

SKRIPSI
PEMETAAN POTENSI GENANGAN BANJIR SUNGAI KALIMEJA
MENGGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS

OLEH :
ANINDHITA GUSTIARI PANDEO
07232011044



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KHAIRUN
TERNATE
2024

SKRIPSI

PEMETAAN POTENSI GENANGAN BANJIR SUNGAI KALIMEJA MENGUNAKAN SOFTWARE HECRAS

OLEH

Nama : Anindhita Gustiari Pandeo
NPM : 07232011044
Program Studi : Teknik Sipil
Pembimbing Utama : Dr. Ir. Ichsan Rauf, S.T., M.Sc.
Pembimbing Pendamping : Muhammad Taufiq Yuda Saputra, 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**

SKRIPSI

**PEMETAAN POTENSI GENANGAN BANJIR SUNGAI KALIMEJA
MENGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS**

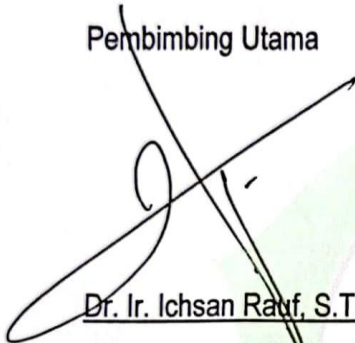
Disusun Oleh :

ANINDHITA GUSTIARI PANDEO

0723 2011 044

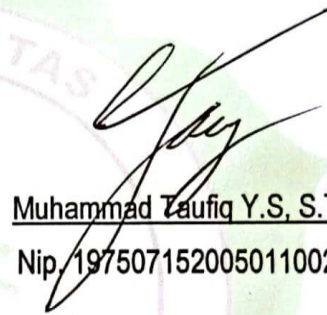
Telah Dipertahankan Didepan Penguji
Pada Tanggal 16 Juli 2024

Pembimbing Utama



Dr. Ir. Ichsan Rauf, S.T., M.Sc
Nip. 197907232005011003

Pembimbing Pendamping



Muhammad Taufiq Y.S., S.T., M.T.
Nip. 197507152005011002

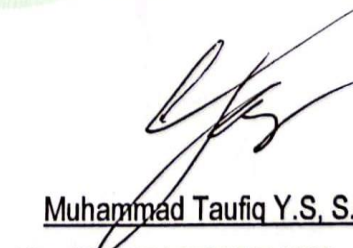
Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Khairun



Ir. Endah Harisun, S.T., M.T. CRP
Nip. 197511302006011013

Koordinator Program Studi Teknik Sipil
Universitas Khairun



Muhammad Taufiq Y.S., S.T., M.T.
Nip. 197507152005011002

SKRIPSI

PEMETAAN POTENSI GENANGAN BANJIR SUNGAI KALIMEJA MENGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS

Disusun Oleh :

ANINDHITA GUSTIARI PANDEO

0723 2011 044

Telah Dipertahankan Didepan Penguji
Pada Tanggal 16 Juli 2024

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Ichsan Rauf, S.T., M.Sc

Nip. 197907232005011003

Ketua Penguji

Ir. Nani Nagu, S.T., M.T., IPM.

Nip. 197503232002122002

Pembimbing Pendamping

Muhammad Taufiq Y. S, S.T., M.T.

Nip. 197507152005011002

Anggota Penguji

Zulkarnain K. Misbah, S.T., M.T.

Nip. 197803052008011013

Anggota Penguji

Dr. Ir. Kusnadi, S.T., M.T.

Nip. 197705062006041003

Mengetahui

Koordinator Program Studi Teknik Sipil

Muhammad Taufiq Yuda Saputra, S.T., M.T.

Nip. 197507152005011002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini,

Nama : **Anindhita Gustiari Pandeo**
NPM : 07232011044
Fakultas : Teknik
Jurusan/Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pemetaan Potensi Genangan Banjir Sungai Kalimeja
Menggunakan Software HEC-RAS

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

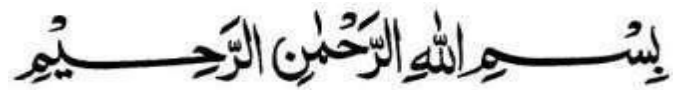
Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak di paksakan,

Penulis,



ANINDHITA GUSTIARI PANDEO

KATA PENGANTAR



Puji Syukur kepada Allah Subhanallahu Wa Ta'ala, karena dengan rahmat, karunia, serta taufik hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ Pemetaan Potensi Genangan Banjir Sungai Kalimeja” ini.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menemui beberapa hambatan dalam berbagai hal, namun berkat rahmat Allah Subhanallahu Wa Ta'ala serta bantuan dan pengarahan dari banyak pihak yang telah membantu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, dengan tulus dan penuh kerendahan hati penulis ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Muhammad Ridha Ajam, M.Hum selaku Rektor Fakultas Teknik Universitas Khairun Ternate;
2. Bapak Ir. Endah Harisun, S.T., M.T. CRP. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Khairun Ternate;
3. Bapak Muhammad Taufiq Yuda Saputra, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universita Khairun serta selaku Pembimbing Pendamping yang membantu membimbing penulis dan memberi banyak arahan dalam penulisan skripsi ini;
4. Bapak Dr. Ir. Ichsan Rauf, S.T., M.Sc. sebagai Dosen Pembimbing Utama atas petunjuk, arahan, serta bimbingannya dalam penulisan skripsi ini, serta sebagai penggagas dari pada munculnya judul yang kemudian penulis kembangkan menjadi skripsi;

5. Ibu Ir. Nani Nagu, ST., MT., IPM, Bapak Zulkarnain K. Misbah, ST., MT., dan Bapak Dr. Ir. Kusnadi, ST., MT selaku jajaran penguji skripsi yang selalu memberikan kritikan, saran, dan ide yang membangun hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
6. Seluruh Dosen, Staf Pengajar, Dan Karyawan dalam lingkup Program Studi Teknik Sipil Universitas Khairun yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang tak ternilai selama penulis menempuh pendidikan di kampus ini;
7. Sebagai ungkapan terimakasih, skripsi ini penulis persembahkan kepada orang tua terhebat yang paling berjasa dalam hidup saya. Untuk Papa tersayang Anis Tasib dan Mama tercinta Wa Ode Suryani. Yang selalu memberikan semangat,, motivasi serta kasih sayang yang tiada hentinya mulai dari penulis kecil sampai sekarang. Terimakasih juga untuk doa dan ridhonya serta kesabaran yang luar biasa menuntun dan membimbing penulis semasa hidup. Terimakasih telah menjadi orang tua yang terbaik untuk penulis. Tolong hidup lebih lama agar bisa melihat aku sukses dan bisa membalas semua jasa yang diberikan. *I love both of you so much, I'm so glad to be your daughter and i hope in another life we can be parents and daughter forever.*;
8. Kepada saudara kandung penulis Muhammad Septiadi Pandeo, Gusnul Gazali A. Tasib, dan Aisyah Nursyabani A. Tasib atas dukungannya yang selalu menyemangati penulis serta selalu menghibur di kala penulis lelah. Terimakasih telah menjadi adik-adik yang berbakti kepada orang tua dan penulis;
9. Kepada orang yang tak kalah pentingnya bagi penulis, Alm.kakek tercinta Tasib Pandeo yang selalu melindungi serta memberikan begitu banyak Pelajaran tentang

kehidupan kepada penulis semasa kakek hidup. Kakek aku rindu, aku rindu bersenda gurau bersama kakek, aku rindu diajarin buat gulatare (permen khas ternte) sama kakek, aku rindu berlung ke kakek dari amukan papa dan semuanya. Tolong bahagia diatas sana. Dan untuk Alm. Nenek tersayang Wa Djabida. Terimakasih yang begitu besar penulis ucapkan dan maaf karena tuntutan kuliah penulis tidak bisa mengantarkan nenek ke tempat peristirahatan terakhir. I miss you. Juga untuk nenek Sia Sabari, terimakasih selalu memperhatikan penulis dan selalu mengkhawatirkan penulis ketika telat pulang ke rumah, semoga nenek selalu diberi umur panjang dan kesehatan selalu agar bisa melihat penulis sukses dan membuat nenek bangga. Aku harap kakek dan nenek bangga dengan pencapaian aku;

10. Kepada sahabat-sahabat semasa SMA hingga Kuliah yang walaupun kita berbeda universitas ataupun prodi tapi selalu memberikan semangat serta meluangkan waktu untuk bersenda gurau dengan penulis Ketika Lelah;
11. Kepada teman angkatan 2020 Fakultas Teknik Sipil yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuan dan dukungan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan;
12. Kepada teman-teman Kubermas Fakultas Teknik khususnya Munifah dan Mutmainah a.k.a Upin dan Ipin yang selalu mendukung dan hadir dalam setiap momen penting dengan penulis, terimakasih sudah menjadi teman yang baik untuk penulis. Ayo kita sama-sama raih mimpi kita dan berteman selama-lamanya;
13. Kepada rekan-rekan dari Panwas kecamatan ternate barat yang selalu memberikan dukungan dan doa yang terbaik untuk penulis menyelesaikan skripsi ini, serta

terimakasih atas semua bimbingannya;

