Sungai) Maluku Utara sehingga diperoleh data seperti tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Curah Hujan Maksimum Tahunan Sungai Tutuling

Tahun	Stasiun			Rata-Rata
	TT Jaya	Mekar Sari	Dakaino	
	Curah Hujan Max			
2012	66			66
2013	47			47
2014	104			104
2015	79			79
2016	77			77
2017	77	61		69
2018	70	52	8	43
2019	85	85	74	81
2020	118	68	55	80
2021		29	92	61

Sumber: BWS Maluku Utara

4.1.3 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi curah hujan ini bertujuan untuk memperoleh curah hujan dengan kala ulang beberapa tahun. Pada analisis ini digunakan beberapa metoda untuk memperkirakan curah hujan dengan periode ulang tertentu. Kala ulang yang akan dihitung pada masing-masing metode adalah untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun. Dalam menganalisis frekuensi curah hujan digunakan beberapa metode distribusi, diantaranya sebagai berikut:

4.1.3.1 Metode Distribusi Normal

Perhitungan Distribusi Normal menggunakan persamaann 2.6 sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Perhitungan Distribusi Normal

Tahun	Curah Hujan Xi (mm)	$(X - \bar{X})^2$
2012	66	22.563
2013	47	564.063
2014	104	1105.563
2015	79	68.063

Tahun	Curah Hujan Xi (mm)	$(X - \bar{X})^2$
2016	77	39.063
2017	69	3.063
2018	43	751.674
2019	81	112.007
2020	80	91.840
2021	61	105.063
Jumlah (Σ)	708	2862.958
Rata-rata ($\bar{X}$)	70.750	
Sd	17.84	

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk curah hujan periodik dengan kala ulang 50 tahun.

- Dari Tabel 4.2, didapatkan nilai $\bar{X} = 70.75$ dan $\Sigma (X - \bar{X})^2$ adalah 2862.96
- Hitung S_d dengan persamaan 2.2, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{2862,96}{10-1}} = 18$$

- Nilai K_T dari kala ulang 50 tahun adalah 2,05
- Gunakan persamaan 2.6 untuk menghitung X_T dan didapatkan hasil sebagaimana yang tercantum di bawah ini.

$$X_T = 71 + (2,05 \times 18) = 107$$

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 3 Curah Hujan Rencana Distribusi Normal

(Tahun)	KT	XT
T		(mm)
50	2,05	107
25	1,37	95
10	1,282	94
5	0,842	86
2	0,000	71

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.3.2 Metode Distribusi Log Normal

Perhitungan Distribusi Log Normal menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Perhitungan Distribusi Log Normal

Tahun	Xi	Log Xi	Log (X- $\bar{X}$) ²
2012	66	1.820	0.000
2013	47	1.672	0.027
2014	104	2.017	0.033
2015	79	1.898	0.004
2016	77	1.886	0.002
2017	69	1.839	0.000
2018	43	1.637	0.040
2019	81	1.910	0.005
2020	80	1.905	0.005
2021	61	1.782	0.003
Jumlah		18.37	0.1191
Rata-Rata ($\bar{X}$)		1.837	

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk curah hujan periodik dengan kala ulang 50 tahun:

- Dari Tabel 4.4, nilai dari Log $\bar{x}$ = 1.837
- Dari perhitungan terhadap data yang ada, nilai $\sum (X - \bar{x})^2$ adalah 0.1191
- Standar deviasinya adalah sebagai berikut.

$$S_d = \sqrt{\frac{0.12}{10-1}} = 0.115$$

- Untuk kala ulang 50 tahun, besar variabel Gaus adalah 2.05
- Cari log X_T dengan persamaan 2.7, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\log X_T = 1.84 + (2.05 \times 0.01) = 1.86$$

Maka nilai X_T setelah nilai logaritma dikonversikan adalah 118

Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 5 Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal

(Tahun)	KT	XT
T		(mm)
50	2.05	118
25	1.37	99
10	1.28	96
5	0.84	86
2	0.00	69

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.3.3 Metode Distribusi Gumbel

Untuk metode distribusi gumbel menggunakan persamaan 2.10, sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Perhitungan Distribusi Gumbel

Tahun	X	$(X - \bar{X})^2$
2012	66	22.563
2013	47	564.063
2014	104	1105.563
2015	79	68.063
2016	77	39.063
2017	69	3.063
2018	43	751.674
2019	81	112.007
2020	80	91.840
2021	61	105,063
Jumlah	708	2862.96
Rata-Rata ($\bar{X}$)	71	
Standar Deviasi (Sd)	18	

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk curah hujan periodic dengan kala ulang 50 tahun.

- Dari Tabel 4.6, diketahui bahwa nilai $\bar{X} = 71$
- Dengan menggunakan perhitungan, didapatkan nilai dari $\sum (X - \bar{X})^2$ adalah 2862.96
- Cari S_d dengan persamaan 2.2, maka didapatkan hasil sebagai berikut.

$$S = \sqrt{\frac{2852.96}{10-1}} = 18$$

- d. Nilai Y_n dan S_n didapat dari tabel 2.5 untuk data yang berjumlah 11 nilai Y_n dan S_n , adalah 0.4952 dan 0.9496.
- e. Menurut Tabel Y_t pada tabel 2.4, untuk data dengan kala ulang 50 tahun, maka nilai Y_t adalah 3.9019
- f. Hitung nilai K menggunakan persamaan 2.10 dan XT menggunakan persamaan 2.9, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$K = \left(\frac{3.9019 - 0.4952}{0.9496} \right) = 3.587$$

$$XT = 71 + (3.587 \times 18) = 135$$

Tabel 4. 7 Curah Hujan Rrencana Distribusi Gumbel

(Tahun) T	Y_t	Y_n	S_n	K	XT
50	3.902	0.4952	0.9496	3.5876	135
25	3.199	0.4952	0.9496	2.8468	122
10	2.250	0.4952	0.9496	1.8483	104
5	1.500	0.4952	0.9496	1.0581	90
2	0.367	0.4952	0.9496	-0.1355	68

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.3.4 Metode Distribusi Log Pearson III

Persamaan yang digunakan dalam metode distribusi Log Person III sama dengan yang digunakan pada metode distribusi Log Normal. Namun dalam metode distribusi Log Pearson III, nilai Variabel Gauss yang digunakan bergantung pada C_s (Koefisien Kemencengan).

Tabel 4. 8 Perhitungan Distribusi Log Pearson Type III

Tahun	X	Log Xi	Log (X- $\bar{X}$) ²	Log (X- $\bar{X}$) ³
2012	66	1.820	0.00029	-0.0000049
2013	47	1.672	0.02704	-0.0044466
2014	104	2.017	0.03258	0.0058802
2015	79	1.898	0.00373	0.0002280
2016	77	1.886	0.00250	0.0001246
2017	69	1.839	0.00001	0,0000000
2018	43	1.637	0.03989	-0.0079660
2019	81	1.910	0.00544	0.0004008
2020	80	1.905	0.00467	0.0003194
2021	61	1.782	0.00300	-0.0001644
Jumlah		18.365	0.11911	-0.0056288
Rata-Rata ($\bar{X}$)		1.837		

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk curah hujan periodik dengan kala ulang 50 tahun.

- Nilai dari log X adalah 171 (Tabel 4.4), nilai $\sum (X - \bar{X})^3$ adalah -0.00563, dan jumlah data n = 10.
- Pada perhitungan Log Normal nilai standar deviasi adalah 0.115
- Nilai Cs adalah =

$$Cs = \frac{10 \times (-0.00563)}{(10-1)(10-2)(0.115)^3} = -0.5$$

- Nilai K untuk Cs = -0.5 kala ulang 50 tahun adalah 1.777
- Untuk menghitung nilai log X_T , maka didapatkan hasil berikut:

$$\log X_T = 1.84 + (2.054 \times 0.10036) = 2.042$$

Maka nilai X_T setelah nilai logaritma dikonversikan adalah 110

Tabel 4. 9 Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson III

(Tahun)	KT	XT
T		(mm)
50	1.777	110
25	1.567	104
10	1.216	95
5	0.856	86
2	0.083	70

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.3.5 Rekapitulasi Analisis Distribusi Peluang

Berikut disajikan rekapitulasi dari keempat metode analisis frekuensi distribusi curah hujan (Gumbel, Log Normal, Log Pearson III, dan Normal) pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Analisis Distribusi Peluang

T (Tahun)	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Pearson
50	107	118	135	110
25	95	99	122	104
10	94	96	104	95
5	86	86	90	86
2	71	69	68	70

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.4 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Untuk mengetahui distribusi frekuensi yang memenuhi kriteria perencanaan maka dilakukan uji kesesuaian. Dalam hal ini digunakan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov Kolmogorov adalah untuk menguji apakah sebaran yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

4.1.4.1 Uji Chi Kuadrat

Berikut Langkah-langkah perhitungan uji distribusi probabilitas metode Chi Kuadrat:

1. Data Curah Hujan diurut dari besar ke kecil

Tabel 4. 11 Data Curah Hujan dari Besar ke Kecil

Tahun	X	Data dari Besar ke Kecil
2012	66	104
2013	47	81
2014	104	80
2015	79	79
2016	77	77
2017	69	69
2018	43	66
2019	81	61
2020	80	47
2021	61	43

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Menghitung jumlah kelas

(a) Jumlah Data (n) = 10

(b) Kelas Distribusi (K) = $1 + 3.3 \log n = 4.3 \sim 4$

3. Menghitung derajat kebebasan (Dk) dan X^2_{cr}

(a) Parameter (P) = 2

(b) Derajat Kebebasan (Dk) = $K - (p + 1) = 1.3$

(c) Nilai x^2_{cr} dengan jumlah data (n) = 10, $\alpha = 5\%$ dan Dk = 2 adalah 3.841

4. Menghitung kelas distribusi

(a) Persentase 25%

$$P(x) = 25\% \text{ diperoleh } \frac{1}{P(x)} = \frac{1}{0,25} = 4 \text{ tahun}$$

(b) Persentase 50%

$$P(x) = 50\% \text{ diperoleh } \frac{1}{P(x)} = \frac{1}{0,50} = 2 \text{ tahun}$$

(c) Persentase 75%

$$P(x) = 75\% \text{ diperoleh } \frac{1}{P(x)} = \frac{1}{0,75} = 1.33 \text{ tahun}$$

5. Menghitung Interval Kelas

(a) Distribusi Probabilitas Normal

T	KT	XT
4	0.674	83
2	0.000	71
1,333	-0.670	59

Sumber: Hasil Perhitungan

(b) Distribusi Probabilitas Log Normal

T	KT	Log Xi	S Log Xi	Log XT	XT = 10 ^{Log XT}
4	0.674	1.84	0.12	1.91	82.05
2	0.000	1.84	0.12	1.84	68.63
1,333	-0.670	1.84	0.12	1.76	57.47

Sumber: Hasil Perhitungan

(c) Distribusi Probabilitas Gumbel

T	YT	KT	XT
4	1.246	0.791	85
2	0.367	-0.136	68
1,333	-0.327	-0.865	55

Sumber: Hasil Perhitungan

(d) Distribusi Probabilitas Log Pearson III

T	KT	Log Xi	S Log Xi	Log XT	XT = 10 ^{Log XT}
4	0.598	1.84	0.12	1.91	80.42
2	0.083	1.84	0.12	1.85	70.16
1,333	-0.097	1.84	0.12	1.83	66.89

Sumber: Hasil Perhitungan

6. Perhitungan Nilai X^2

(a) Hasil Chi Kuadrat untuk Distribusi Normal

KELAS	INTERVAL	Ef	Of	Of - Ef	(Of-Ef) ² /Ef
1	> 82.77	2.5	1	-1.5	0.90
2	70.75 – 82.77	2.5	4	1.5	0.90
3	58.80 – 70.75	2.5	3	0.5	0.10
4	< 58.80	2.5	2	-0.5	0.10
Σ		10	10		2.000

(b) Hasil Chi Kuadrat untuk Distribusi Log Normal

KELAS	INTERVAL	Ef	Of	Of - Ef	(Of-Ef) ² /Ef
1	> 82.05	2.5	1	-1.5	0.90
2	68.63 – 82.05	2.5	5	2.5	2.50
3	57,47 - 68,63	2,5	2	-0,5	0,10
4	< 57,47	2,5	2	-0,5	0,10
Σ		10	10		3,600

(c) Hasil Chi Kuadrat untuk Distribusi Gumbel

KELAS	INTERVAL	Ef	Of	Of - Ef	(Of-Ef) ² /Ef
1	> 84.85	2.5	1	-1.5	0.90
2	68.33 – 84.85	2.5	5	2.5	2.50
3	55.31 – 68.33	2.5	2	-0.5	0.10
4	< 55.31	2.5	2	-0.5	0.10
Σ		10	10		3.600

(d) Hasil Chi Kuadrat untuk distribusi Log Pearson III

KELAS	INTERVAL	Ef	Of	Of - Ef	(Of-Ef) ² /Ef
1	> 80.42	2.5	3	0.5	0.10
2	68.33 – 79.64	2.5	3	-0.5	0.10
3	65.15 – 688.33	2.5	1	-1.5	0.90
4	< 65.15	2.5	3	0.5	0.10
Σ		10	10		1.20

7. Rekapitulasi nilai X^2 dan X^2_{cr} untuk keempat distribusi probabilitas

UJI CHI-KUADRAT				
Hasil	NORMAL	LOG NORMAL	GUMBEL	LOG PEARSON III
Chi-Kuadrat Hitung	2.000	3.600	3.600	0.400
Chi-Kuadrat Kritis	3.841	3.841	3.841	3.841
Hipotesa	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.4.2 Uji Smirnov Kolmogorov

Pengujian distribusi probabilitas dengan metode Smirnov-Kolmogorov dilakukan pada tabel perhitungan sebagai berikut:

(a) Distribusi Normal

Tabel 4. 12 Perhitungan Uji Smirnov terhadap Distribusi Normal

i	Xi (Besar ke Kecil)	P (Xi)	f (t)	P' (Xi)	ΔP
1	2	3	4	6	7 = 6-3
1	104.00	0.09	1.87	0.031	0.060
2	81.00	0.18	0.58	0.281	0.099
3	80.00	0.27	0.52	0.302	0.029
4	79.00	0.36	0.47	0.319	0.044
5	77.00	0.45	0.35	0.363	0.091
6	69.00	0.55	-0.10	0.540	0.006
7	66.00	0.64	-0.26	0.603	0.034
8	61.00	0.73	-0.54	0.705	0.022
9	47.00	0.82	-1.33	0.908	0.090
10	43.00	0.91	-1.55	0.939	0.030
Jumlah	707				
Xi	70.70				
Sd	17.82				
Max					0.099

Sumber: Hasil Perhitungan

(b) Distribusi Log Normal

Tabel 4. 13 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov Log Normal

i	Xi (dari Besar ke Kecil)	Log Xi	P (Xi)	f (t)	P' (Xi)	ΔP
1	2	3	4	5	7	7 = 6-3
1	104.000	2.017	0.09	1.57	0.058	0.033
2	81.000	1.908	0.18	0.63	0.264	0.082
3	80.000	1,903	0,27	0,58	0,281	0,008
4	79.000	1,898	0,36	0,53	0,298	0,066
5	77.000	1,886	0,45	0,44	0,330	0,125
6	69.000	1,839	0,55	0,02	0,492	0,053
7	66.000	1,820	0,64	-0,14	0,556	0,081
8	61.000	1,785	0,73	-0,44	0,670	0,057
9	47.000	1,672	0,82	-1,42	0,922	0,104
10	43.000	1,633	0,91	-1,76	0,961	0,052
Jumlah		18,362				
Log Xi		1,836				
Sd		0,12				
Max						0,125

Sumber: Hasil Perhitungan

(c) Distribusi Gumbel

Tabel 4. 14 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov Gumbel

i	X	P (Xi)	f (t)	P' (Xi)	ΔP
1	2	3	4	9	10 = 9-3
1	104.000	0.091	1.869	0.100	0.009
2	81.000	0.182	0.578	0.303	0.121
3	80.000	0.273	0.522	0.316	0.044
4	79.000	0.364	0.466	0.331	0.033
5	77.000	0.455	0.354	0.358	0.096
6	69.000	0.545	-0.095	0.463	0.082
7	66.000	0.636	-0.264	0.400	0.236
8	61.000	0.727	-0.544	0.649	0.078
9	47.000	0.818	-1.330	0.893	0.075

i	X	P (Xi)	f (t)	P' (Xi)	ΔP
1	2	3	4	9	10 = 9-3
10	43.000	0.909	-1.554	0.941	0.032
Jumlah	707.000				
Xi	70.700				
Sd	17.820				
Max					0.236

Sumber: Hasil Perhitungan

(d) Log Pearson III

Tabel 4. 15 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov Log Pearson III

No (Xi)	X	Log Xi	P (Xi)	f (t)	P' (Xi)	ΔP
1	2	3	4	5	6	7 = 6-4
1	104.000	2.0170	0.091	1.572	-0.0778	-0.1687
2	81.000	1.9085	0.182	0.628	0.2884	0.1066
3	80.000	1.9031	0.273	0.581	0.3066	0.0339
4	79.000	1.8976	0.364	0.534	0.3250	-0.0386
5	77.000	1.8865	0.455	0.437	0.3626	-0.0920
6	69.000	1.8388	0.545	0.023	0.5233	-0.0222
7	66.000	1.8195	0.636	-0.145	0.6712	0.0349
8	61.000	1.7853	0.727	-0.442	0.6768	-0.0505
9	47.000	1.6721	0.818	-1.426	0.9115	0.0933
10	43.000	1.6335	0.909	-1.762	0.9487	0.0396
Jumlah		18,362				
Xi		1,836				
Sd		0,115				
Cs		-0,452				
Max						0.107

Sumber: Hasil Perhitungan

1. Rekapitulasi Simpangan Maksimum (ΔP) dari keseluruhan distribusi probabilitas

Tabel 4.16 Rekapitulasi Simpangan Maksimum (ΔP) dari Keseluruhan Distribusi Probabilitas

UJI SMIRNOV KOLMOGOROV				
Hasil	NORMAL	LOG NORMAL	GUMBEL	LOG PEARSON III
Smirnov Hitung (Δ_{maks})	0.099	0.125	0.236	0.107
Smirnov Kritis (Δ_{kritis})	0.410	0.410	0.410	0.410
Hipotesa ($\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$)	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima

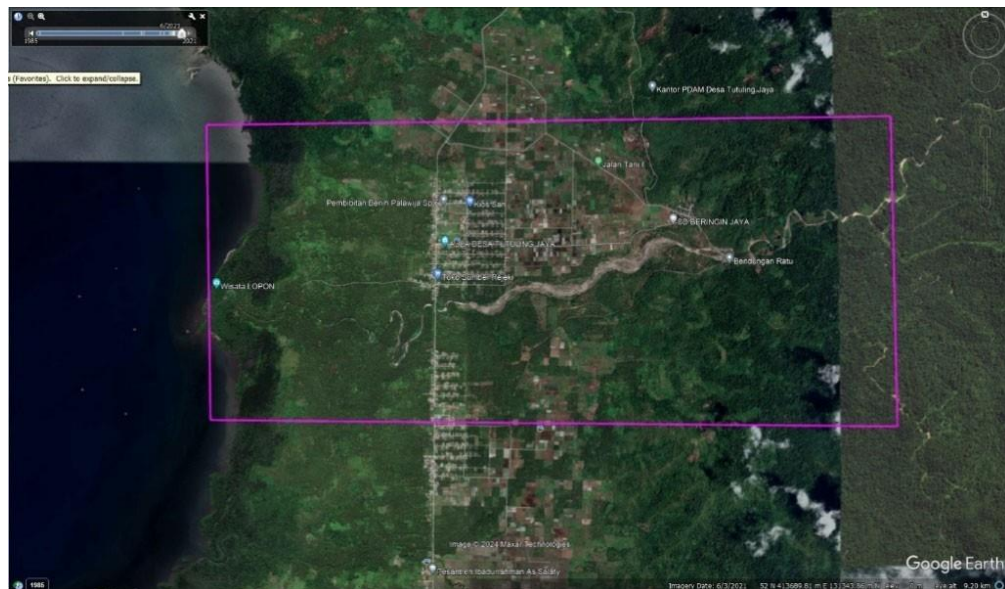
Sumber: Hasil Perhitungan

1. Jika jumlah data (n) = 10 dan α adalah 5% maka di dapat ΔP kritis = 0.410
2. Jadi (Δp maksimum) < ΔP kritis

Dari pengujian distribusi probabilitas didapat persamaan distribusi probabilitas yang dipilih yaitu distribusi Gumbel dengan Nilai $X^2 = 3.600$ dan simpangan baku maksimum pada Uji Smirnov-Kolmogorov lebih kecil dari simpangan baku kritis ($0.236 < 0.410$).

4.1.5 Perhitungan Koefisien Limpasan (C)

Karakteristik daerah pengaliran dapat ditinjau dari tata guna lahan di sekitar daerah tersebut. Dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4. 2 DAS Sungai Tutuling

Untuk tata guna lahan lahan DAS Tutuling terdapat beberapa jenis tutupan lahan yang terdiri dari hutan, kebun, persawahan, tanah terbuka, dan perkampungan. Dapat dilihat pada tabel untuk nilai C (koefisien Pengaliran) DAS Tutuling.

Tabel 4. 17 Koefisien Limpasan (C)

Kondisi Daerah Aliran	Harga C
Perkotaan	0.70 – 0.95
Rumah Tinggal	0.30 – 0.50
Perkampungan	0.25 – 0.40
Halaman Berpasir Datar	0.05 – 0.10
Halaman Tanah Datar	0.13 – 0.17
Perkebunan	0.20 – 0.40
Hutan Bergelombang	0.25 – 0.50
Hutan Berbukit	0.30 – 0.60

Sumber: Suripin 2004

Diketahui luas DAS Tutuling sebesar 46,97 km², untuk nilai C pada DAS Tutuling adalah sebagai berikut:

Luas DAS Tutuling (A) = 46,97 km²

Penggunaan Lahan	Luas Km ²		C	Luas x C	
Luas Area Hutan	33.972	Km ²	0.5	16.986	Km ²
Luas Perkebunan	10.842	Km ²	0.4	4.337	Km ²
Luas Sawah	1.279	Km ²	0.7	0.895	Km ²
Luas Perkampungan	0.877	Km ²	0.4	0.351	Km ²
Koefisien Limpasan (C) Gabungan DAS Tutuling	46.970	Km ²		22.569	Km ²

Sumber: Hasil Perhitungan

Koefisien pengaliran (C) gabungan DAS Tutuling Jaya dengan menggunakan persamaan 2.19 sebagai berikut:

$$C = \frac{\sum A_i \cdot C_i}{\sum A} = \frac{22.569}{46.970}$$

$$C = 0.480$$

4.1.6 Intensitas Hujan Jam-jaman Mononobe

Dalam memperkirakan hidrograf banjir menggunakan metode hidrograf satuan sintetik, terlebih dahulu diperlukan data sebaran hujan jam-jaman dengan interval tertentu.

Dalam penurunan distribusi hujan menjadi bentuk jam-jaman, perlu diketahui kembali sebelumnya bahwa untuk wilayah Indonesia berdasarkan kesimpulan dari penelitian Hari Indra Prayoga tahun 2004, maka telah ditetapkan bahwa rerata hujan tinggi wilayah Indonesia memiliki durasi 6 jam. Perhitungannya menggunakan persamaan Mononobe (persamaan 2.17 dan 2.18) adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Rasio Hujan Jam-Jaman Interval 6 Jam

Jam ke	Distribusi Hujan		Curah Hujan Ke -		Rasio	Kumulatif
t	R _T		R _T			
1	0,550	R ₂₄	0,550	R ₂₄	55,03%	55,03%
2	0,347	R ₂₄	0,143	R ₂₄	14,30%	69,34%
3	0,265	R ₂₄	0,100	R ₂₄	10,03%	79,37%
4	0,218	R ₂₄	0,080	R ₂₄	7,99%	87,36%
5	0,188	R ₂₄	0,067	R ₂₄	6,75%	94,10%
6	0,167	R ₂₄	0,059	R ₂₄	5,90%	100,00%
Jumlah			1,000			

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 19 Perhitungan Nisbah Hujan Jam-Jaman Interval 6 Jam

Kala Ulang	Tahun	2	5	10	25	50
Hujan Rancangan	(mm)	68.333	89.621	103.716	121.524	134.736
Koef. Pengaliran (C)		0.480	0.480	0.480	0.480	0.480
Hujan Netto	(mm)	32.834	43.063	49.835	58.392	64.740
Jam	Persentaase Hujan Jam Ke-t	Hujan Netto 1 Jam-an (mm/jam)				
1	55.03%	18.069	23.698	27.425	32.135	35.628
2	14.30%	4.697	6.160	7.128	8.352	9.260
3	10.03%	3.295	4.321	5.000	5.859	6.496
4	7.99%	2.623	3.440	3.981	4.664	5.171
5	6.75%	2.215	2.905	3.362	3.939	4.367
6	5.90%	1.936	2.539	2.938	3.443	3.817
	100.00%					
Hujan Netto (Hujan Efektif)	(mm/hari)	32.834	43.063	49.835	58.392	64.740

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel hasil perhitungan di atas telah diketahui besar intensitas curah hujan rancangan efektif di DAS Tutuling pada setiap jam selama durasi hujannya, untuk selanjutnya digunakan dalam peramalan debit banjir rancangan dengan metode hidrograf.

4.1.7 Debit Banjir Rancangan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

HSS yang digunakan dalam studi ini adalah metode HSS Nakayasu karena metode Nakayasu memiliki deviasi kesalahan terhadap bentuk hidrograf sebesar 22% dan tingkat kesalahan untuk puncak banjir sebesar 9%. Nilai-nilai tersebut merupakan yang paling rendah dibanding dengan metode yang lain. Seperti halnya GAMA 1, Limantara maupun Synder, Oleh karena itu pada penelitiannini digunakan metode HSS Nakayasu.

Berikut ini input data untuk perhitungan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu pada DAS Tutuling:

$$A \text{ (Luas DAS Tutuling)} = 46.970 \text{ km}^2$$

$$L \text{ (Panjang Sungai Meja)} = 20.109 \text{ km}$$

$$R_0 \text{ (Rucuh Hujan Satuan)} = 1 \text{ mm}$$

$$\alpha \text{ (Konstanta Nakayasu)} = 2$$

Parameter yang perlu dicari:

$$t_g \text{ (Waktu konsentrasi, pada konisi } L > 15\text{km)} = 0.4 + 0.058 \times L$$

$$= 1.566 \text{ jam}$$

$$t_r \text{ (Satuan waktu dari curah hujan)} = 0.75 \times t_g$$

$$= 1.175 \text{ jam}$$

$$T_p \text{ (Waktu dari mulai hujan menuju } Q_p) = t_g + (0.8 \times t_r)$$

$$= 2.506 \text{ jam}$$

$$T_{0.3} \text{ (Waktu perjalanan dari penurunan } Q_p \text{ sampai } 30\% Q_p) = \alpha \times t_g$$

$$= 2.606 \text{ jam}$$

$$Q_p \text{ (Debit puncak banjir)} = \frac{A \times R_0}{3.6 (0.3T_p + T_{0.3})}$$

$$= 3.886 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Berdasarkan parameter-parameter perhitungan debit banjir rancangan dengan metode Nakayasu pada DAS Sungai Tutuling di atas tersebut, selanjutnya dapat ditentukan pada debit Unit Hidrografnya, yang mana sebelumnya karakteristik lengkung debit dan waktunya perlu diidentifikasi, berikut kriteria dalam penentuan karakteristik debit dan waktunya:

Tabel 4. 20 Penentuan Karakteristik Lengkung Debit Unit HSS Nakayasu

Karakteristik	Notasi	Persamaan
Lengkung Naik	Qa	$Qp \cdot (t/Tp)^{2.4}$
Lengkung Turun Tahap 1	Qd 1	$Qp \cdot 0.3^{\{(t-Tp)/T0.3\}}$
Lengkung Turun Tahap 2	Qd 2	$Qp \cdot 0.3^{\{(t-Tp+0.5T0.3)/1.5T0.3\}}$
Lengkung Turun Tahap 3	Qd 3	$Qp \cdot 0.3^{\{(t-Tp+1.5T0.3)/2T0.3\}}$

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 21 Penentuan Karakteristik Lengkung Waktu Unit HSS Nakayasu

Karakteristik	Notasi	Awal		Akhir	
		Notasi	Nilai (Jam)	Notasi	Nilai (Jam)
Lengkung Naik	Qa	0	0	Tp	2.506
Lengkung Turun Tahap 1	Qd 1	Tp	2.506	$Tp + T0.3$	5.112
Lengkung Turun Tahap 2	Qd 2	$Tp + T0.3$	5.112	$Tp + T0.3 + 1.5T0.3$	9.020
Lengkung Turun Tahap 3	Qd 3	$Tp + T0.3 + 1.5T0.3$	9.020	-	

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan kriteria untuk menentukan debit dan waktu pada Unit Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu DAS sungai Tutuling pada table-tabel diatas, maka dapat dihitung unit hidrgrafnya. Berikut merupakan table hasil perhitungannya:

Tabel 4. 22 Perhitungan Hidrograf Satuan Nakayasu

T (Jam)	Q (m ³ /dtk)	Q Koreksi (m ³ /dtk)	Ket
0	0.000	0.000	Qa
1	2.455	0.644	
2	3.472	0.911	

2.5061152	3.886	1.020	
3	3.093	0.812	Qd 1
4	1.949	0.512	
5	1.228	0.322	
5.11167243	1.166	0.306	
6	0.887	0.233	
7	0.652	0.171	Qd 2
8	0.479	0.126	
9	0.352	0.092	
9.02000827	0.350	0.092	
10	0.279	0.073	
11	0.221	0.058	Qd 3
12	0.176	0.046	
13	0.139	0.037	
14	0,111	0,029	
15	0,088	0,023	
16	0,070	0,018	
17	0,055	0,015	
18	0,044	0,012	
19	0,035	0,009	
20	0,028	0,007	
21	0,022	0,006	
22	0,017	0,005	
23	0,014	0,004	
24	0,011	0,003	
25	0,009	0,002	
26	0,007	0,002	
27	0,005	0,001	
28	0,004	0,001	
Jml Q (m³/s)	21.276	5.586	
VLL (m³)	76594.578	20109.000	
TLL (mm)	3.809	1.000	