14. Kepada Mochi yang baru diadopsi tapi sudah memberikan begitu banyak kebahagiaan untuk penulis, walaupun kerjanya hanya makan, bermain dan tidur. ayo menua bersama mochi:
15. Juga kepada Anak-anak bujang penulis yang berada di thailand, terimakasih sudah membuat hidup penulis lebih berwarna dengan memberikan begitu banyak pengetahuan yang membuat penulis sangat tertarik dengan budaya thailand dan jika berkesempatan penulis akan sesegara mungkin untuk mengunjungi thailand dan melihat keindahan disana dan manifesting penulis untuk bisa melanjutkan studi S2 disana jika berhasil mendapat beasiswa. tidak lupa juga kepada boyband k-pop kesayangan penulis yaitu seventeen, treasure, nct dan khususnya stray kids dan masih banyak lagi yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang dengan lagu-lagunya yang selalu menemani penulis dikala sedih atau bahagia, ketika aku sukses nanti ayo bertemu dengan versi terbaik dari diri aku;
16. Serta seluruh pihak yang tidak bisa dituliskan seluruhnya oleh penulis. Terimakasih atas doa. Motivasi serta dukungannya;
17. Terakhir terimakasih kepada diri sendiri yang telah kuat menghadapi segala rintangan demi menyelesaikan studinya. Terimakasih karena gak nyerah dengan semua rintangan walau kadang itu semua harus dihadapi sendiri, terimakasih sudah bertahan, selanjutnya kamu akan dihadapkan dengan realita yang sebenarnya, tolong kuatkan bahu untuk terus maju dan jangan menyerah walau tidak ada lagi orang yang mendukung mu. Anak pertama adalah panutan untuk adik-adik, jadilah sukses tanpa harus berpatok kepada kesuksesan orang lain. Setiap

orang punya waktu yang berbeda, tetaplah berjalan beriringan dengan ridho dari orang tua dan disanalah kesuksesan dapat diraih. *And last but not least every end has a new beginning, so look back and thank god look forward and trust god.*

Ternate, 20 Juni 2024

Penulis

ANINDHITA GUSTIARI PANDEO

ABSTRAK

ANINDHITA GUSTIARI PANDEO

PEMETAAN POTENSI GENANGAN BANJIR SUNGAI KALIMEJA MENGGUNAKAN SOFTWARE HECRAS

Kata kunci: Banjir, Pemetaan banjir, Kalimeja, HEC-RAS

Sungai kalimeja yang berada di desa Subaim, Kecamatan Wasile, Kabupaten Halmahera Timur Merupakan Salah satu Sungai yang berada di provinsi Maluku Utara. Pada tahun 2021 terjadi banjir besar yang menggenangi pemukiman warga yang berada di sekitar sungai kalimeja. Banjir terjadi akibat peningkatan volume air yang melebihi penampang sungai, untuk itu dilakukan pemetaan banjir. Pemetaan banjir yang meliputi peta topografi sungai, potongan memanjang dan potongan melintang bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang kontur tanah pada ruas sungai yang dialihkan dan kontur tanah pada ruas sungai pengganti dengan menggunakan software HEC-RAS. 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. Berdasarkan hasil analisis pemetaan banjir sungai Kalimeja menggunakan HEC-RAS 6.3 dengan debit banjir rencana Metode HSS Nakayasu dengan kala ulang 2 tahun 68,58 m³/detik, 5 tahun 86,45 m³/detik, 10 tahun 97,58 m³/detik, 25 tahun 111,01 m³/detik dan 50 tahun 120,66 m³/detik. Luapan air yang terjadi meliputi area seluas 3.114.891 m², sehingga perlu dibuat tanggul agar kedepannya luapan air tersebut tidak lagi meluap ke pemukiman penduduk.

ABSTRACT

ANINDHITA GUSTIARI PANDEO

MAPPING THE POTENTIAL FOR FLOODING OF THE KALIMEJA RIVER USING HECRAS SOFTWARE

Keywords: Flood, Flood mapping, Kalitable, HEC-RAS

Kalimeja River located in Subid village, Wasile District, East Halmahera Regency is one of the rivers in North Maluku province. In 2021 there was a major flood that inundated residential areas around the Kalimeja River. Flooding occurs due to an increase in the volume of water that exceeds the cross-section of the river, for which flood mapping is carried out. Flood mapping which includes river topography maps, longitudinal cuts and transverse cuts aims to obtain information about land contours on diverted river sections and soil contours on replacement river sections using HEC-RAS software. The HEC-RAS program is a program in which the hydraulic analysis is integrated, where the user of the program can interact with the system using the Graphical User Interface (GUI) function. The program can show calculations of permanent flow surface profiles, including unsteady flows, sediment movements and some hydraulics design calculations. Based on the results of the analysis of Kalimeja river flood mapping using HEC-RAS 6.3 with flood discharge plan Nakayasu HSS Method with a birthday of 2 years 68.58 m³ / second, 5 years 86.45 m³ / second, 10 years 97.58 m³ / second, 25 years 111.01 m³ / second and 50 years 120.66 m³ / second. The overflow that occurs covers an area of 3,114,891 m², so it is necessary to make dikes so that in the future the overflow of water will no longer overflow into residential areas.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.1. Rumusan Masalah	3
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Sistematika Pembahasan	4

BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Banjir.....	5
2.1.1. Faktor Penyebab Terjadinya Banjir.....	5
2.1.2. Dampak Banjir	7
2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)	8
2.3. Sungai.....	9
2.3.1. Geometri Sungai	10
2.4. Genangan Banjir	10
2.5. Analisa Hidrologi	11
2.6. Analisis Frekuensi.....	12
2.6.1. Distribusi Normal.....	12
2.6.2. Distribusi Log Normal.....	13
2.5.3. Distribusi Log Pearson III	13
2.6.4. Distribusi Gumbel.....	14
2.7. Uji Distribusi Probabilitas	15
2.7.1. Metode Chi Kuadrat	15
2.7.2. Metode Smirnov-Kolmogorof	16
2.7.3. Intensitas Hujan Jam-Jaman	17
2.8. Koefisien Limpasan (C).....	18

2.9.	Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	19
2.10.	Pemetaan Geodesi	22
2.11.	HEC-RAS.....	22
2.12.	Penelitian Terdahulu	23
BAB III.....		25
METODOLOGI PENELITIAN.....		25
3.1.	Jenis Penelitian.....	25
3.2.	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	25
3.3.	Jenis Sumber Data	26
3.4.	Metode Pengumpulan Data	27
3.5.	Metode Analisis data.....	28
3.6.	Alur Penggunaan HEC-RAS	36
3.7.	Bagan Analisis Hidrologi	37
3.8.	Bagan Alir Penelitian.....	38
BAB IV		39
HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1.	Analisis Hidrologi	39
4.1.1.	Karakteristik DAS (Daerah Aliran Sungai).....	39
4.1.2	Data Curah Hujan	40
4.1.3.	Analisis Frekuensi Curah Hujan.....	41

4.1.3.1 Metode Distribusi Normal.....	41
4.1.3.2. Metode Distribusi Log Normal.....	43
4.1.3.3 Metode Distribusi Gumbel.....	44
4.1.3.4. Metode Distribusi Log Pearson III	46
4.1.4. Uji Kecocokan	48
4.1.4.1. Uji Chi-Kuadrat.....	48
4.1.4.2. Uji Smirnov-Kolmogorof	52
4.1.5. Koefisien Limpasan (C).....	56
4.1.6. Intensitas Hujan Jam-Jaman	58
4.1.7. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	59
4.1.8. Perhitungan Unit Hidrograf Satuan	60
4.1.9. Hasil Analisis Debit Banjir	61
4.2. Analisis Muka Air Banjir	66
4.2. Pemetaan Banjir	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1. Kesimpulan	79
5.2. Saran	79
DAFTAR PUSTAKA.....	80
LAMPIRAN	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Genangan Banjir (Cermin Halmahera).....	2
Gambar 2.1 Siklus Hidrologi (Suripin, 2004).....	12
Gambar 2.2 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (Soemarto, Hidrologi Teknik Edisi – 2, 1999).....	21
Gambar 3.1 Lokasi Sungai Kalimeja.....	26
Gambar 3.2 Tampilan Utama Aplikasi HEC-RAS	29
Gambar 3.3 Tampilan pengisian Nama Project Aplikasi HEC-RAS	29
Gambar 3.4 Tampilan Menu Ras Mapper Pada Aplikasi HEC-RAS	30
Gambar 3.5 Tampilan Geometri Sungai Pada Aplikasi HEC-RAS.....	31
Gambar 3.6 Tampilan Input DataCross Section Sungai Pada HEC-RAS.....	31
Gambar 3.7 Tampilan Input Data Debit Rencana	32
Gambar 3.8 Tampilan Input Kondisi Batas	33
Gambar 3.9 Tampilan Analisis Project Pada HEC-RAS	34
Gambar 3.10 Tampilan Running Steady Flow Pada HEC-RAS.....	34
Gambar 3.11 Bagan Alur Penggunaan HEC-RAS.....	36
Gambar 3.12 Bagan Analisis Hidrologi	37
Gambar 3.13 Bagan Alir Penelitian.....	38