Sumber: Hasil Perhitungan

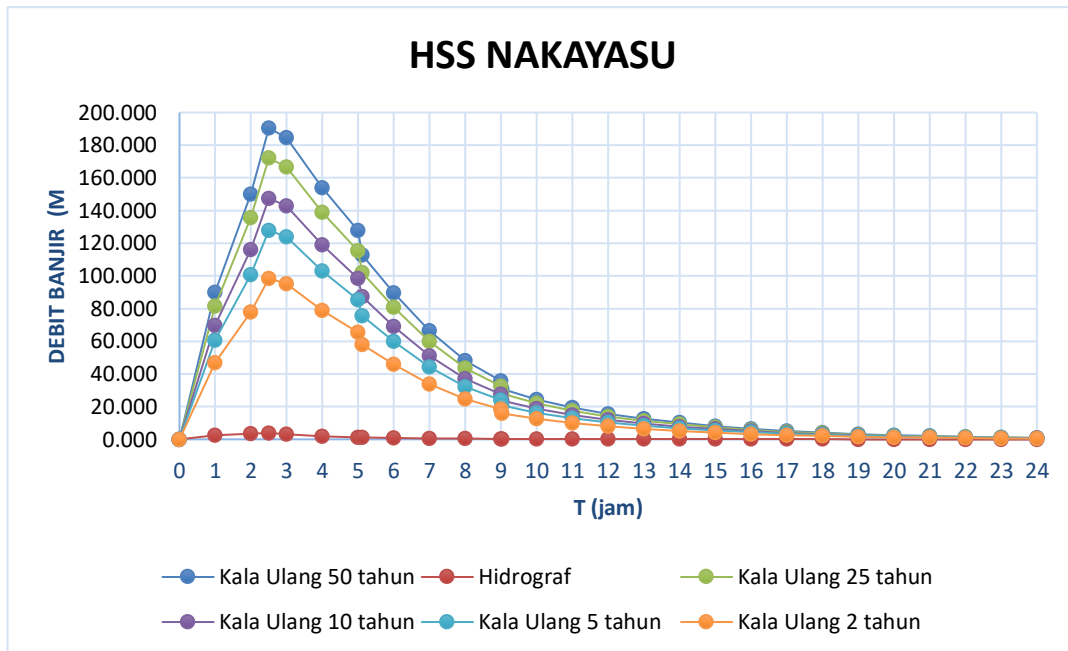
4.1.8 Hasil Analisis Debit Banjir

Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 2 Tahun

T	Unit Hidrograf (m ³ /dtk)	Curah Hujan Jam-Jaman						Debit Banjir Rancangan (m ³ /dtk)
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
0	0.000	18.07	4.697	3.295	2.623	2.215	1.936	0.000
1	2.455	0.00						46.811
2	3.472	44.36	0.00					77.730
2.5061	3.886	62.73	11.53	0.00				98.498
3	3.093	70.22	16.30	8.09	0.00			95.112
4	3.093	55.89	18.25	11.44	6.44	0.00		79.031
5	1.949	35.21	14.53	12.80	9.11	5.44	0.00	65.385
5.1117	1.228	22.18	9.15	10.19	10.19	7.69	4.75	57.858
6	1.166	21.07	5.77	6.42	8.11	8.61	6.72	45.914
7	0.887	16.02	5.48	4.04	5.11	6.85	7.52	33.956
8	0.652	11.77	4.16	3.84	3.22	4.32	5.99	24.663
9	0.479	8.65	3.06	2.92	3.06	2.72	3.77	18.391
9.02	0.352	6.36	2.25	2.15	2.33	2.58	2.38	15.830
10	0.350	6.32	1.65	1.58	1.71	1.96	2.26	12.536
11	0.279	5.04	1.64	1.16	1.26	1.44	1.72	9.928
12	0.221	4.00	1.31	1.15	0.92	1.06	1.26	7.933
13	0.176	3.17	1.04	0.92	0.92	0.78	0.93	6.401
14	0.139	2.52	0.83	0.73	0.73	0.77	0.68	5.220
15	0.111	2.00	0.65	0.58	0.58	0.62	0.68	4.145
16	0.088	1.59	0.52	0.46	0.46	0.49	0.54	3.290
17	0.070	1.26	0.41	0.36	0.37	0.39	0.43	2.612
18	0.055	1.00	0.33	0.29	0.29	0.31	0.34	2.073
19	0.044	0.79	0.26	0.23	0.23	0.25	0.27	1.645
20	0.035	0.63	0.21	0.18	0.18	0.19	0.21	1.306
21	0.028	0.50	0.16	0.14	0.15	0.15	0.17	1.036
22	0.022	0.40	0.13	0.11	0.12	0.12	0.13	0.823
23	0.017	0.31	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.653
24	0.014	0.25	0.08	0.07	0.07	0.08	0.09	0.518
25	0.011	0.20	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.411
26	0.009	0.16	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.326
27	0.007	0.13	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.259
28	0.005	0.10	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.206
29	0.004	0.08	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan rekapitulasi hasil perhitungan HSS Nakayasu pada Tabel di atas, dapat diketahui debit banjir pada kala ulang 2 tahun. Berikut adalah penyajian grafik debit banjir HSS Nakayasu kala ulang 2 tahun pada Gambar 4.3. untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun dapat dilihat pada lampiran....



Gambar 4. 3 Grafik Debit Banjir metode HSS Nakayasu kala ulang 2,5,10,25 dan 50 Tahun DAS Sungai Tutuling

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 24 Rekapitulasi Debit Tertinggi HSS Nakayasu DAS Sungai Tutuling

t	Unit Hidrograf	Total Debit (m ³ /dt)				
Jam	(m ³ /dt)	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50
2.5061	3.886	68.333	89.621	103.716	121.524	134.736

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2 Pemetaan Sebaran Banjir

Pemetaan banjir pada sungai Tutuling dimaksud untuk mengetahui seberapa luas daerah yang tergenang oleh luapan banjir. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, simulasi pemodelan dilakukan menggunakan HEC-RAS. Simulasi dilakukan berdasarkan data

topografi yang diperoleh, pemodelan hanya dilakukan pada sungai utama dengan panjang 20.109 Km², karena berdasarkan informasi yang didapat pada kawasan tersebut seringkali terjadi banjir.

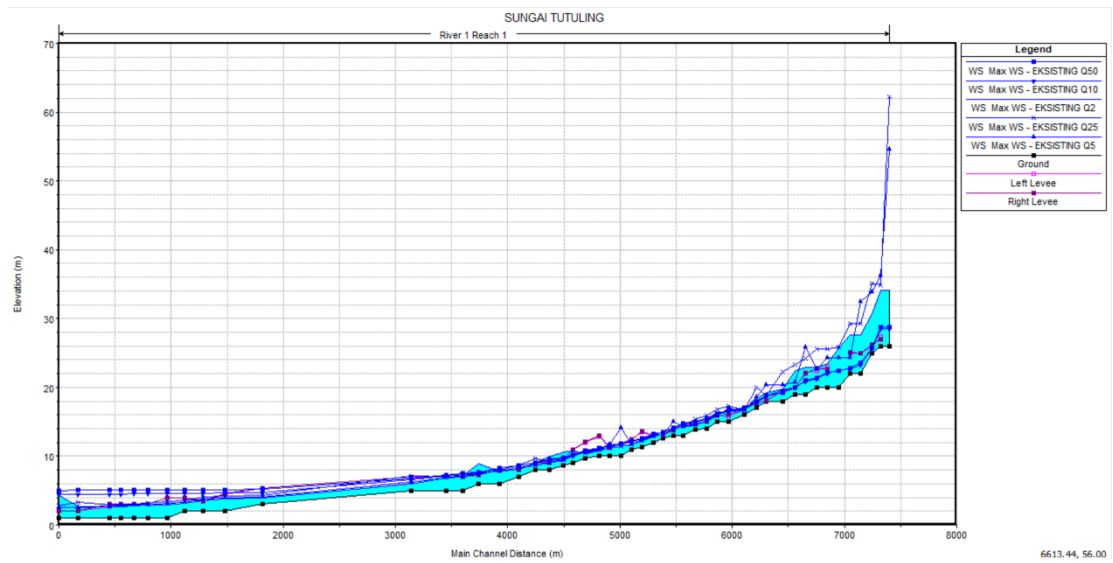
Data geometri untuk simulasi aliran di HEC-RAS memuat pada setiap penampang melintang yang dibuat, struktur hidraulik, batas sungai utama dan informasi fisik seperti panjang, posisi dan jumlah penampang melintang pada sepanjang saluran sungai. Kondisi fisik Sungai Tutuling divisualisasikan menggunakan *Global Mapper* sehingga mampu mempresentasikan area banjir aktual.

Penampang melintang yang dibuat merupakan sampel permukaan daratan banjir yang diambil berdasarkan kontur dari data DEM. Cook dan Merwade (2009) menuturkan, peningkatan jumlah penampang akan meningkatkan tingkat akurasi hasil model perhitungan profil muka air dilakukan dari satu penampang melintang ke penampang melintang lain secara berurutan.

Penampang melintang sungai merepresentasikan profil muka air dengan mengikuti kontur permukaan di setiap stasiun. Profil muka air aliran mantap (*steady flow*) ini diperoleh dari simulasi menggunakan data debit pada skenario periode ulang yang dimasukkan pada model geometri sungai sehingga menghasilkan profil muka air dengan kecepatan, kedalaman dan debit aliran yang tidak berubah terhadap waktu.

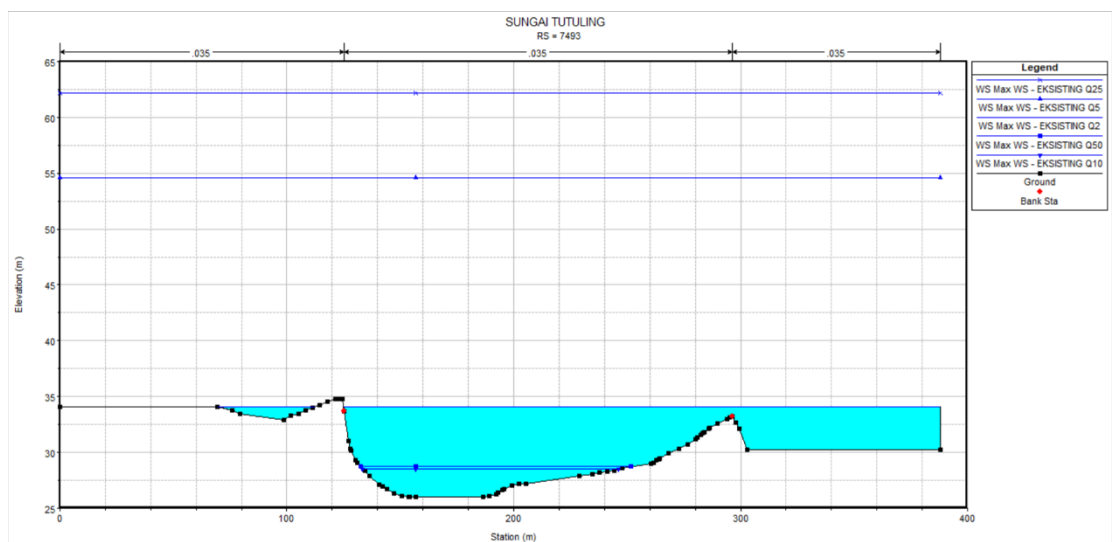
Berdasarkan hasil analisis penampang Sungai Tutuling menggunakan HEC-RAS dengan debit banjir rencana HSS Nakayasu kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun, menunjukkan bahwa ada banyak titik yang mengalami luapan.

1. Penampang Memanjang



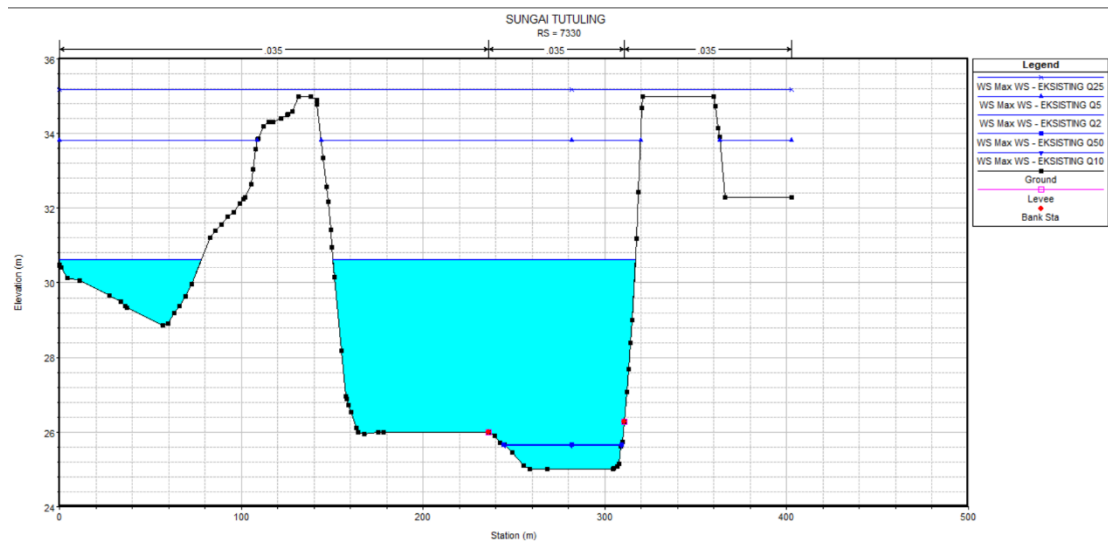
Gambar 4. 4 Penampang Memanjang Sungai

2. Penampang Melintang



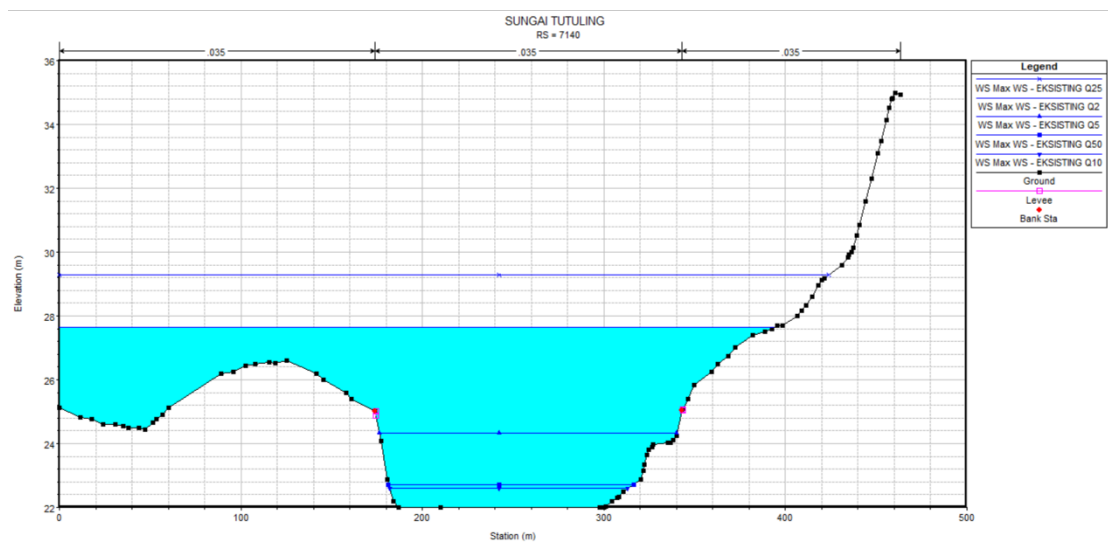
Gambar 4. 5 STA. 7493

Pada gambar 4.5 menunjukan bahwa hasil simulasi di STA. 7493 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



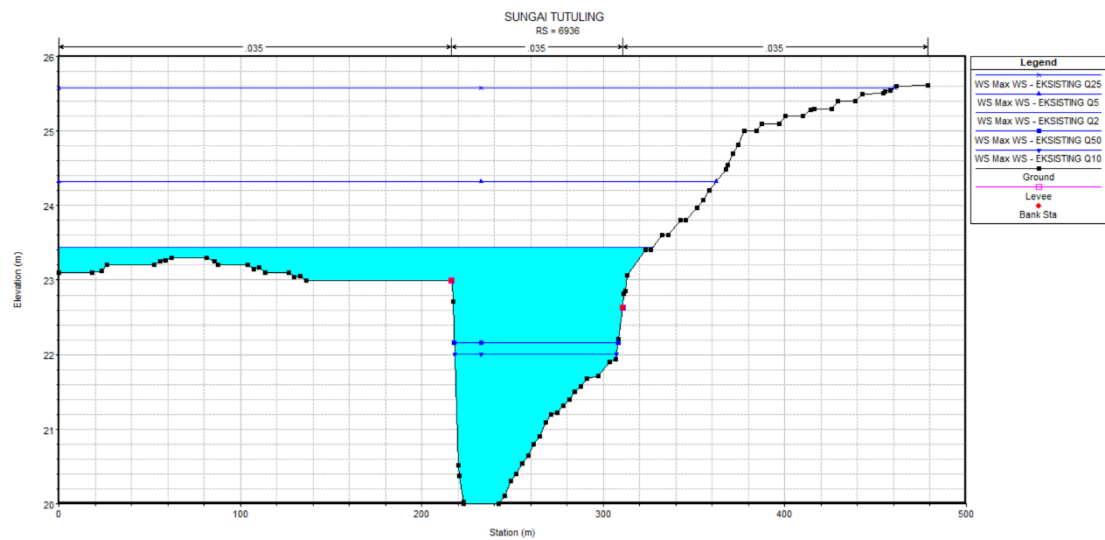
Gambar 4. 6 STA. 7330

Pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa hasil simulasi di STA. 7330 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



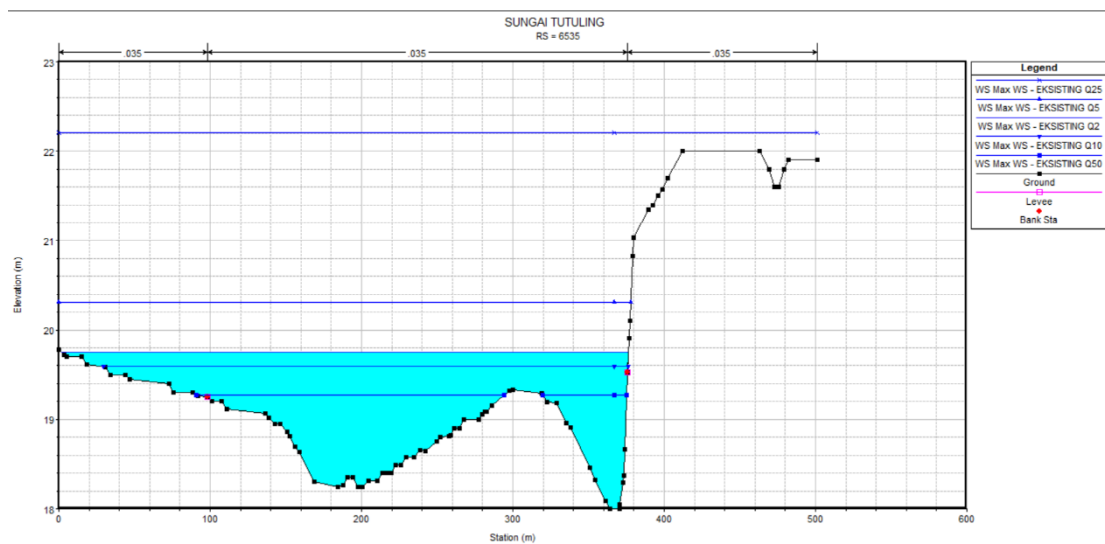
Gambar 4. 7 STA. 7140

Pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa hasil simulasi di STA. 7140 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



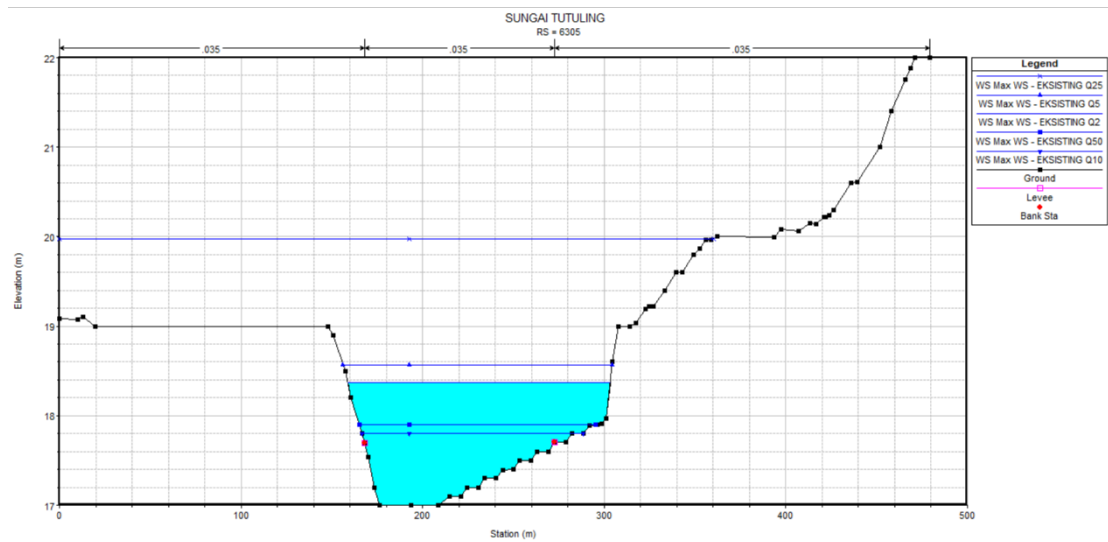
Gambar 4. 8 STA. 6936

Pada gambar 4.8 menunjukan bahwa hasil simulasi di STA. 6936 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



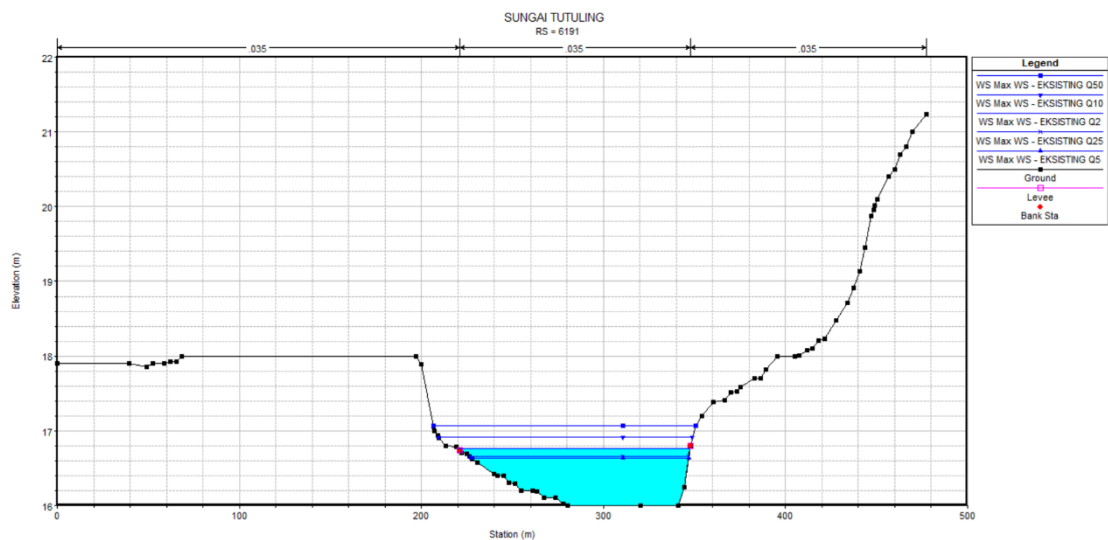
Gambar 4. 9 STA. 6535

Pada gambar 4.9 menunjukan bahwa hasil simulasi di STA. 6535 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



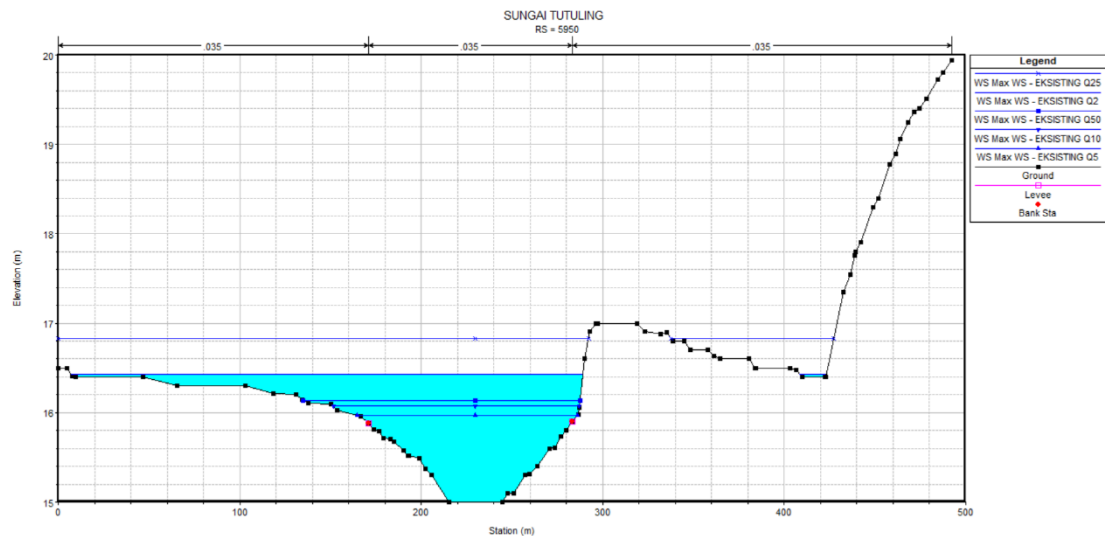
Gambar 4. 10 STA. 6305

Pada gambar 4.10 menunjukan bahwa hasil simulasi di STA. 6305 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



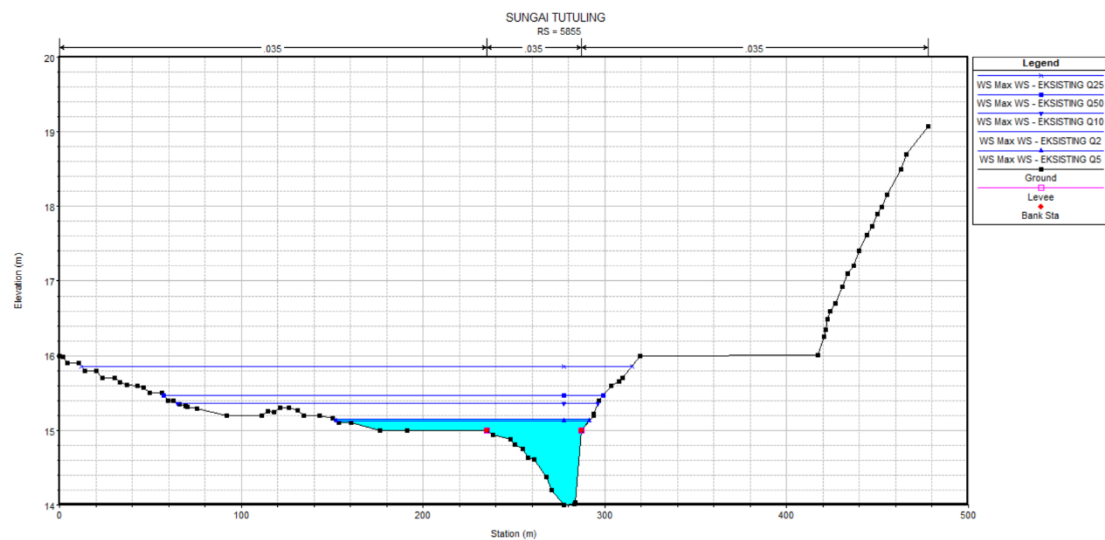
Gambar 4. 11 STA. 6191

Pada gambar 4.11 menunjukan bahwa hasil simulasi di STA. 6191 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



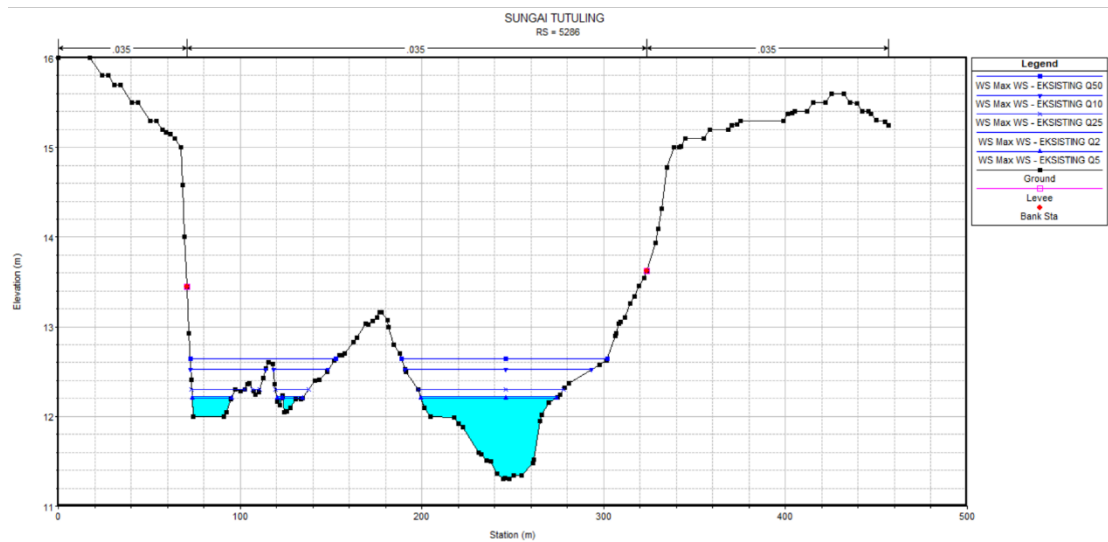
Gambar 4. 12 STA. 5950

Pada gambar 4.12 menunjukan bahwa hasil simulasi di STA. 5950 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



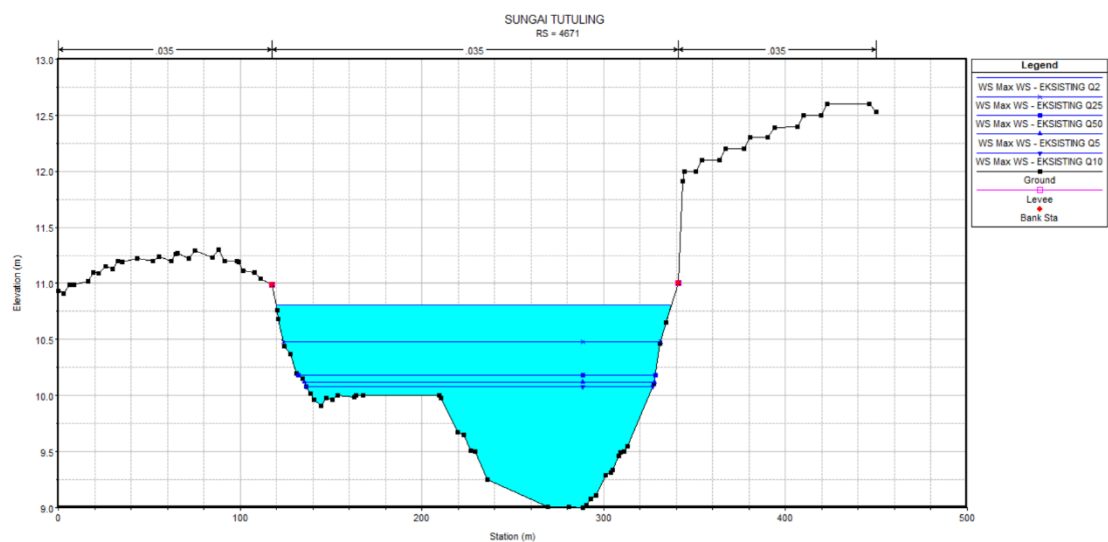
Gambar 4. 13 STA. 5855

Pada gambar 4.13 menunjukan bahwa hasil simulasi di STA. 5855 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