Gambar 4.1 Das Kalimeja.....	40
Gambar 4.2 Kalimeja	56
Gambar 4.3 Grafik Debit Banjir Metode HSS Nakayasu Kala Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50.....	66
Gambar 4.4 Profil Memanjang Sungai.....	67
Gambar 4.5 STA 10804.....	68
Gambar 4.6 STA 9578.....	68
Gambar 4.7 STA 8142.....	69
Gambar 4.8 STA 6804.....	69
Gambar 4.9 STA 4329	70
Gambar 4.10 STA 2686.....	70
Gambar 4.11 STA 1403.....	71
Gambar 4.12 STA 499.....	71
Gambar 4.13 Sebaran Banjir pada Kala Ulang 2 tahun.....	73
Gambar 4.14 Sebaran Banjir pada Kala Ulang 5 tahun.....	73
Gambar 4.15 Sebaran Banjir pada Kala Ulang 10 tahun.....	75
Gambar 4.16 Sebaran Banjir pada Kala Ulang 25 tahun.....	75
Gambar 4.17 Sebaran Banjir pada Kala Ulang 50 tahun.....	75

Gambar 4.18 Kondisi Genangan Terhadap Kondisi Lapangan	77
--	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien Limpasan (C).....	19
Tabel 4.1 Curah Hujan Maksimum Kab.Halmahera Timur (periode 2011-2021)	40
Tabel 4.2 Perhitungan Distribusi Normal	40
Tabel 4.3 Curah Hujan Rencana Distribusi Normal	42
Tabel 4.4 Perhitungan Distribusi Log Normal	43
Tabel 4.5 Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal	44
Tabel 4.6 Perhitungan Distribusi Gumbel	44
Tabel 4.7 Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbel	46
Tabel 4.8 Perhitungan Distribusi Log Pearson III	46
Tabel 4.9 Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson III	47
Tabel 4.10 Rekapitulasi Analisis Distribusi Peluang	48
Tabel 4.11 Data Curah Hujan dari Besar ke Kecil	48
Tabel 4.12 Distribusi Probabilitas Normal.....	50
Tabel 4.13 Distribusi Probabilitas Log Normal.....	50
Tabel 4.14 Distribusi Probabilitas Gumbel.....	50
Tabel 4.15 Distribusi Probabilitas Log Pearson III	50
Tabel 4.16 Uji Kecocokan dengan Metode Chi Kuadrat Metode Normal	51
Tabel 4.17 Uji Kecocokan dengan Metode Chi Kuadrat Metode Log Normal	51
Tabel 4.18 Uji Kecocokan dengan Metode Chi Kuadrat Metode Gumbel	51
Tabel 4.19 Uji Kecocokan dengan Metode Chi Kuadrat Metode Log Pearson III	52
Tabel 4.20 Tabel Rekapitulasi Hasil Uji Kecocokan.....	52
Tabel 4.21 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov Normal.....	52

Tabel 4.22 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov Log Normal	53
Tabel 4.23 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov Gumbel	54
Tabel 4.24 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov Log Pearson	54
Tabel 4.25 Rekapitulasi Simpangan Maksimum (ΔP) dari Keseluruhan Distribusi ...	55
Tabel 4.26 Koefisien Limpasan (C).....	57
Tabel 4.27 Rasio Hujan Jam-Jaman Interval 6 Jam	58
Tabel 4.28 Perhitungan Nisbah Hujan Jam-Jaman Interval 6 Jam	58
Tabel 4.29 Tabulasi Perhitungan Unit Hidrograf Satuan.....	60
Tabel 4.30 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 2 Tahun.....	61
Tabel 4.31 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 5 Tahun.....	62
Tabel 4.32 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 10 Tahun.....	63
Tabel 4.33 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 25 Tahun.....	64
Tabel 4.34 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 50 Tahun.....	65
Tabel 4.35 Luasan Daerah terdampak berdasarkan tingkat bahaya banjir	72

DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

R	= Curah hujan rancangan setempat (mm)
T _c	= Lamanya curah hujan (jam)
I	= Intensitas curah hujan (mm/jam)
Q	= Debit (m ³ /det)
Q _p	= Debit Puncak (m ³ /det)
RO	= Hujan satuan (mm)
T _p	= Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
T _{0,3}	= Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak
A	= Luas daerah tangkapan sampai outlet
L	= Panjang sungai
C	= Koefisien pengaliran
X _{TR}	= Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tahunan (mm)
$\bar{X}$	= Curah hujan rata-rata (mm)
S	= Standar deviasi dari data hujan X (mm)
K _T	= Faktor frekuensi (bergantung dari nilai T)
Log XT	= Logaritma hujan rencana
Log $\bar{X}$	= Logaritma rata-rata hujan
Log S	= Standar deviasi dari logaritma
K _T	= Besar variable Gauss
Y _t	= Reduce Variate
S _n	= Reduce standar deviation

χ^2	= Parameter chi-kuadrat terhitung
χ^2_{cr}	= Parameter chi-kuadrat kritis
Dk	= Derajat kebebasan
Ef	= Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya
Of	= Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama
Rt	= Intensitas hujan rata-rata
P(x)	= Persentase (x)
T	= Waktu (jam)
STA	= Lokasi titik

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Tabel Frekuensi Reduksi Metode Normal dan Log Normal	80
Lampiran 1.2 Harga Y_n & S_n	80
Lampiran 1.3 Tabel Frekuensi Reduksi Metode Log Pearson Type III	81
Lampiran 1.4 Luas Dibawah Kurva.....	82
Lampiran 1.5 Output HEC-RAS	84
Lampiran 2.1 Dokumentasi	86

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki dua musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Saat musim banjir merupakan masalah terbesar yang sering kita jumpai. Banjir merupakan bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia, biasanya banjir datang pada 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



Gambar 1.1. Genangan Banjir

(Sumber Cermin Halmahera)

Sungai Kalimeja yang berada di desa Subaim, Kecamatan Wasile, Kabupaten Halmahera Timur merupakan salah satu sungai yang berada di provinsi Maluku Utara. Pada tahun 2021 terjadi banjir besar yang menggenangi pemukiman warga yang berada di sekitar sungai Kalimeja. Banjir terjadi akibat peningkatan volume air yang melebihi kapasitas tampung sungai Kalimeja yang menyebabkan warga di sekitar harus mengungsi ke tempat yang lebih tinggi.

Banyak studi tentang banjir dan salah satunya adalah dengan menggunakan software HEC-RAS (*Hydrology Engineers Corps River Analysis System*). Dalam pemodelan profil muka air, HEC-RAS dapat diterapkan untuk memodelkan perilaku hidrauliknya, berdasarkan profil penampang DAS. Tujuan dari analisa hidraulika guna mengetahui kapasitas tampung maksimal aliran air (sungai)

dengan suatu kala tertentu, sehingga dapat di ketahui tinggi muka air maksimal yang terdapat disungai yang ditinjau dan dapat memodelkan aliran banjir sungai kalimeja yang meluao melalui bantaran sungai.

Dari gambaran umum latar belakang di atas maka penulis mengusulkan tugas akhir yang berjudul:

“ Pemetaan Potensi Banjir Sungai Kalimeja Menggunakan HEC-RAS”

1.1. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas, maka dapat di tentukan rumusan masalah yaitu:

1. Berapa debit banjir rencana Sungai Kalimeja berdasarkan kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.
2. Bagaimana pemetaan potensi genangan dari sungai kalimeja

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui debit banjir rencana Sungai Kalimeja berdasarkan kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun
2. Untuk memberikan gambaran pemetaan dari potensi genangan Sungai Kalimeja menggunakan software HEC-RAS.

1.3. Batasan Masalah

Permasalahanan pda penelitian ini dibatasi masalah yaitu:

1. Penelitian ini dibatasi hanya untuk menghitung debit banjir dan membuat pemetaan akan potensi terjadinya genangan dari luapan banjir
2. Lokasi yang ditinjau hanya pada sungai kalimeja.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan informasi untuk instansi terkait yang berwenang dalam melakukan penanggulangan masalah banjir di sungai kalimeja.
2. Sebagai bahan referensi kepada pihak yang ingin melakukan penelitian selanjutnya.