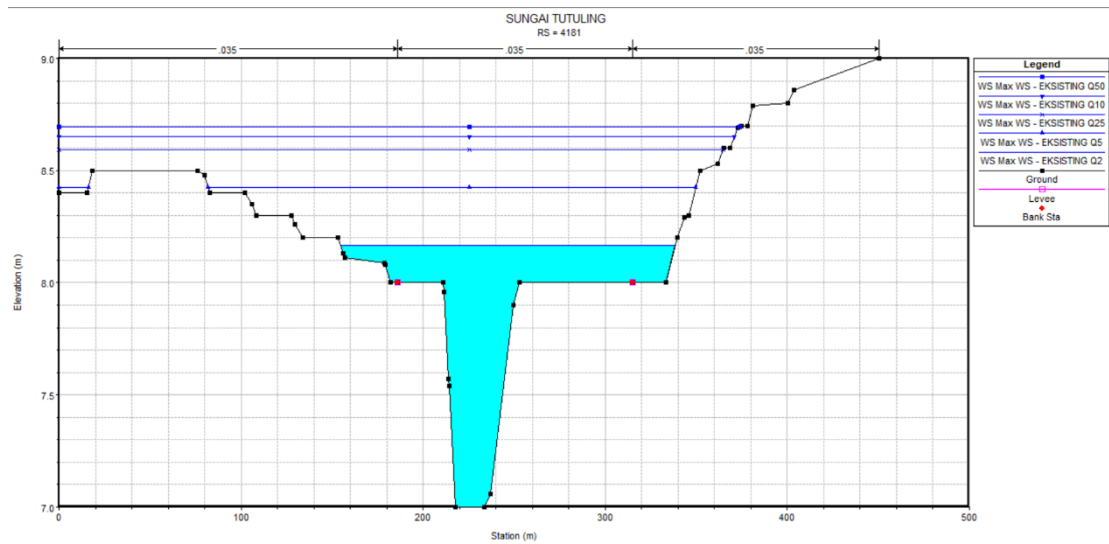
Gambar 4. 14 STA 5286

Pada gambar 4.14 menunjukan bahwa hasil simulasi di STA. 5286 tidak terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



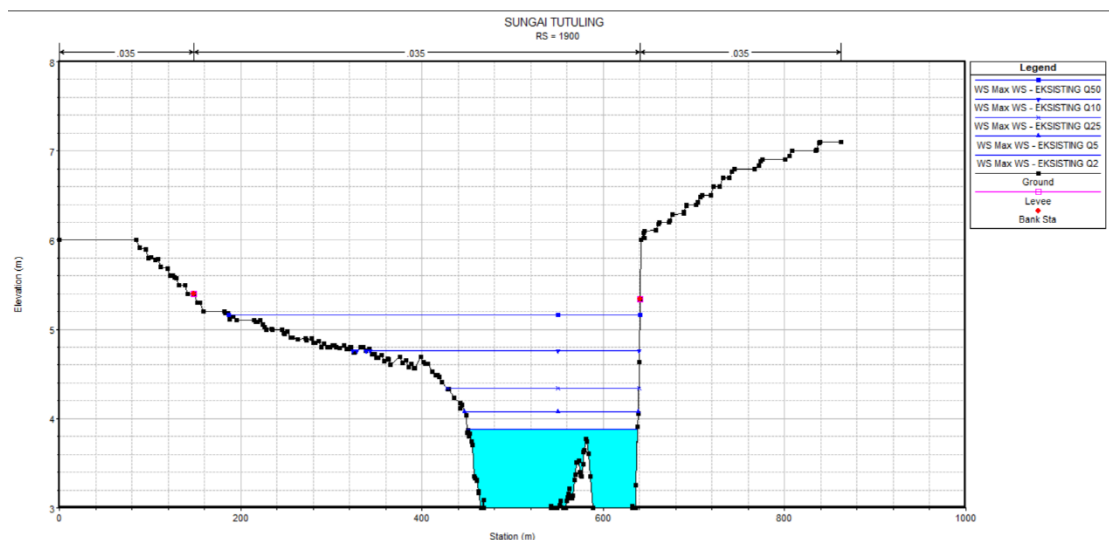
Gambar 4. 15 STA 4671

Pada gambar 4.15 menunjukan bahwa hasil simulasi di STA. 4671 tidak terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



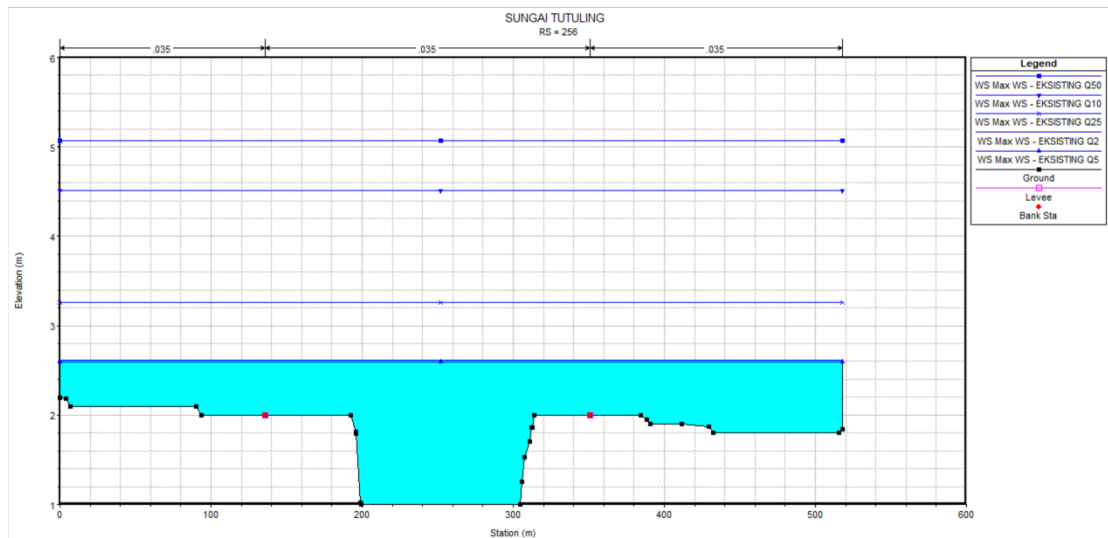
Gambar 4. 16 STA 4181

Pada gambar 4.16 menunjukan bahwa hasil simulasi di STA. 4181 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



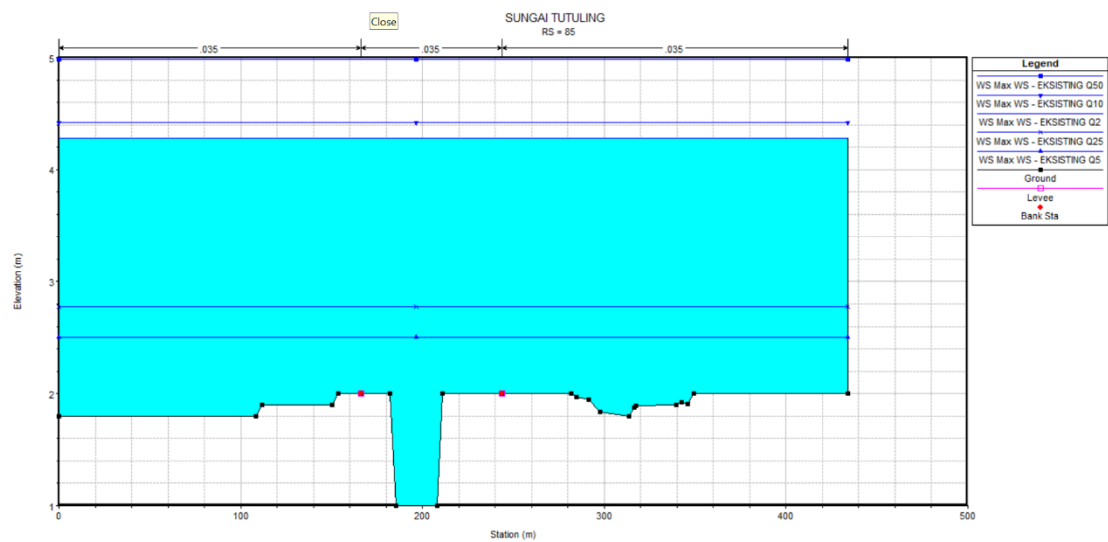
Gambar 4. 17 STA 1900

Pada gambar 4.17 menunjukan bahwa hasil simulasi di STA. 1900 tidak terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



Gambar 4. 18 STA. 256

Pada gambar 4.18 menunjukan bahwa hasil simulasi di STA. 256 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



Gambar 4. 19 STA. 85

Pada gambar 4.19 menunjukan bahwa hasil simulasi di STA. 85 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.

4.2.1 Analisis Genangan Banjir

Peta sebaran banjir dari kelima skenario periode ulang (Gambar 4) tidak menunjukkan adanya peningkatan batas terluar genangan. Hal ini disebabkan adanya pembatasan wilayah sebaran banjir pada tahap pembuatan geometri sungai (*flowpath centerline*) berdasarkan riwayat lokasi sebaran banjir terjauh serta panjang penampang melintangnya. *Flowpath* digunakan untuk menentukan panjang jangkauan antara penampang melintang pada sungai utama dengan dataran banjir (Goodell dan Warren 2006).



Gambar 4. 20 Genangan banjir periode ulang 2 tahun



Gambar 4. 21 Genangan banjir periode ulang 5 tahun



Gambar 4. 22 Genangan banjir periode ulang 10 tahun



Gambar 4. 23 Genangan banjir periode ulang 25 tahun



Gambar 4. 24 Genangan banjir periode ulang 50 tahun

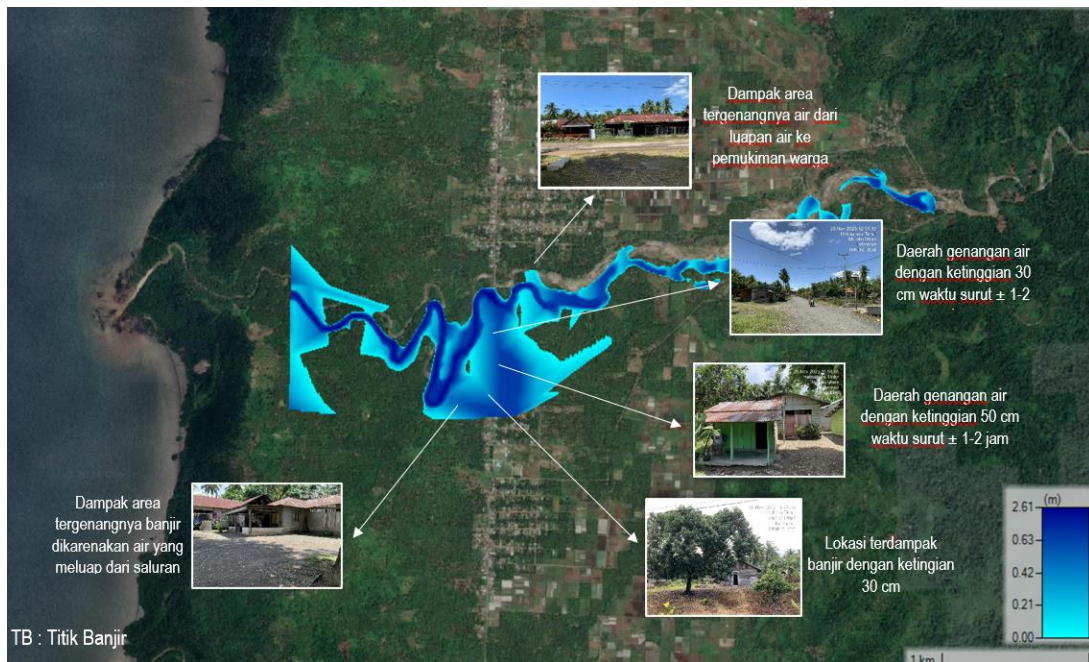
Berdasarkan hasil analisis pemetaan genangan banjir sungai Tutuling menggunakan HEC-RAS 6.5 dengan debit banjir rencana metode HSS Nakayasu dengan luas genangan banjir keseluruhan pada periode kala ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 tahun berturut-turut sebesar 56.84 ha, 62.28 ha, 69.03 ha, 78.44 ha, dan 84.66 ha.

Peningkatan luas genangan terbesar terjadi di Desa Tutuling Jaya pada tiap periode ulang dan terluas sebesar 84.66 ha pada periode ulang debit 50 tahunan.



Gambar 4. 25 Genangan banjir pada tahun 2021

Berdasarkan gambar di atas, diketahui bahwa hasil pemodelan tinggi muka air pada HEC-RAS menggunakan kala ulang di tahun 2021 dengan luasan banjir 54.31 ha, sesuai dengan tinggi muka air kondisi eksisting. Sehingga hasil pemodelan genangan banjir tersebut dapat dikatakan akurat. Peta hasil survey banjir pada lokasi penelitian dan kondisi eksisting pada tahun 2021 dapat dilihat pada gambar 4.26.



Gambar 4. 26 Peta hasil survey banjir pada lokasi penelitian dan kondisi eksisting pada tahun 2021

Pemetaan luas genangan banjir untuk menentukan tingkat bahaya banjir di Desa Tutuling Jaya tepatnya di Kecamatan Wasile Timur, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara dengan menggunakan HEC-RAS didapat analisa yang ditunjukkan pada tabel 4.25 dimana terdapat luasan daerah terdampak pada masing-masing kala ulang mulai dari kala ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 tahun.

Tabel 4. 25 Luasan daerah terdampak berdasarkan tingkat bahaya banjir

NO	Tingkat Bahaya Berdasarkan Kedalaman	Luas daerah terdampak (ha) akibat Q kala ulang				
		Q2	Q5	Q10	Q25	Q50
1	Rendah (< 0.50 m)	32.07	33.63	37.29	42.82	46.41
2	Sedang (0.50 - 1.00 m)	13.94	15.02	17.01	19.39	21.10
3	Tinggi (1.00 - 2.00 m)	10.75	13.06	13.27	13.96	14.45
4	Ekstrim (2.00 - 5.00 m)	0.07	0.56	1.44	2.25	2.71

Dengan demikian, penaksiran tingkat bahaya banjir yang didasarkan pada tinggi genangan berada antara 0,21 m – 2,30 m untuk debit banjir kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun luasan daerah terdampak untuk debit banjir 50 tahun (Q50) pada tingkat rendah, menengah, tinggi dan ekstrim masing-masing adalah 46.41 ha, 21.10 ha, 14.45 ha dan 2.71 ha.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Perhitungan debit banjir menggunakan metode HSS Nakayasu pada kala ulang 2 tahun sebesar 68.333 m³/detik, 5 tahun sebesar 89.621 m³/detik, 10 tahun sebesar 103.716 m³/detik, 25 tahun sebesar 121.524 m³/detik, dan 50 tahun sebesar 134.736 m³/detik. Dan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun sungai Tutuling mengalami luapan genangan banjir keseluruhan berturut-turut sebesar 56.84 ha, 62.28 ha, 69.03 ha, 78.44 ha, dan 84.66 ha. Luasan daerah terdampak untuk debit banjir 50 tahun (Q50) pada tingkat rendah, menengah, tinggi dan ekstrim masing-masing adalah 46.41 ha, 21.10 ha, 14.45 ha dan 2.71 ha.
2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penampang Sungai Tutuling tidak dapat menampung debit banjir yang terjadi di kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun di beberapa titik termasuk pada area pemukiman. Hal ini disebabkan karena elevasi muka air banjir melebihi elevasi tebing sungai.