1.5. Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun sedemikian rupa sehingga diharapkan dapat disajikan secara sistematis. Penyusunan proposal ini terdiri dari lima bab, masing-masing diuraikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II Tinjauan Pustaka

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 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 dari 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 di definisikan sebagai tergenangnya suatu tempat akibat meluapnya air yang melebihi kapasitas pembuangan air disuatu wilayah dan menimbulkan kerugian fisik, sosial dan ekonomi” (Rahayu, 2009). Banjir adalah ancaman musiman yang terjadi apabila meluapnya tubuh air dari saluran yang ada dan menggenangi wilayah sekitarnya. Banjir adalah ancaman alam yang paling sering terjadi dan paling banyak merugikan, baik dari segi kemanusiaan maupun ekonomi” (ISEP, 2007). Banjir merupakan peristiwa tergenangnya suatu tempat akibat luapan air yang melebihi kapasitas pembuangan air di suatu wilayah dimana peristiwa ini dapat dikatakan sebagai ancaman musiman (Rahayu, 2009). Aliran banjir dapat diketahui dari tinggi aliran air dimana jika aliran air lebih dari debit normal dan tinggi aliran melampaui kapasitas tampung tebing/tanggul maka air yang berlebih tersebut akan menggenangi daerah sekitarnya (Paimin, 2010).

Menurut (Kodoatie R. J., 2013) banjir bisa terjadi sangat cepat maupun sangat perlahan, hal ini dipengaruhi oleh musim. Terdapat 2 peristiwa banjir yang pertama banjir di daerah bukan akumulasi banjir dan yang kedua adalah banjir yang disebabkan oleh tidak teralirkan atau tertampung debit banjir oleh Sungai sehingga terjadi limpasan.

2.1.1. Faktor Penyebab Terjadinya Banjir

Menurut (Kodoatie R. J., 2013) faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir dapat disebabkan karena Tindakan manusia dan sebab-sebab alami.

1. Faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir akibat Tindakan manusia
 - a. Perubahan tata guna lahan, adanya perubahan tata guna lahan menyebabkan daya serap tanah terhadap air berkurang (sedikit), sehingga memperbesar aliran

air permukaan (run off). Hal ini mengakibatkan peningkatan debit air yang dapat memicu terjadinya erosi hingga sedimentasi di sungai/drainase

- b. Pembuangan sampah, perilaku membuang sampah di Sungai akan menyebabkan peningkatan timbunan sampah sehingga Sungai/drainase dapat tersumbat dan aliran tidak lancar
- c. Kawasan kumuh di sepanjang sungai/drainase, pemukiman di sempadan sungai membentuk suatu Kawasan kumuh yang dapat menghambat aliran air karena mempengaruhi kapasitas sungai/drainase
- d. Perencanaan sistem pengendalian banjir yang tidak tepat, misalnya pembangunan tanggul sungai yang tinggi. Tanggul yang tinggi menyebabkan limpasan air dapat melebihi banjir rencana sehingga beresiko terjadinya keruntuhan tanggul. Keruntuhan tanggul mengakibatkan kecepatan air yang terlimpas sangat besar sehingga dapat menyebabkan banjir besar.
- e. Kapasitas sungai dan drainase, adanya alih fungsi lahan dan berkurangnya vegetasi yang terangkut di sungai/drainase menyebabkan sedimentasi dan pengendapan material yang terangkut di sungai/drainase sehingga mempengaruhi kapasitas sungai maupun drainase.
- f. Bendung dan bangunan air, misalnya pilar jembatan dapat meningkatkan elevasi muka air banjir karena efek aliran balik (back water)
- g. Kerusakan bangunan pengendali banjir, dapat terjadi karena pemeliharaan yang kurang memadai sehingga bangunan tersebut tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan dapat memicu meningkatnya kuantitas banjir.

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir akibat sebab alam

- a. Erosi dan sedimentasi, terjadinya pengikisan material tanah/pasir (erosi) yang terbawa ke sungai akan mengakibatkan pengendapan (sedimentasi) sehingga dapat memengaruhi kemampuan sungai dalam menampung air.
- b. Curah hujan, tingginya intensitas hujan yang biasanya terjadi di musim penghujan akan menimbulkan peningkatan debit puncak sehingga dapat mengakibatkan banjir.
- c. Pengaruh fisiografis sungai meliputi bentuk, fungsi kemiringan DAS, kemiringan sungai dan geometrik hidrolis.
- d. Tidak memadainya kapasitas sungai, berkurangnya kapasitas sungai akibatkan oleh adanya erosi pada DAS dan tanggul yang berlebihan hingga memicu terjadinya sedimentasi. Tingkat erosi dan sedimentasi yang tinggi akan memengaruhi daya tampung sungai untuk mengalirkan air.
- e. Pengaruh air pasang, ketika banjir bersamaan dengan air pasang tinggi maka tinggi banjir akan menjadi besar karena terjadi aliran balik karena air pasang memperlambat aliran sungai ke laut.

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. Dampak banjir terjadi pada aspek dengan tingkat kerusakan berat (Mistra, 2007) sebagai berikut:

1. Aspek penduduk, berupa korban jiwa atau meninggal, hanyut tenggelam, cedera, pengungsian, berjangkitnya wabah dan penduduk terisolasi.
2. Aspek pemerintahan, berupa kehilangan dokumen arsip, peralatan dan terganggunya jalan pemerintahan untuk menghubungkan kota satu dengan lainnya.
3. Aspek ekonomi, berupa hilangnya mata pencaharian, hilangnya harta benda, dan terganggunya perekonomian Masyarakat.
4. Aspek sarana atau prasarana, berupa kerusakan rumah penduduk, jembatan, jalan, bangunan perkantoran, fasilitas umum seperti instalansi listrik dan jaringan umum.
5. Aspek lingkungan, berupa kerusakan ekosistem, objek wisata, persawahan atau lahan pertanian, sumber air bersih dan kerusakan tanggul.

2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan di tampung oleh punggung gunung tersebut yang akan dialirkan melalui sungai-sungai kecil menuju sungai utama (Asdak, 1995).

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung atau pegunungan dimana semua air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik yang ditinjau. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, berarti ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan, dan bukan berdasar pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berpengaruh sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian (Binilang et al., 2018).

DAS dapat diartikan sebagai 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 alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografi dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (Kemenkumham., 2019). Salah satu fungsi DAS adalah sebagai pemasok air dengan kuantitas dan kualitas yang baik terutama bagi orang di daerah hilir, alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian akan memengaruhi kuantitas dan kualitas tata air pada DAS yang akan dirasakan oleh masyarakat daerah hilir.

2.3. 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 Sohaan, 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.

2.3.1. 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 :

- 1) Pengukuran langsung dilapangan, yaitu untuk membuat peta situasi medan dan sungai, penampang memanjang serta menampang melintang sungai.
- 2) Penginderaan jauh untuk peta medan.

2.4. Genangan Banjir

Genangan adalah sebuah kandungan cairan kecil, biasanya air, di sebuah permukaan. Genangan dapat terbentuk lewat pengisian air dalam sebuah cekungan permukaan, atau oleh tegangan permukaan di atas permukaan datar. Genangan umumnya bersifat dangkal untuk dilangkahi, dan terlalu kecil untuk dilewati perahu atau rakit. Kehidupan liar kecil dapat bergantung pada genangan.

- a. Banjir dapat diklasifikasikan berdasarkan penyebabnya seperti banjir, banjir bandang, banjir rob, dan lainnya. Sementara genangan tidak memiliki klasifikasi.
- b. Banjir terjadi pada kurun waktu yang lama (bisa lebih dari 24 jam), sedangkan genangan terjadi pada kurun waktu yang relatif singkat (kurang dari 24 jam).
- c. Banjir memiliki ketinggian lebih dari 40 cm dengan radius lebih dari 100 meter. Sementara genangan memiliki ketinggian kurang dari 40 cm dan terkonsentrasi di satu tempat saja dengan radius kurang dari 100 meter.

- d. Banjir dapat disebabkan oleh alam maupun manusia, sedangkan genangan biasanya murni karena manusia atau sistem drainase.
- e. Banjir umumnya membawa dampak yang besar dan signifikan (kerugian materi dan korban jiwa). Sementara genangan dampaknya kecil bahkan kadang tidak berdampak.

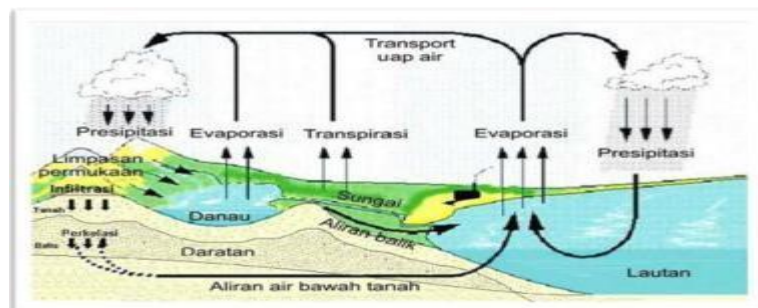
2.5. Analisa Hidrologi

Untuk menyelesaikan permasalahan banjir pada sungai atau saluran-saluran (drainase) dibutuhkan Analisa hidrologi khususnya masalah hujan sebagai sumber air yang akan dialirkan pada sistem sungai / saluran dan limpasan sebagai akibat tidak mempunyai saluran menampung air hujan tersebut. Desain hidrologi sangat diperlukan untuk mengetahui debit pengaliran.