5.2 Saran

Selain kesimpulan yang telah diuraikan, berikut beberapa saran yang perlu dilakukan:

1. Perlu dilakukannya pengendalian banjir secara struktural maupun non struktural di sungai Tutuling.
2. Dalam mendukung upaya pemetaan banjir di Sungai Tutuling, perlu disertai upaya perlindungan serta penataan kawasan di sekitar sungai. Seiring dengan bertambahnya populasi penduduk yang tinggi di kawasan bantaran sungai, maka diperlukan sebuhan tindakan tegas dari pemerintah dan masyarakat dalam menata pemukiman penduduk, terutama pemukiman yang berada sepanjang sempadan sungai, sehingga tidak mengakibatkan penyempitan badan sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Adoe, D. P. A., Sina, D. A., & Krisnayanti, D. S. (2021). Analisis Debit Banjir pada DAS di Pulau Sumba dengan Metode HSS Nakayasu dan Metode HSS GAMA-1. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 11-20.
- Astra, I. M., Purwanto, A., & Nadiro, N. (2021). Dampak Penebangan Hutan Terhadap Bencana Banjir Di Kawasan Cagar Alam Pegunungan Cycloop. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 446-452.
- Awusi, B. A., Nayoan, H., & Tompodung, J. (2018). Kinerja Badan Penanggulangan Bencana Daerah (Bpbd) Kota Manado Dalam Upaya Penanggulangan Korban Bencana Banjir. *Jurnal eksekutif*, 1(1).
- Ekawati, S., Paimin, P., Puwanto, P., & Donie, S. (2005). Monitoring dan evaluasi kondisi sosial ekonomi dalam pengelolaan daerah aliran sungai: studi kasus di sub das progo hulu. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 2(2), 207-214.
- Firdiawati, N., Bianputri, S. W., & Khausar, M. R. (2017). Analisis Penggunaan Aplikasi Sistem Informasi Geografis Dengan Global Mapper Di Pusat Survei Geologi (Doctoral dissertation, Universitas Komputer Indonesia).
- Husin, M. A., Mohamad, A. N., dan Tenaga, S. K. K., & Hassan, A. M. (2022). TRAGEDI BANJIR KILAT DI KUALA LUMPUR: PUNCA DAN PENYELESAIANNYA. *Bil 4 Jilid 1 2022*, 4, 287.
- Juniarti, N. (2020). Upaya peningkatan kondisi lingkungan di daerah aliran sungai Citarum. *Kumawula: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2), 256-271.
- Kamis, M., & Priambodo, Y. A. (2022). Pemodelan Banjir pada Sungai Opyang Kabupaten Halmahera Timur. *JURNAL SAINS SOSIAL DAN HUMANIORA (JSSH)*, 2(2), 56-62.
- Kuntjoro, K., Harijanto, F. D., Saptarita, S., & Anwar, C. (2013). Perkiraan Geometri Sungai Bermeander dari Besaran Debit. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 11(1), 31-38.
- Makasaehe, D., Hendratta, L. A., & Sumarauw, J. S. (2020). Kajian Pemetaan Banjir Dengan Hec-Georas Studi Kasus: Sungai Tondano. *Jurnal Sipil Statik*, 8(3).
- Nugroho, S. P. (2002). Evaluasi dan analisis curah hujan sebagai faktor penyebab bencana banjir jakarta. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 3(2), 91-97.
- PS, M. M. A., Gultom, R. A. P., Suripin, S., & Kurniani, D. (2014). Perencanaan Sistem Drainase Kali Tenggang Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 3(1), 240-248.

- Purba, N. A. H., Lukman, A., & Sarifah, J. (2021). Perbandingan Metode Mononobe dan Metode Van Breen Untuk Pengukuran Intensitas Curah Hujan Terhadap Penampang Saluran Drainase. *Buletin Utama Teknik*, 16(2), 119-125.
- Putra, A. S. (2014). Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Sungai: Pulau Kemaro Sampai dengan Muara Sungai Komering) (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- Putri, Y. E., & Hermawati, H. (2022). Penggunaan Program Hec-Ras Dalam Pengendalian Banjir Sungai. *Jurnal Deformasi*, 7(2), 117-126.
- Rahayu, Sri. "Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Terjadinya Banjir di DAS Bringin Kota Semarang dengan Memanfaatkan Citra Satelit." *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota* 5.2 (2009): 217-217.
- Rauf, Ichsan. "Analisis Spasial Tingkat Bahaya Banjir Desa Amasing Kali Dengan Hec-RAS 2D." *Jurnal Teknik* 19.2 (2021): 107-119.
- Rizky, H., Nasution, Y. N., & Goejantoro, R. (2019, May). Analisis data curah hujan yang hilang Menggunakan metode inversed square distance. In *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Statistika* (Vol. 1, pp. 138-142).
- Sebastian, L. (2008). Pendekatan pencegahan dan penanggulangan banjir.
- Siahaan, R., Indrawan, A., Soedharma, D., & Prasetyo, L. B. (2011). Kualitas Air Sungai Cisadane, Jawa Barat-Banten. *Jurnal Ilmiah Sains*, 268-273.
- Somantri, L. (2008). Pemanfaatan teknik penginderaan jauh untuk mengidentifikasi kerentanan dan risiko banjir. *Jurnal Geografi Gea*, 8(2).
- Taufik, M., & Rahman, I. W. (2020). Pemetaan daerah rawan banjir (studi kasus: banjir pacitan desember 2017). *Geoid*, 15(1), 12-19.
- Wahyuningtyas, A., Pahlevari, J. E., Darsono, S., & Budienny, H. (2017). Pengendalian Banjir Sungai Bringin Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(3), 161-171.
- Wiswati, N. I. (2020). Analisis Perubahan Penutupan Lahan Sebagai Salah Satu Indikator Kualitas Daerah Aliran Sungai pada Sub DAS Malino DAS Jeneberang (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).

LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Curah Hujan Harian Maksimum Pos Tutuling Jaya

DATA HUJAN HARIAN

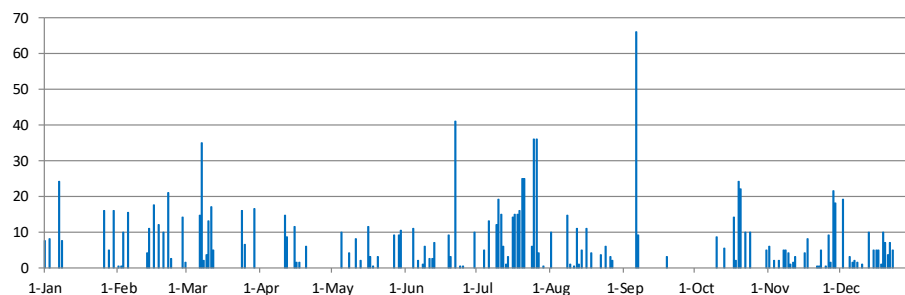
Nama Pos	: Pos Hujan Tutuling Jaya	No.....(Diisi register Pos)	Tahun	2012
Daerah Aliran Sungai	: Tutuli	Tahun Pendirian	: 2006	
Wilayah Sungai	: Halmahera Selatan	Elevasi Pos	: 20 m	
Lokasi pos	: Tutuling Jaya	Dibangun Oleh	: Pengendalian Banjir Maluku Utara	
Data Geografis	: N 1°11'48.72" E 128°13'20"	Propinsi	: Maluku Utara	
Kabupaten/Kecamatan	: Halmahera Timur/Wasile Timur	Pelaksana	: Balai Wilayah Sungai Maluku Utara	

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des	
1	7.5	0.5	0	0	0	0	0	10	0	0	6	0	
2	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	
3	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
4	0	0	0	0	0	11	5	0	0	0	0	0	
5	0	15.5	0	0	10	0	0	0	0	0	2	3	
6	0	0	14.5	0	0	2	13	0	66	0	0	1.5	
7	24	0	35	0	0	0	0	9	0	0	5	2	
8	7.5	0	2	0	4	1	0	14.5	0	0	5	1.5	
9	0	0	3.5	0	0	6	12	1	0	0	4	0	
10	0	0	13	0	0	0	19	0	0	8.5	1	1	
11	0	0	17	14.5	8	2.5	15	0.5	0	0	1.5	0	
12	0	0	5	8.5	0	2.5	6	11	0	0	3	0	
13	0	4	0	0	2	7	1	1	0	5.5	0	10	
14	0	11	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	
15	0	0	0	11.5	0	0	0	0	0	0	0	5	
16	0	17.5	0	1.5	11.5	0	14	11	0	0	4	5	
17	0	0	0	1.5	3	0	15	0	0	14	8	5	
18	0	12	0	0	0.5	0	15	4	0	2	0	1	
19	0	0	0	0	0	9	16	0	3	24	0	10	
20	0	10	0	6	3	3	25	0	0	22	0	7	
21	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0.5	3.5	
22	0	21	0	0	0	41	0	3.5	0	10	0.5	7	
23	0	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	
24	0	0	16	0	0	0.5	6	6	0	10	0	0	
25	0	0	6.5	0	0	0.5	36	0	0	0	0.5	0	
26	16	0	0	0	0	0	36	3	0	0	9	0	
27	0	0	0	0	9	0	4	2	0	0	1.5	0	
28	5	14	0	0	0	0	0	0	0	0	21.5	0	
29	0	1.5	16.5	0	9	0	0.5	0	0	0	18	0	
30	16		0	0	10.5	10	0	0	0	0	0	0	
31	0		0		0		0	0		5		0	
Hujan Maximum	24	21	35	15	12	41	36	15	66	24	22	19	66
Jml Curah Hujan	84	120	129	44	71	96	267	73	78	101	98	87	1246
Jml. Hari Hujan	7	13	10	6	11	13	19	13	3	9	19	16	139
Jml. Hujan (1-15)	47	42	90	35	24	32	74	43	75	14	30	43	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Jml Hujan (16-31)	37	79	39	9	47	64	193	30	3	87	69	44	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

DATA HUJAN

■ DATA HUJAN



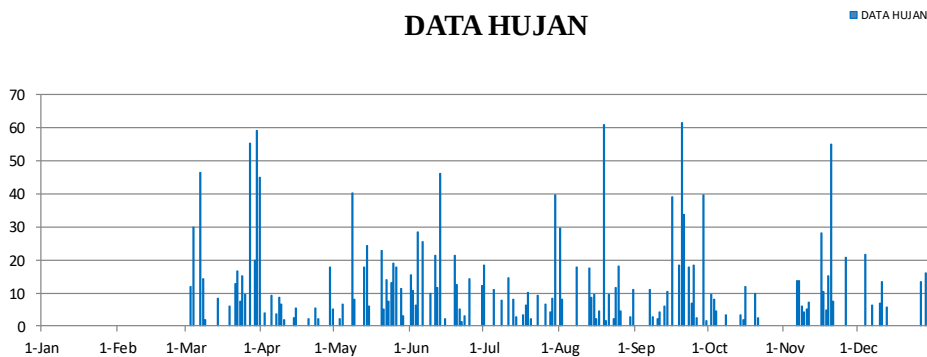
DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos	: Pos Hujan Mekar Sari	No.....(Diisi register Pos)	Tahun	2017
Daerah Aliran Sungai	: Opiyang	Tahun Pendirian	: 2017	
Wilayah Sungai	: Halmahera Selatan	Elevasi Pos	:	
Lokasi pos	: Subaim SP 1B	Dibangun Oleh	: Balai Wilayah Sungai Maluku Utara	
Data Geografis	: N 1°05'543" E 128°10'627"	Propinsi	: Maluku Utara	
Kabupaten/Kecamatan	: Halmahera Timur/Wasile Timur	Pelaksana	: Balai Wilayah Sungai Maluku Utara	

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1			0	0	0	15.5	18.4	29.5	0	0	0	0	
2			0	4.1	0	10.7	0	8	0	9.6	0	0	
3			12	0	2.2	6.2	0	0	0	8.2	0	0	
4			30	0	6.5	28.4	0	0	0	4.6	0	21.7	
5			0	9.2	0	0	10.9	0	0	0	0	0	
6			0	0	0	25.6	0	0	0	0	13.7	0	
7			46.5	3.8	0	0	0	0	11	0	13.8	6.2	
8			14.3	8.7	40.2	0	7.8	17.7	2.9	3.3	6.1	0	
9			2	6.5	8.2	10	0	0	0	0	4.4	0	
10			0	2	0	0	0	0	2.1	0	5.2	7	
11			0	0	0	21.3	14.7	0	4.4	0	7.3	13.5	
12			0	0	0	11.6	0	0	0	0	0	0	
13			0	0	17.8	46.2	8.2	17.4	5.9	0	0	5.7	
14			8.3	2.5	24.2	0	2.7	8.6	10.4	3.5	0	0	
15			0	5.5	5.9	2.2	0	9.5	0	1.9	0	0	
16			0	0	0	0	0	2.1	39	11.8	28.1	0	
17			0	0	0	0	3.3	4.6	0	0	10.5	0	
18			0	0	0	0	6.3	0	0	0	4.8	0	
19			6	0	0	21.4	10.3	60.7	18.4	0	15.1	0	
20			0	2.3	22.9	12.4	2.2	1.6	61.3	10	54.9	0	
21			12.8	0	5.2	5.2	0	9.7	33.6	2.4	7.6	0	
22			16.7	0	13.9	1.2	0	0	0	0	0	0	
23			7.5	5.5	7.4	3.1	9.2	2.2	17.7	0	0	0	
24			15.2	2.2	13.1	0	0	11.5	7	0	0	0	
25			9.6	0	19.1	14.4	0	18.1	18.5	0	0	0	
26			0	0	17.9	0	6.6	4.6	2.4	0	20.8	0	
27			55.3	0	0	0	0	0	0	0	0	13.4	
28			0	0	11.2	0	4.4	0	0	0	0	0	
29			20	17.9	3	0	8.3	0	39.5	0	0	16	
30			59	5.2	0	12.2	39.5	2.9	1.7	0	0	16	
31			45	0	0	0	0	11.1	0	0	0	0	
Hujan Maximum	-	-	59	18	40	46	40	61	61	12	55	22	-
Jml Curah Hujan	-	-	360	75	219	248	153	220	276	55	192	100	-
Jml.Hari Hujan	0	0	16	13	16	17	15	17	16	9	13	8	-
Hujan (1-15)	-	-	113	42	105	178	63	91	37	31	51	54	
Jml. data kosong	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	-	-	247	33	114	70	90	129	239	24	142	45	
Jml. data kosong	16	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

DATA HUJAN



Keterangan : "-" Data Tidak diambil

Lampiran 1.3 Curah Hujan Harian Maksimum Pos Dakaino

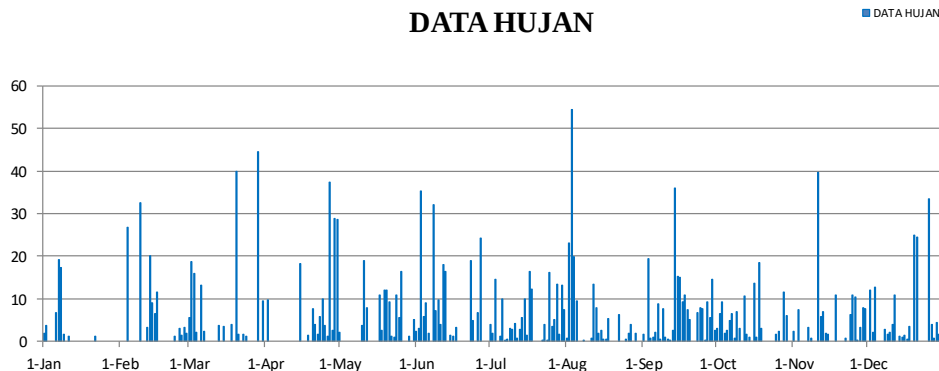
DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Dakaino No.....(Diisi register Pos) Tahun 2020
 Daerah Aliran Sungai : Dodaga Tahun Pendirian : 2018
 Wilayah Sungai : Halmahera Selatan Elevasi Pos : 23 m
 Lokasi pos : SP 3 Subaim Dibangun Oleh : Balai Wilayah Sungai Maluku Utara
 Data Geografis : N 1°5'15.78" E 128°11'16.80" Propinsi : Maluku Utara
 Kabupaten/Kecamatan : Halmahera Timur/Wasile Timur Pelaksana : Balai Wilayah Sungai Maluku Utara

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Bulan												Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	2.0	0	5.6	0	2.2	2.4	4.1	0.7	1.6	3	2.4	2.3	55 1743 217
2	3.7	0	18.8	9.7	0	3.1	2	23	0	6.5	0	12	
3	0	0	15.9	0	0	35.4	14.7	54.5	19.5	9.4	7.5	2.2	
4	0	26.8	2.2	0	0	5.9	0	19.8	0.8	2	0	12.8	
5	0	0	0	0	0	9.1	1.3	9.5	0.9	2.5	0	0	
6	6.8	0	13.3	0	0	2	10	0	2.2	4.9	0	0	
7	19.2	0	2.3	0	0	0	0.4	0	8.9	6.5	3.2	0	
8	17.4	0	0	0	0	32	0.5	0.4	0.5	0.7	0.8	2.8	
9	1.8	32.5	0	0	0	7.2	3.1	0	7.6	7	0	1.8	
10	0	0	0.0	0	3.8	9.7	2.8	0	0.9	3.1	0	2.2	
11	1.2	0	0	0	19	4.1	4.2	0.8	0.6	0	39.6	4	
12	0	3.2	0	0	8	18.1	0.7	13.5	0.4	10.6	5.8	10.9	
13	0	20.0	3.8	0	0	16.4	2.8	7.8	2.7	1.8	6.9	0	
14	0	9.1	0	0	0	0	5.5	2	35.9	1	2	1.2	
15	0	6.6	3.5	18.3	0	1.4	10	2.6	15.3	0	1.8	1	
16	0	11.5	0	0	0	1.3	1.5	0.5	15.1	13.7	0	1.5	
17	0	0	0	0	11	3.2	16.4	0.6	9.2	1	0	0.5	
18	0	0	3.9	1.5	2.7	0	12.2	5.3	10.8	18.5	11	3.5	
19	0	0	0	0	12	0	0	0	7.5	3.1	0	0	
20	0	0	40	7.7	12	0	0	0	5.1	0	0	25	
21	0	0	1.6	4.0	9.3	0	0	0	0	0	0	24.5	
22	1.2	0	0	1.6	1.2	0	0.4	6.3	0	0	0.8	0	
23	0	1.3	1.6	5.8	1	18.9	4.1	0	6.7	0	0	0	
24	0	0	1.2	10	11	4.9	0.4	0	8	0	6.3	0	
25	0	3.0	0	3.7	5.6	0	16.2	0.6	7.6	1.6	10.8	0	
26	0	1.5	0	1.3	16.5	6.8	3.6	2	0.4	2.4	10.4	33.5	
27	0	3.4	0	37.3	0	24.3	5.1	3.9	9.3	0	0.4	4	
28	0	2.0	0	2.5	0	0	13.5	0	5.5	11.5	3.4	0.7	
29	0	0	44.4	28.9	1.2	0	1.7	2	14.6	6	7.8	4.5	
30	0	0	0	28.7	0	0	13.2	0	2.5	0	7.6	1.8	
31	0	0	9.6	5.2	0	0	7.5	0	0	0	0	0	
Hujan Maximum	19	33	44	37	19	35	16	55	36	19	40	34	
Jml Curah Hujan	53	121	168	161	122	206	158	156	200	117	129	153	
Jml.Hari Hujan	8	12	15	14	16	19	27	19	27	21	18	21	
Hujan (1-15)	52	98	65	28	33	147	62	135	98	59	70	53	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hujan (16-31)	1	23	102	133	89	59	96	21	102	58	59	100	
Jml. data kosong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

DATA HUJAN



Lampiran 1.4 Tabel Luas Di Bawah Kurva

z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-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	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	0,0017	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	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	0,0352	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	0,0572	0,0559
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0722	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	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	0,3778	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
-0,2	0,4207	0,4168	0,4132	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
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	0,9278	0,9292	0,9306	0,9316
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	0,9846	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9881	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9909	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9931	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9948	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9961	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9971	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

Sumber: Ronald E. Walpole. "Pengantar Statika" Vol 3.1995

Lampiran 1.5 Tabel Nilai Parameter Chi-Kuadrat, χ^2_{cr}

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	9,48	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	11,070	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	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,492	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	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,161	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	9,90	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
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,17	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	9,260	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	10,52	11,524	13,120	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

Lampiran 1.6 tabel Nilai ΔP kritis Smirnov-Kolmogorov

N	(α) Derajat Kepercayaan			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	1,07/n	1,22/n	1,36/n	1,693/n

Sumber: Suripin, 2004

Lampiran 1.7 Perhitungan HSS Nakayasu

Tabel 1 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 2 Tahun

T	Unit Hidrograf (m ³ /dtk)	Curah Hujan Jam-Jaman						Debit Banjir Rancangan (m ³ /dtk)
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
		18.07	4.697	3.295	2.623	2.215	1.936	
0	0.000	0.00						0.000
1	2.455	44.36	0.00					46.811
2	3.472	62.73	11.53	0.00				77.730
2.5061	3.886	70.22	16.30	8.09	0.00			98.498
3	3.093	55.89	18.25	11.44	6.44	0.00		95.112
4	1.949	35.21	14.53	12.80	9.11	5.44	0.00	79.031
5	1.228	22.18	9.15	10.19	10.19	7.69	4.75	65.385
5.1117	1.166	21.07	5.77	6.42	8.11	8.61	6.72	57.858
6	0.887	16.02	5.48	4.04	5.11	6.85	7.52	45.914
7	0.652	11.77	4.16	3.84	3.22	4.32	5.99	33.956
8	0.479	8.65	3.06	2.92	3.06	2.72	3.77	24.663
9	0.352	6.36	2.25	2.15	2.33	2.58	2.38	18.391
9.02	0.350	6.32	1.65	1.58	1.71	1.96	2.26	15.830
10	0.279	5.04	1.64	1.16	1.26	1.44	1.72	12.536
11	0.221	4.00	1.31	1.15	0.92	1.06	1.26	9.928
12	0.176	3.17	1.04	0.92	0.92	0.78	0.93	7.933
13	0.139	2.52	0.83	0.73	0.73	0.77	0.68	6.401
14	0.111	2.00	0.65	0.58	0.58	0.62	0.68	5.220
15	0.088	1.59	0.52	0.46	0.46	0.49	0.54	4.145
16	0.070	1.26	0.41	0.36	0.37	0.39	0.43	3.290
17	0.055	1.00	0.33	0.29	0.29	0.31	0.34	2.612
18	0.044	0.79	0.26	0.23	0.23	0.25	0.27	2.073
19	0.035	0.63	0.21	0.18	0.18	0.19	0.21	1.645
20	0.028	0.50	0.16	0.14	0.15	0.15	0.17	1.306
21	0.022	0.40	0.13	0.11	0.12	0.12	0.13	1.036
22	0.017	0.31	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.823
23	0.014	0.25	0.08	0.07	0.07	0.08	0.09	0.653
24	0.011	0.20	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.518
25	0.009	0.16	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.411
26	0.007	0.13	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.326
27	0.005	0.10	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.259
28	0.004	0.08	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.206

Tabel 2 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 5 Tahun

T	Unit Hidrograf (m ³ /dtk)	Curah Hujan Jam-Jaman						Debit Banjir Rancangan (m ³ /dtk)
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
		23.70	6.160	4.321	3.440	2.905	2.539	
0	0.000	0.00						0.000
1	2.455	58.17	0.00					60.629
2	3.472	82.27	15.12	0.00				100.864
2.5061	3.886	92.09	21.38	10.61	0.00			127.972
3	3.093	73.30	23.94	15.00	8.44	0.00		123.778
4	1.949	46.18	19.05	16.79	11.94	7.13	0.00	103.045
5	1.228	29.09	12.00	13.37	13.37	10.08	6.23	85.372
5.1117	1.166	27.63	7.56	8.42	10.64	11.29	8.81	75.519
6	0.887	21.01	7.18	5.30	6.70	8.99	9.87	59.942
7	0.652	15.44	5.46	5.04	4.22	5.66	7.85	44.331
8	0.479	11.35	4.01	3.83	4.01	3.57	4.95	32.197
9	0.352	8.34	2.95	2.82	3.05	3.39	3.12	24.011
9.02	0.350	8.29	2.17	2.07	2.24	2.58	2.96	20.653
10	0.279	6.61	2.15	1.52	1.65	1.89	2.25	16.355
11	0.221	5.25	1.72	1.51	1.21	1.39	1.65	12.952
12	0.176	4.16	1.36	1.21	1.20	1.02	1.22	10.349
13	0.139	3.30	1.08	0.96	0.96	1.02	0.89	8.352
14	0.111	2.62	0.86	0.76	0.76	0.81	0.89	6.811
15	0.088	2.08	0.68	0.60	0.60	0.64	0.71	5.409
16	0.070	1.65	0.54	0.48	0.48	0.51	0.56	4.294
17	0.055	1.31	0.43	0.38	0.38	0.41	0.45	3.408
18	0.044	1.04	0.34	0.30	0.30	0.32	0.35	2.705
19	0.035	0.83	0.27	0.24	0.24	0.26	0.28	2.147
20	0.028	0.66	0.21	0.19	0.19	0.20	0.22	1.704
21	0.022	0.52	0.17	0.15	0.15	0.16	0.18	1.352
22	0.017	0.41	0.14	0.12	0.12	0.13	0.14	1.073
23	0.014	0.33	0.11	0.09	0.10	0.10	0.11	0.852
24	0.011	0.26	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.676
25	0.009	0.21	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.537
26	0.007	0.16	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.426
27	0.005	0.13	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.338
28	0.004	0.10	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.268

Tabel 3 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 10 Tahun

T	Unit Hidrograf (m ³ /dtk)	Curah Hujan Jam-Jaman						Debit Banjir Rancangan (m ³ /dtk)
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
		27.43	7.128	5.000	3.981	3.362	2.938	
0	0.000	0.00						0.000
1	2.455	67.32	0.00					69.779
2	3.472	95.21	17.50	0.00				116.181
2.5061	3.886	106.58	24.75	12.28	0.00			147.487
3	3.093	84.83	27.70	17.36	9.77	0.00		142.758
4	1.949	53.44	22.05	19.43	13.82	8.25	0.00	118.944
5	1.228	33.67	13.89	15.47	15.47	11.67	7.21	98.606
5.1117	1.166	31.97	8.75	9.74	12.31	13.06	10.20	87.212
6	0.887	24.32	8.31	6.14	7.76	10.40	11.42	69.229
7	0.652	17.87	6.32	5.83	4.89	6.55	9.09	51.200
8	0.479	13.13	4.65	4.43	4.64	4.13	5.73	37.185
9	0.352	9.65	3.41	3.26	3.53	3.92	3.61	27.732
9.02	0.350	9.59	2.51	2.39	2.59	2.98	3.43	23.846
10	0.279	7.65	2.49	1.76	1.91	2.19	2.61	18.883
11	0.221	6.07	1.99	1.75	1.40	1.61	1.91	14.955
12	0.176	4.82	1.58	1.39	1.39	1.18	1.41	11.949
13	0.139	3.82	1.25	1.11	1.11	1.18	1.03	9.643
14	0.111	3.04	0.99	0.88	0.88	0.94	1.03	7.865
15	0.088	2.41	0.79	0.70	0.70	0.74	0.82	6.246
16	0.070	1.91	0.63	0.55	0.56	0.59	0.65	4.958
17	0.055	1.52	0.50	0.44	0.44	0.47	0.52	3.935
18	0.044	1.20	0.39	0.35	0.35	0.37	0.41	3.123
19	0.035	0.96	0.31	0.28	0.28	0.30	0.33	2.479
20	0.028	0.76	0.25	0.22	0.22	0.23	0.26	1.968
21	0.022	0.60	0.20	0.17	0.17	0.19	0.20	1.562
22	0.017	0.48	0.16	0.14	0.14	0.15	0.16	1.240
23	0.014	0.38	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.984
24	0.011	0.30	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.781
25	0.009	0.24	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.620
26	0.007	0.19	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.492
27	0.005	0.15	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.390
28	0.004	0.12	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.310

Tabel 4 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 25 Tahun

T	Unit Hidrograf (m ³ /dtk)	Curah Hujan Jam-Jaman						Debit Banjir Rancangan (m ³ /dtk)
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
		32.13	8.352	5.859	4.664	3.939	3.443	
0	0.000	0.00						0.000
1	2.455	78.88	0.00					81.338
2	3.472	111.56	20.50	0.00				135.534
2.5061	3.886	124.88	29.00	14.38	0.00			172.144
3	3.093	99.40	32.46	20.34	11.45	0.00		166.740
4	1.949	62.62	25.84	22.77	16.19	9.67	0.00	139.033
5	1.228	39.45	16.28	18.12	18.13	13.67	8.45	115.326
5.1117	1.166	37.46	10.25	11.42	14.43	15.31	11.95	101.987
6	0.887	28.49	9.74	7.19	9.09	12.18	13.38	80.964
7	0.652	20.94	7.41	6.83	5.73	7.68	10.65	59.880
8	0.479	15.39	5.44	5.20	5.44	4.84	6.71	43.488
9	0.352	11.31	4.00	3.82	4.14	4.59	4.23	32.433
9.02	0.350	11.24	2.94	2.81	3.04	3.49	4.01	27.880
10	0.279	8.96	2.92	2.06	2.23	2.57	3.05	22.077
11	0.221	7.11	2.33	2.05	1.64	1.89	2.24	17.484
12	0.176	5.65	1.85	1.63	1.63	1.39	1.65	13.971
13	0.139	4.48	1.47	1.30	1.30	1.38	1.21	11.275
14	0.111	3.56	1.16	1.03	1.03	1.10	1.20	9.197
15	0.088	2.82	0.92	0.82	0.82	0.87	0.96	7.304
16	0.070	2.24	0.73	0.65	0.65	0.69	0.76	5.797
17	0.055	1.78	0.58	0.51	0.52	0.55	0.60	4.601
18	0.044	1.41	0.46	0.41	0.41	0.44	0.48	3.652
19	0.035	1.12	0.37	0.32	0.33	0.35	0.38	2.899
20	0.028	0.89	0.29	0.26	0.26	0.27	0.30	2.301
21	0.022	0.71	0.23	0.20	0.20	0.22	0.24	1.826
22	0.017	0.56	0.18	0.16	0.16	0.17	0.19	1.449
23	0.014	0.44	0.15	0.13	0.13	0.14	0.15	1.150
24	0.011	0.35	0.12	0.10	0.10	0.11	0.12	0.913
25	0.009	0.28	0.09	0.08	0.08	0.09	0.10	0.725
26	0.007	0.22	0.07	0.06	0.06	0.07	0.08	0.575
27	0.005	0.18	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.457
28	0.004	0.14	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.362