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 dan langsung jatuh 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 titik-titik 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 hingga air tersebut memasuki Kembali sistem air permukaan.
- c. Air permukaan; Air bergerak di atas permukaan tanah dekat aliran utama dan danau, makin landau lahan dan makin sedikit pori-pori tanah, maka aliran permukaan semakin besar. Aloran 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 menuju laut. Air permukaan, baik yang mengalir maupun yang tergenang (danau, waduk, rawa), dan Sebagian air bawah permukaan akan terkumpul dan mengalir sungai dan berakhir ke laut. Proses perjalanan air di daratan itu terjadi dalam komponen-komponen siklus hidrologi yang membentuk sistem Daerah Aliran Sungai (DAS).



Gambar 2. 1 Siklus Hidrologi (Suripin, 2004).

2.6. Analisis Frekuensi

Dalam analisis frekuensi data hujan atau debit 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 (I Made Kamania, 2011)

2.6.1. 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:

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \quad (2.1)$$

Dimana :

X_T : Hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$$\bar{X} : \text{Nilai rata-rata dari data} = \frac{\sum_1^n X_i}{n} \quad (2.2)$$

K_T : Faktor frekuensi, nilainya bergantung dari T

$$S : \text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum_1^n X_i^2 - \frac{(\sum_1^n X_i)^2}{n}}{n-1}} \quad (2.3)$$

2.6.2. Distribusi Log Normal

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

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K_T \cdot S \text{ Log } X \quad (2.4)$$

Dimana:

$\text{Log } X_T$: Nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$$\overline{\text{Log } X} : \text{Nilai rata-rata dari, } \overline{\text{Log } X} = n \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}} \quad (2.5)$$

$$S \text{ Log } X : \text{Standard Deviasi, } S \text{ Log } X = n \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}} \quad (2.6)$$

K_T : Faktor Frekuensi, nilainya bergantung dari T.

2.5.3. Distribusi Log Pearson III

Untuk Analisa frekuensi curah hujan dengan menggunakan metode Log Pearson

Type III, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K_T \cdot S \text{ Log } X \quad (2.7)$$

Dimana:

$\text{Log } X_T$: Nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang tahun

$$\overline{\text{Log } X} : \text{Nilai rata-rata dari } \overline{\text{Log } X} = n \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}} \quad (2.8)$$

$$S \text{ Log } X: \text{Standard Deviasi, } S \text{ Log } X = n \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}} \quad (2.9)$$

K : Variabel standar, besarnya bergantung koefisien kemencengan C_s

$$C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2) \cdot S_i^3} \quad (2.10)$$

2.6.4. Distribusi Gumbel

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

$$X_T = \bar{X} + S \cdot \left(\frac{Y_t - Y_n}{S_n} \right) \quad (2.11)$$

Dimana:

X_T : Hujan rencana dengan periode ulang T tahun.

$$\bar{X} : \text{Nilai rata-rata dari dat, } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.12)$$

$$S : \text{Standar Deviasi, } S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \bar{X}}{n-1}} \quad (2.13)$$

K : Faktor Probabilitas

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

$$K = \left(\frac{Y_t - Y_n}{S_n} \right) \quad (2.14)$$

Dimana:

Y_t : Reduced variate, sebagai fungsi dari periode ulang T .

Y_n : Reduced mean, sebagai fungsi dari banyak data

S_n : Reduced Standard, deviation sebagai fungsi dari banyak data

2.7. Uji Distribusi Probabilitas

uji distribusi probabilitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistic sampel data yang dianalisis (I. M Kamiana, 2011).

2.7.1. Metode Chi Kuadrat

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

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (2.15)$$

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 5% derajat kebebasan (D_k) dihitung dengan rumus:

$$D_k = K - (p + 1)$$

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

Dimana:

D_k : Derajat kebebasam

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:

$$X^2 < X^2_{cr} \quad (2.18)$$

Dimana:

X^2 : Parameter chi-kuadrat terhitung

X^2_{cr} : Parameter chi-kuadrat kritis (lihat Lampiran 1.6)

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 (D_k) dan X^2_{cr}
4. Menghitung kelas distribusi.
5. Menghitung interval kelas.
6. Perhitungnikuan nilai X^2
7. Bandingkan nilai X^2 terhadap X^2_{cr}

2.7.2. 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:

$$P(X_i) = \frac{i}{n+1} \quad (2.19)$$

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 di urut tersebut $P'(X_i)$ berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang dipilih (Gumbel, Normal, dan sebagainya).
4. Hitung selisih (ΔP_i) diantara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data yang sudah diurut:

$$\Delta P_i = P(X_i) - P'(X_i) \quad (2.20)$$

5. Tentukan apakah $\Delta P_i < \Delta P$ kritis, jika “tidak” artiya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima, demikian sebaliknya.
6. ΔP kritis (lihat Lampiran)

2.7.3. Intensitas Hujan Jam-Jaman

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 statistic maupun secara empiris. Biasanya untensitas 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:

$$R_t = \frac{R_{24}}{24} \times \frac{24^{2/3}}{t^c} \quad (2.21)$$

$$R_t = (T \cdot R_t - [(T-1) \cdot R_{(t-1)}]) \quad (2.22)$$

Dimana:

R_o : Hujan satuan

R_t : Intensitas hujan rata-rata dalam T jam

RT : Persentase intensitas

R_{24} : Curah hujan efektif dalam satu hari

2.8. Koefisien Limpasan (C)

Aliran limpasan adalah air hujan yang jatuh di atas permukaan tanah kemudian mengalir menuju tempat yang lebih rendah seperti daratan rendah atau badan air. Setiap jenis dari penutup lahan yang menjadi media limpasan air hujan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Untuk membedakannya, terdapat yang dinamakan koefisien limpasan yang menentukan nilai koefisien ini adalah laju infiltrasi tanah, persentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup lahan, dan intensitas hujan. Keberadaan koefisien limpasan menjadi faktor penting dalam menentukan debit banjir karena genangan banjir pada umumnya berasal dari aliran limpasan.

Adapun nilai untuk area tutupan lahan dapat dilihat pada table 2.1.

Tabel 2.1 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 Bepasir Datar	0,05 – 0,10
Halaman Tanah Datar	0,13 – 0,17
Perkebunan	0,20 – 0,40
Hutan Bergelombang	0,25 – 0,50
Hutan Bebukit	0,30 – 0,60

(Sumber: Suripin 2004)

Rumus untuk menghitung koefisien limpasan (C) adalah:

$$C = \frac{(A1 \cdot C1) + (A2 \cdot C2)}{A \text{ total}} \quad (2.23)$$

Dimana:

C : Koefisien pengalir gabungan

C1,C2 : Koefisien pengalir yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A1,A2 :Luas daerah pengalir yang diperhitungkan

2.9. Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Hidrograf satuan sintetik nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di jepang (Soemarto, Hidrologi Teknik, 1987). 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 dibandingkan dengan metode lain,

seperti halnya GAMA 1, Limantara maupun Snyder. Lebih jauh dijelaskan kelebihan dari metode Nakayasu dibandingkan dengan metode Snyder adalah metode ini menunjukkan waktu konsentrasi untuk puncak banjir yang lebih sesuai dengan kondisi DAS (Sarminingsih, 2018)

Penggunaan metode ini memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti:

- a. Tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak hidrograf (time of peak)
- b. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (time lag)
- c. Tenggang waktu hidrograf (time base of hydrograph)
- d. Luas daerah aliran sungai
- e. Panjang alur sungai utama terpanjang (length of the longest channel)

Bentuk persamaan HSS Nakayasu adalah:

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})} \quad (2.24)$$

Dimana:

Q_p : Debit puncak (m^3/det)

R_o : Hujan satuan (mm)

T_p : Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

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

A : Luas daerah tangkapan sampai outlet

C : Koefisien pengaliran

Untuk menentukan T_p dan $T_{0,3}$ digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$t_g = 0,21 \times L^{0.7} \quad (L < 15 \text{ km}) \quad (2.25)$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 \times L \quad (L < 15 \text{ km}) \quad (2.26)$$

$$T_{0,3} = \alpha \times t_g \quad (2.27)$$

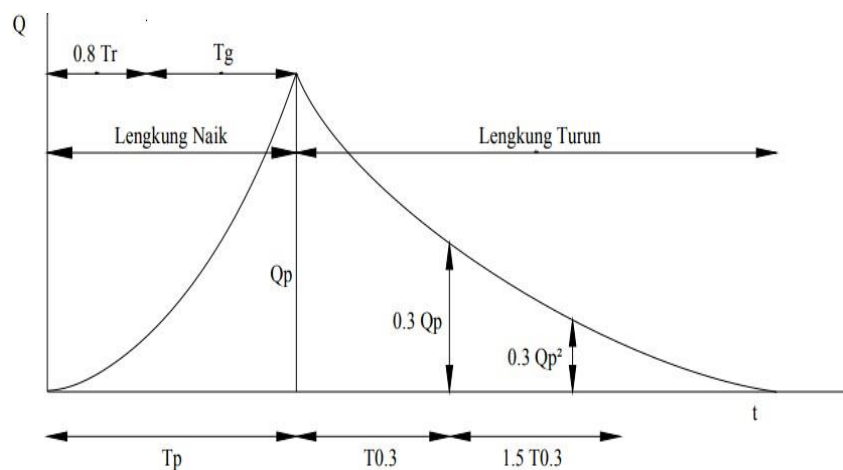
$$Q_t = (t/T_p)^{2,4} \times Q_p \quad (2.28)$$

Perhitungan $T_{0,3}$ menggunakan ketentuan:

$\alpha = 2$ pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1,5$ pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat

$\alpha = 3$ pada bagian naik hidrograf cepat, dan turun lambat



Gambar 2.2 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (Soemarto, Hidrologi Teknik Edisi – 2, 1999)

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam hidrograf nakayasu adalah:

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

Maka:

$$Q = (t/T_p)^{2,4} \times Q_p \quad (2.29)$$

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

Maka:

$$Q = Q_p \times 0,3^{\left[\frac{t-T_p}{T_{0,3}}\right]}, \text{ untuk } (T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}), \quad (2.30)$$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\left[\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}\right]}, \text{ dan untuk } t > (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}), \quad (2.31)$$

$$Q = Q_p \times 0,3^{\left[\frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}\right]} \quad (2.32)$$

Dimana:

Q : Debit sebelum mencapai debit puncak (m^3/det)

t : Waktu (jam).