Tabel 5 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 50 Tahun

T	Unit Hidrograf (m ³ /dtk)	Curah Hujan Jam-Jaman						Debit Banjir Rancangan (m ³ /dtk)
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
		35.63	9.260	6.496	5.171	4.367	3.817	
0	0.000	0.00						0.000
1	2.455	87.46	0.00					89.914
2	3.472	123.69	22.73	0.00				149.891
2.5061	3.886	138.45	32.15	15.95	0.00			190.436
3	3.093	110.20	35.99	22.55	12.69	0.00		184.530
4	1.949	69.43	28.64	25.24	17.95	10.72	0.00	153.936
5	1.228	43.74	18.05	20.09	20.10	15.16	9.37	127.730
5.1117	1.166	41.54	11.37	12.66	16.00	16.97	13.25	112.948
6	0.887	31.59	10.80	7.97	10.08	13.51	14.83	89.670
7	0.652	23.22	8.21	7.57	6.35	8.51	11.81	66.319
8	0.479	17.06	6.03	5.76	6.03	5.36	7.44	48.163
9	0.352	12.54	4.43	4.23	4.59	5.09	4.69	35.921
9.02	0.350	12.46	3.26	3.11	3.37	3.87	4.45	30.873
10	0.279	9.94	3.24	2.29	2.48	2.85	3.38	24.447
11	0.221	7.89	2.58	2.27	1.82	2.09	2.49	19.361
12	0.176	6.26	2.05	1.81	1.81	1.54	1.83	15.470
13	0.139	4.97	1.63	1.44	1.44	1.53	1.34	12.486
14	0.111	3.94	1.29	1.14	1.14	1.22	1.34	10.184
15	0.088	3.13	1.02	0.91	0.91	0.97	1.06	8.088
16	0.070	2.48	0.81	0.72	0.72	0.77	0.84	6.420
17	0.055	1.97	0.65	0.57	0.57	0.61	0.67	5.095
18	0.044	1.56	0.51	0.45	0.45	0.48	0.53	4.044
19	0.035	1.24	0.41	0.36	0.36	0.38	0.42	3.210
20	0.028	0.99	0.32	0.29	0.29	0.30	0.34	2.548
21	0.022	0.78	0.26	0.23	0.23	0.24	0.27	2.022
22	0.017	0.62	0.20	0.18	0.18	0.19	0.21	1.605
23	0.014	0.49	0.16	0.14	0.14	0.15	0.17	1.274
24	0.011	0.39	0.13	0.11	0.11	0.12	0.13	1.011
25	0.009	0.31	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.803
26	0.007	0.25	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.637
27	0.005	0.20	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.506
28	0.004	0.16	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.401

Tabel 6 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 1.5 Tahun

T	Unit Hidrograf (m ³ /dtk)	Curah Hujan Jam-Jaman						Debit Banjir Rancangan (m ³ /dtk)
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
		16.13	4.193	2.941	2.341	1.977	1.728	
0	0.000	0.00						0.000
1	2.455	39.60	0.00					42.051
2	3.472	56.00	10.29	0.00				69.761
2.5061	3.886	62.68	14.55	7.22	0.00			88.344
3	3.093	49.89	16.29	10.21	6.44	0.00		85.928
4	1.949	31.43	12.97	11.43	9.11	5.44	0.00	72.319
5	1.228	19.80	8.17	9.10	10.19	7.69	4.75	60.929
5.1117	1.166	18.81	5.15	5.73	8.11	8.61	6.72	54.289
6	0.887	14.30	4.89	3.61	5.11	6.85	7.52	43.173
7	0.652	10.51	3.72	3.43	3.22	4.32	5.99	31.833
8	0.479	7.72	2.73	2.61	3.06	2.72	3.77	23.092
9	0.352	5.68	2.01	1.92	2.33	2.58	2.38	17.237
9.02	0.350	5.64	1.48	1.41	1.71	1.96	2.26	14.805
10	0.279	4.50	1.47	1.03	1.26	1.44	1.72	11.695
11	0.221	3.57	1.17	1.03	0.92	1.06	1.26	9.235
12	0.176	2.83	0.93	0.82	0.92	0.78	0.93	7.382
13	0.139	2.25	0.74	0.65	0.73	0.77	0.68	5.964
14	0.111	1.79	0.58	0.52	0.58	0.62	0.68	4.873
15	0.088	1.42	0.46	0.41	0.46	0.49	0.54	3.870
16	0.070	1.12	0.37	0.33	0.37	0.39	0.43	3.072
17	0.055	0.89	0.29	0.26	0.29	0.31	0.34	2.438
18	0.044	0.71	0.23	0.21	0.23	0.25	0.27	1.935
19	0.035	0.56	0.18	0.16	0.18	0.19	0.21	1.536
20	0.028	0.45	0.15	0.13	0.15	0.15	0.17	1.219
21	0.022	0.35	0.12	0.10	0.12	0.12	0.13	0.968
22	0.017	0.28	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.768
23	0.014	0.22	0.07	0.06	0.07	0.08	0.09	0.610
24	0.011	0.18	0.06	0.05	0.06	0.06	0.07	0.484
25	0.009	0.14	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.384
26	0.007	0.11	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.305
27	0.005	0.09	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.242
28	0.004	0.07	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.192

Lampiran 1.8 Tabel output HEC-RAS

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Reach 1	7493	Max WS	73.23	26.00	33.27		33.27	0.000001	0.07	1144.92	262.30	0.01
Reach 1	7415	Max WS	28.66	26.00	30.13		30.13	0.000001	0.07	489.84	159.99	0.01
Reach 1	7330	Max WS	20.01	25.00	28.34		28.34	0.000001	0.05	421.52	159.21	0.01
Reach 1	7235	Max WS	17.92	22.00	26.68		26.68	0.000000	0.04	455.91	161.61	0.01
Reach 1	7140	Max WS	172.71	22.00	25.55		25.55	0.000026	0.31	589.37	260.87	0.06
Reach 1	7039	Max WS	28.01	20.00	22.99		22.99	0.000005	0.11	243.64	103.27	0.02
Reach 1	6936	Max WS	43.97	20.00	22.90		22.90	0.000029	0.24	184.11	95.52	0.05
Reach 1	6841	Max WS	-64.64	20.00	22.70		22.70	0.000039	-0.28	240.06	155.16	0.06
Reach 1	6744	Max WS	237.18	19.00	21.72		21.75	0.000257	0.74	319.22	153.37	0.16
Reach 1	6645	Max WS	18.71	19.00	20.37		20.38	0.000029	0.17	134.55	191.24	0.05
Reach 1	6535	Max WS	52.30	18.00	19.60		19.60	0.000078	0.22	243.96	350.15	0.08
Reach 1	6388	Max WS	30.46	18.00	18.95		18.96	0.000030	0.15	205.19	223.22	0.05
Reach 1	6305	Max WS	5.75	17.00	18.31		18.31	0.000002	0.05	129.95	143.70	0.01
Reach 1	6191	Max WS	-78.50	16.00	17.29		17.31	0.000302	-0.54	150.74	152.33	0.16
Reach 1	6057	Max WS	20.19	15.00	17.16		17.16	0.000007	0.11	219.87	406.37	0.03
Reach 1	5950	Max WS	217.56	15.00	15.98	16.09	16.46	0.021117	3.06	71.47	123.56	1.23
Reach 1	5855	Max WS	3.97	14.00	15.17		15.17	0.000026	0.11	45.54	143.55	0.04
Reach 1	5756	Max WS	63.44	13.87	14.56		14.62	0.003896	1.10	57.73	119.35	0.50
Reach 1	5651	Max WS	47.56	13.00	14.09		14.13	0.005080	0.92	51.65	169.66	0.53
Reach 1	5561	Max WS	-26.25	13.00	13.82		13.84	0.000761	-0.55	47.74	87.19	0.23
Reach 1	5470	Max WS	46.69	12.55	13.16		13.23	0.011074	1.16	40.15	167.96	0.76
Reach 1	5380	Max WS	42.05	12.00	12.74		12.75	0.000471	0.47	89.90	137.07	0.18
Reach 1	5286	Max WS	54.79	11.30	12.14		12.28	0.013113	1.63	33.57	95.18	0.88
Reach 1	5191	Max WS	45.15	11.00	11.50		11.54	0.002695	0.89	50.65	108.65	0.42
Reach 1	5098	Max WS	44.47	10.00	11.30		11.34	0.001763	0.85	52.18	86.94	0.35
Reach 1	4995	Max WS	44.16	10.00	11.02		11.06	0.004169	0.87	50.82	157.04	0.49
Reach 1	4901	Max WS	42.05	10.00	10.79		10.81	0.001405	0.70	60.48	115.44	0.31
Reach 1	4780	Max WS	43.95	9.70	10.24		10.30	0.007464	1.09	40.41	138.12	0.64
Reach 1	4671	Max WS	43.91	9.00	9.64		9.70	0.004226	1.08	40.76	92.29	0.52
Reach 1	4581	Max WS	43.81	8.60	9.27		9.30	0.004585	0.86	50.81	170.69	0.50
Reach 1	4458	Max WS	43.59	8.00	8.85		8.90	0.002110	1.01	43.36	64.57	0.39
Reach 1	4334	Max WS	43.49	8.00	8.61		8.64	0.002098	0.82	53.31	108.27	0.37
Reach 1	4181	Max WS	43.36	7.00	8.13		8.17	0.004127	0.92	49.65	181.14	0.49
Reach 1	4015	Max WS	43.19	6.00	7.46		7.60	0.003103	1.60	26.98	26.47	0.51
Reach 1	3828	Max WS	-23.00	6.00	7.02		7.03	0.000624	-0.56	41.10	59.16	0.21
Reach 1	3681	Max WS	42.05	5.00	6.72		6.72	0.000094	0.34	122.96	89.47	0.09

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	6191	Max WS	-78.50	16.00	17.29		17.31	0.000302	-0.54	150.74	152.33	0.16
Reach 1	6057	Max WS	20.19	15.00	17.16		17.16	0.000007	0.11	219.87	406.37	0.03
Reach 1	5950	Max WS	217.56	15.00	15.98	16.09	16.46	0.021117	3.06	71.47	123.56	1.23
Reach 1	5855	Max WS	3.97	14.00	15.17		15.17	0.000026	0.11	45.54	143.55	0.04
Reach 1	5756	Max WS	63.44	13.87	14.56		14.62	0.003896	1.10	57.73	119.35	0.50
Reach 1	5651	Max WS	47.56	13.00	14.09		14.13	0.005080	0.92	51.65	169.66	0.53
Reach 1	5561	Max WS	-26.25	13.00	13.82		13.84	0.000761	-0.55	47.74	87.19	0.23
Reach 1	5470	Max WS	46.69	12.55	13.16		13.23	0.011074	1.16	40.15	167.96	0.76
Reach 1	5380	Max WS	42.05	12.00	12.74		12.75	0.000471	0.47	89.90	137.07	0.18
Reach 1	5286	Max WS	54.79	11.30	12.14		12.28	0.013113	1.63	33.57	95.18	0.88
Reach 1	5191	Max WS	45.15	11.00	11.50		11.54	0.002695	0.89	50.65	108.65	0.42
Reach 1	5098	Max WS	44.47	10.00	11.30		11.34	0.001763	0.85	52.18	86.94	0.35
Reach 1	4995	Max WS	44.16	10.00	11.02		11.06	0.004169	0.87	50.82	157.04	0.49
Reach 1	4901	Max WS	42.05	10.00	10.79		10.81	0.001405	0.70	60.48	115.44	0.31
Reach 1	4780	Max WS	43.95	9.70	10.24		10.30	0.007464	1.09	40.41	138.12	0.64
Reach 1	4671	Max WS	43.91	9.00	9.64		9.70	0.004226	1.08	40.76	92.29	0.52
Reach 1	4581	Max WS	43.81	8.60	9.27		9.30	0.004585	0.86	50.81	170.69	0.50
Reach 1	4458	Max WS	43.59	8.00	8.85		8.90	0.002110	1.01	43.36	64.57	0.39
Reach 1	4334	Max WS	43.49	8.00	8.61		8.64	0.002098	0.82	53.31	108.27	0.37
Reach 1	4181	Max WS	43.36	7.00	8.13		8.17	0.004127	0.92	49.65	181.14	0.49
Reach 1	4015	Max WS	43.19	6.00	7.46		7.60	0.003103	1.60	26.98	26.47	0.51
Reach 1	3828	Max WS	-23.00	6.00	7.02		7.03	0.000624	-0.56	41.10	59.16	0.21
Reach 1	3681	Max WS	42.05	5.00	6.72		6.72	0.000094	0.34	122.96	89.47	0.09
Reach 1	3535	Max WS	42.93	5.00	6.59		6.63	0.001235	0.91	47.12	54.10	0.31
Reach 1	3221	Max WS	16.76	5.00	6.10		6.11	0.000381	0.31	53.96	129.77	0.15
Reach 1	1900	Max WS	42.05	3.00	3.81		3.81	0.000197	0.32	131.48	184.19	0.12
Reach 1	1563	Max WS	42.05	2.00	3.69		3.71	0.000424	0.53	79.55	93.06	0.18
Reach 1	1369	Max WS	174.25	2.00	4.06		4.35	0.003818	2.39	78.78	95.23	0.61
Reach 1	1206	Max WS	79.16	2.00	3.36		3.64	0.005381	2.33	34.01	28.54	0.68
Reach 1	1052	Max WS	58.54	1.00	3.09		3.12	0.000380	0.76	77.20	47.73	0.19
Reach 1	880	Max WS	55.95	1.00	2.94		3.01	0.001040	1.17	47.68	32.52	0.31
Reach 1	757	Max WS	52.18	1.00	2.84		2.89	0.000685	0.97	53.89	35.89	0.25
Reach 1	641	Max WS	50.33	1.00	2.75		2.80	0.000720	1.00	50.38	33.13	0.26
Reach 1	537	Max WS	790.86	1.00	3.70		3.84	0.002314	1.95	490.27	401.40	0.48
Reach 1	256	Max WS	62.39	1.00	2.96		2.96	0.000009	0.11	622.60	518.10	0.03
Reach 1	85	Max WS	51.01	1.00	2.92	1.78	2.92	0.000014	0.12	458.47	433.90	0.04

Lampiran 1.9 Lokasi Penelitian





25 Nov 2023 17.12.59
Halmahera Timur
Maluku Utara
Indonesia
Tutuling Jaya



25 Nov 2023 12.04.06
Halmahera Timur
Maluku Utara
Indonesia
Tutuling Jaya