2.10. Pemetaan Geodesi

Pemetaan geodesi yang meliputi peta topografi sungai, potongan memanjang dan potongan melintang bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang kontur tanah pada ruas sungai yang dialihkan dan kontur tanah pada ruas sungai pengganti, kemudian dari teori-teori geodesi diharapkan akan didapat informasi tentang kemiringan memanjang dasar sungai, lebar rata-rata dasar sungai, lebar normal rata-rata sungai, kemiringan talud tebing kiri dan kanan sungai dan kedalaman palung pada alur sungai. Pemodelan pemetaan ini menggunakan HEC-RAS yang dapat memberikan simulasi hidrologi puncak aliran harian untuk perhitungan debit banjir rencana suatu DAS.

2.11. HEC-RAS

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 dimasukkan 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 di muara.

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.

2.12. Penelitian Terdahulu

1. (Ichsan Rauf, Imran, dan Idhar Sahdar) dengan judul "Simulasi Pemetaan Banjir di Desa Amasing Kali Menggunakan HEC-RAS 2D" pada tahun 2021 dengan metode analisis menggunakan metode hidrograf sintetik satuan nakayasu (HSS), menggunakan aplikasi sistem informasi geografis (SIG), analisis hidrolika menggunakan software HEC-RAS.
2. (Heinrich Rakuasa, Joseba Kristina Helwend, dan Daniel Anthoni Sihasale) dengan "Pemetaan Daerah Rawan Banjir di Kota Ambon Menggunakan Sistem Informasi

Geografis” pada tahun 2022. Penelitian ini menggunakan metode Multicriteria Evaluation (MCE) bagi pengambil keputusan dalam menentukan bobot dan metode yang sesuai serta menggunakan Weighted Linear Combination (WLC) dalam menganalisis daerah rawan banjir.

3. (Odi Nurdiawan dan Harumi Putri) dengan judul ”Pemetaan Daerah Rawan Banjir Berbasis Sistem Informasi Geografis Dalam Upaya Mengoptimalkan Langkah Antisipasi Bencana”. Pemetaan daerah rawan banjir merupakan salah satu cara pengendalian banjir secara non-struktural dengan menggunakan sistem informasi geografis.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

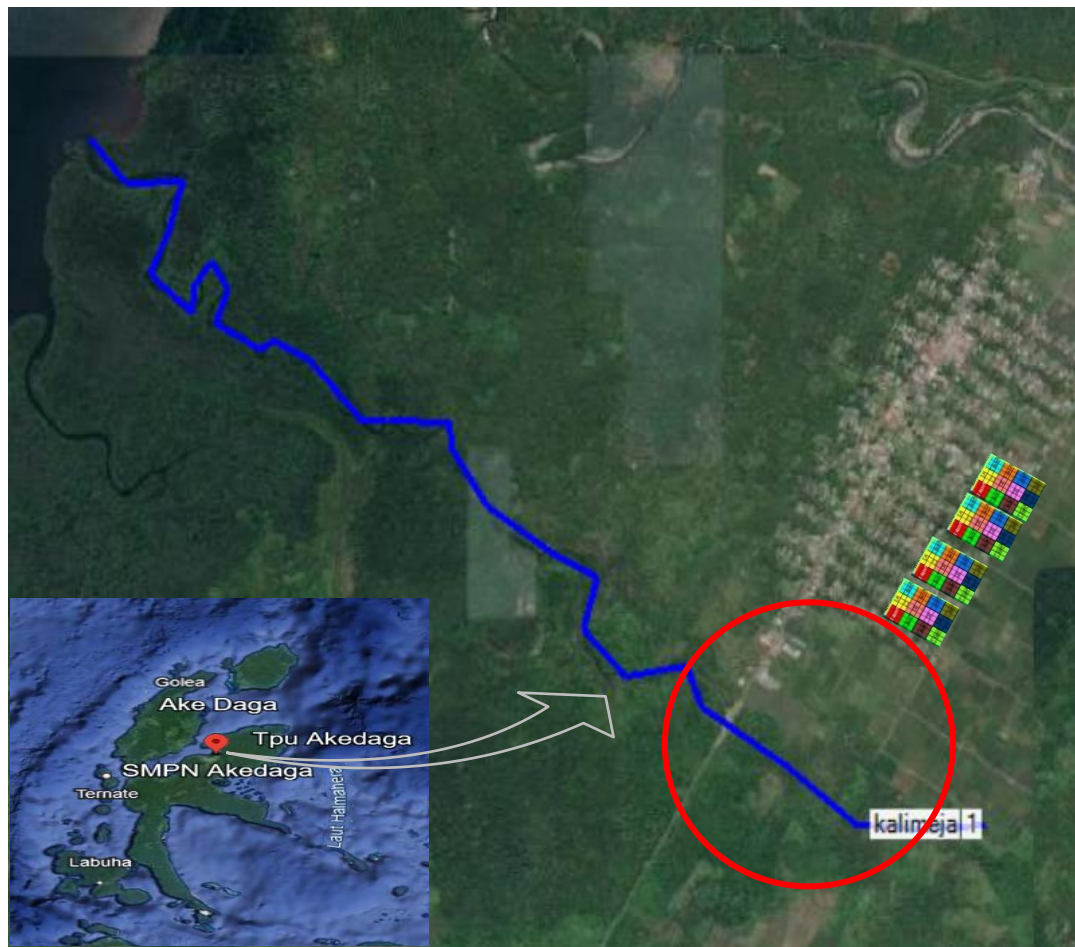
3.1. Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Menurut (Arikunto, 2006) adalah suatu metode yang bertujuan untuk membuat gambar atau deskriptif tentang suatu keadaan secara objektif yang menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut serta penampilan dan hasilnya, jenis penelitian ini adalah kuantitatif dengan menggunakan rancangan penelitian deskriptif observasional. Penelitian digunakan untuk melihat gambaran dari fenomena, deskripsi kegiatan dilakukan secara sistematis dan lebih menekankan pada data factual daripada penyimpulan (Nursalam, 2013).

Jenis studi yang digunakan dalam penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif yang didapatkan dari data primer dan sekunder, dimana penelitian ini berupaya menjelaskan Pemetaan Potensi Genangan Banjir Sungai Kalimeja menggunakan software HEC-RAS 6.10.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan november 2023, dengan beranggotakan 4 orang dalam 1 tim. Sedangkan untuk waktu penyusunan skripsi ini memakan waktu 6 bulan hingga pada bulan april 2024 dan untuk Objek penelitian ini adalah Sungai Kalimeja yang secara astronomis terletak pada posisi $1^{\circ}08'07''N128^{\circ}11'17''E$. secara administrative sungai Kalimeja terletak di Desa Akedaga, Kecamatan wasile timur, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi Sungai Kalimeja

(sumber: Google Earth)

Penelitian ini dilakukan dengan rencana waktu yang berlangsung kurang lebih seminggu. Pertimbangan yang diambil ketika melakukan penelitian dan survei di lapangan berdasarkan lokasi penelitian yang berada di luar kota ternate dan kondisi cuaca guna memastikan penelitian dapat dilaksanakan dengan lancar dan terkendali.

3.3. Jenis Sumber Data

Dalam penelitian ini sumber data yang digunakan antara lain:

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dengan melakukan pengamatan,

survey topografi lokasi dan serta identifikasi tinggi volume air yang terjadi pada kejadian-kejadian banjir sebelumnya.

Data-data primer yang diperlukan adalah:

1. Survey topografi sungai kalimeja dari hasil penelitian saya dan tim.

b. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapat dari instansi-instansi terkait. Data-data sekunder yang diperlukan dalam penelitian adalah:

1. Data curah hujan yang diterapkan yaitu data seri curah hujan maksimum harian selama 20 tahun (2001-2020) yang diperoleh dari Balai Sumber Daya Air.
2. Data DEM (Digital Elevation Model)
3. Survey topografi sungai kalimeja dari dinas PU kota ternate

3.4. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

a. Studi Pustaka

Studi Pustaka dilakukan sebagai landasan teori yang sumbernya berasal dari buku literature, surat kabar, internet, jurnal-jurnal, dan lain-lain yang berkaitan dengan tujuan penelitian ini.

b. Metode survey

Metode survey topografi merupakan metode pengumpulan data primer yang menggunakan pengamatan secara langsung pada objek yang dilihat. Dan pengukuran untuk pengambilan geometri sungai menggunakan alat Theodolit.

3.5. Metode Analisis data

Dengan didapatnya data, selanjutnya masuk pada tahap analisis data. Adapun tahapan dalam menganalisis data antara lain:

1. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi di gunakan untuk mengetahui besar debit genangan banjir. Data yang di pakai dalam analisis genangan ini yaitu dari data curah hujan, dimana curah hujan salah satu data yang dapat digunakan untuk menentukan debit genangan banjir.

Pada penelitian ini data curah hujan yang diterapkan yaitu data seri curah hujan maksimum harian selama 20 tahun (2002-2022) yang diperoleh dari Balai Sumber Daya Air, Ternate. Data tersebut dilakukan Analisa frekuensi hujan dan menghitung intensitas hujan yang terjadi untuk durasi tertentu.

Selanjutnya estimasi debit puncak akibat curah hujan dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun dihitung menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu berdasarkan nilai koefisien aliran, intensitas hujan, dan luas DAS yang telah diperoleh.

2. Analisis kapasitas tampung sungai

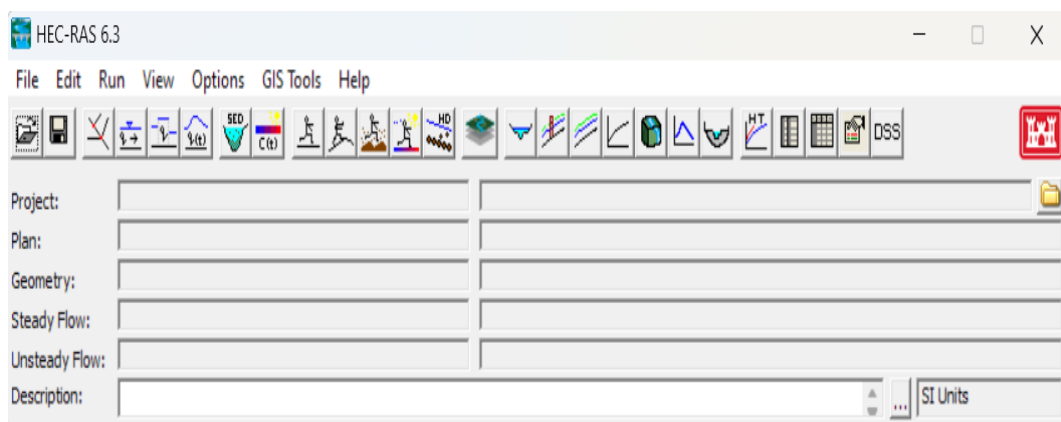
Analisis kapasitas tampung sungai diperlukan untuk mengidentifikasi apakah dimensi penampang sungai tersebut mampu mengalirkan debit rencana. Kemudian analisis kapasitas ini juga dilakukan untuk menentukan elevasi muka air banjir. Kapasitas tampung sungai dapat dianalisis dengan menggunakan software HEC-RAS. Terdapat data yang akan digunakan dalam melakukan penginputan. Untuk lebih jelasnya, langkah-langkah yang akan digunakan adalah sebagai berikut.

1. Langkah-langkah menggunakan HEC-RAS

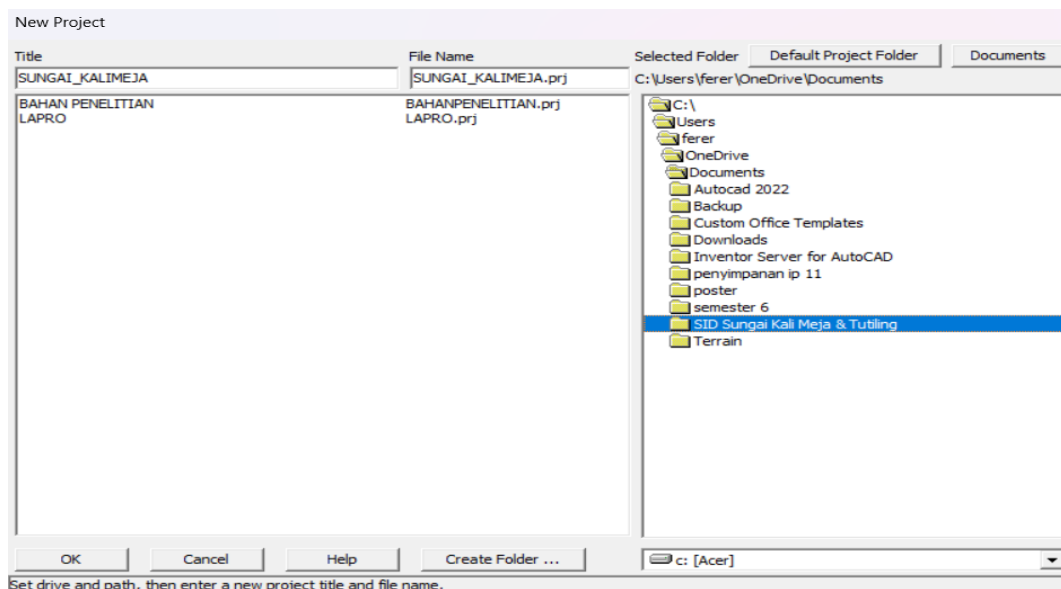
Dalam membuat model hidrolika dengan menggunakan HEC-RAS 6.3 terdapat beberapa tahap penting sebagai berikut:

1. Membuat Proyek Baru

Langkah pertama dalam mengembangkan model hidrolika dengan HEC-RAS adalah dengan memasukkan judul dan menyimpan proyek baru. Untuk



Gambar 3.2 Tampilan Utama Aplikasi HEC-RAS



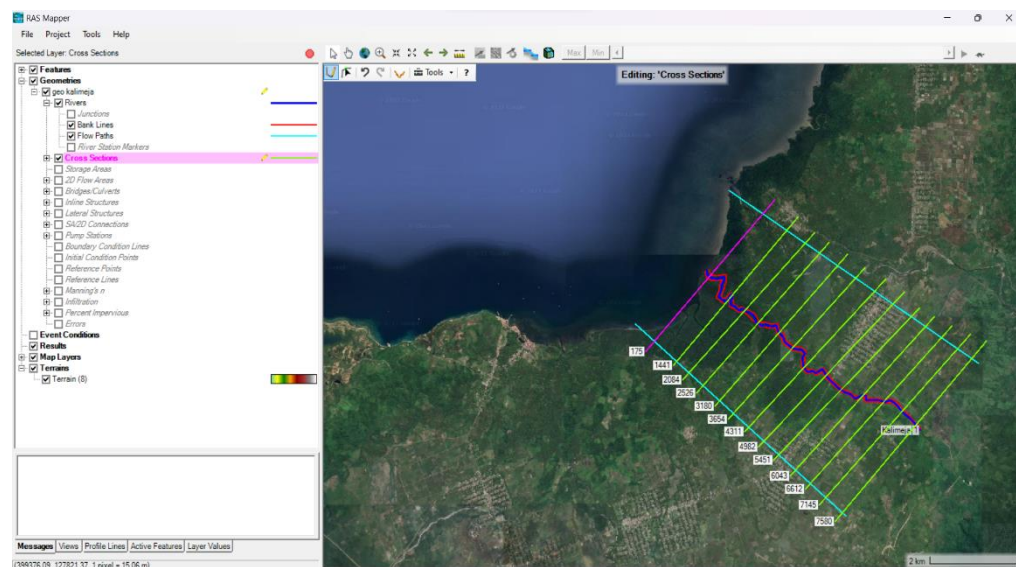
Gambar 3.3 Tampilan Pengisian Nama Project Aplikasi HECRAS

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 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.

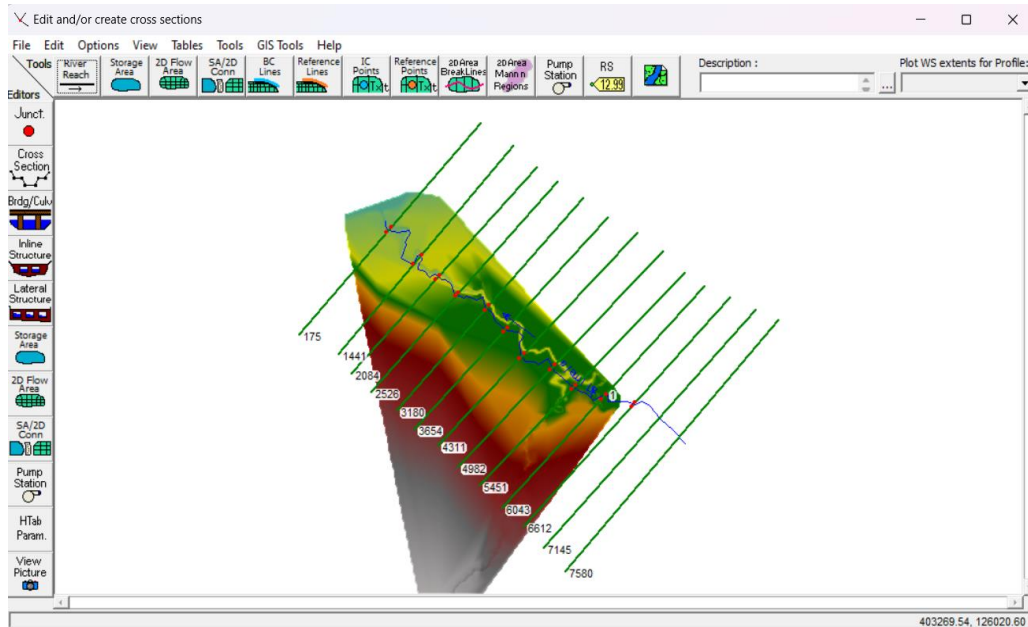


Gambar 3.4 Tampilan Menu Ras Mapper pada Aplikasi HEC-RAS

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 sungai pada HEC-RAS

Cross Section Coordinates			
	Station	Elevation	n Val
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB
500.6	435.3	388.3

Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
N/A	N/A	N/A

Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
2777.3	2842.5

Cont'Exp Coefficient (Steady)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

Gambar 3.6 Tampilan Input Data Cross Section Sungai Pada HEC-RAS

4. Memasukkan Data Aliran dan Kondisi Batas

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

Steady Flow Data

File Options Help

Description :

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): Reach Boundary Conditions ...

Locations of Flow Data Changes

River: Add Multiple...

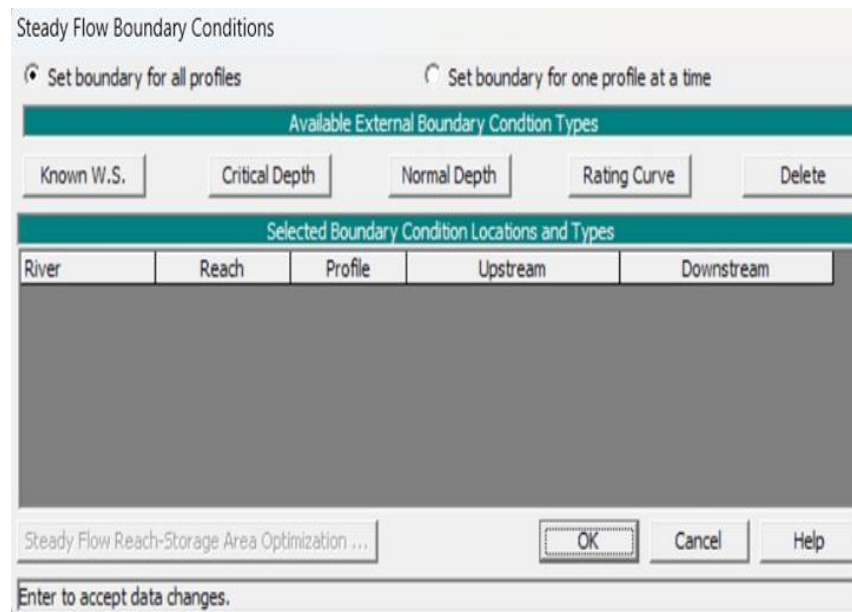
Reach: River Sta.: Add A Flow Change Location

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates	
River	Reach	RS	PF 1	
1 Kalimeja	1	7580		

Edit Steady flow data for the profiles (m3/s)

Gambar 3.7 Tampilan Input Data Debit Rencana

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.



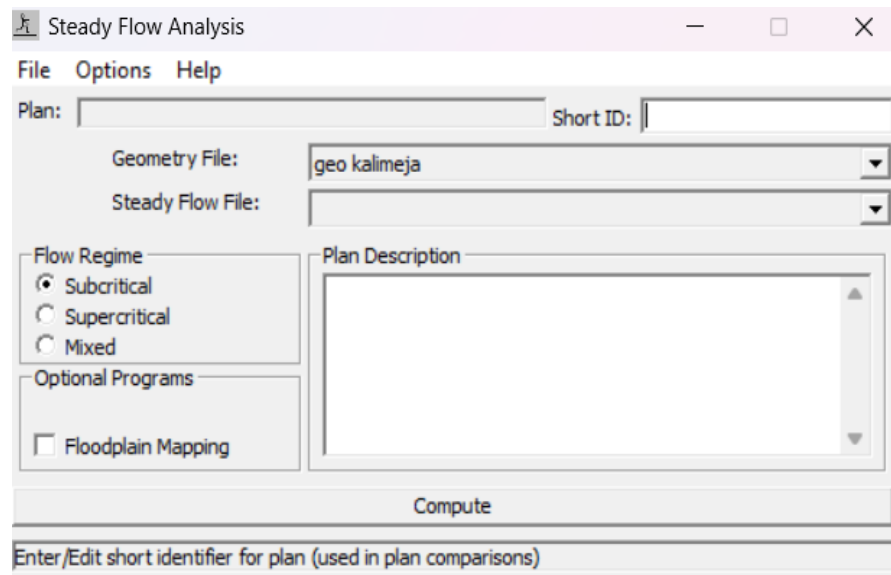
Gambar 3.8 Tampilan Input Kindusi Batas

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 Sve Flow Data As dari menu file pada editor data steady flow.

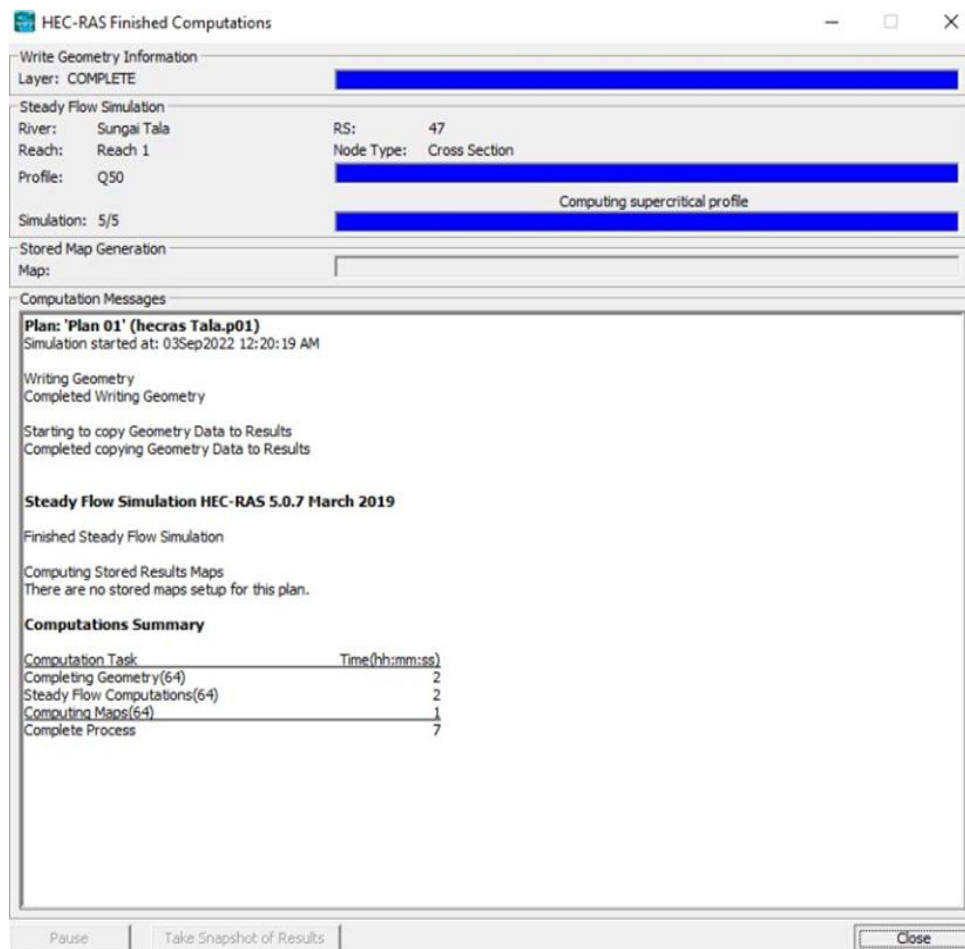
5. Melakukan perhitungan hidrolika (Running Data)

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 di tekan, HEC-RAS mengemas semua data untuk plan yang dipilih dan menuliskannya pada run file.



Gambar 3.9 Tampilan Analisis Project Pada HEC-RAS



Gambar 3.10 Tampilan Running Steady Flow Pada HEC-RAS

6. Menampilkan Hail Data (Output)

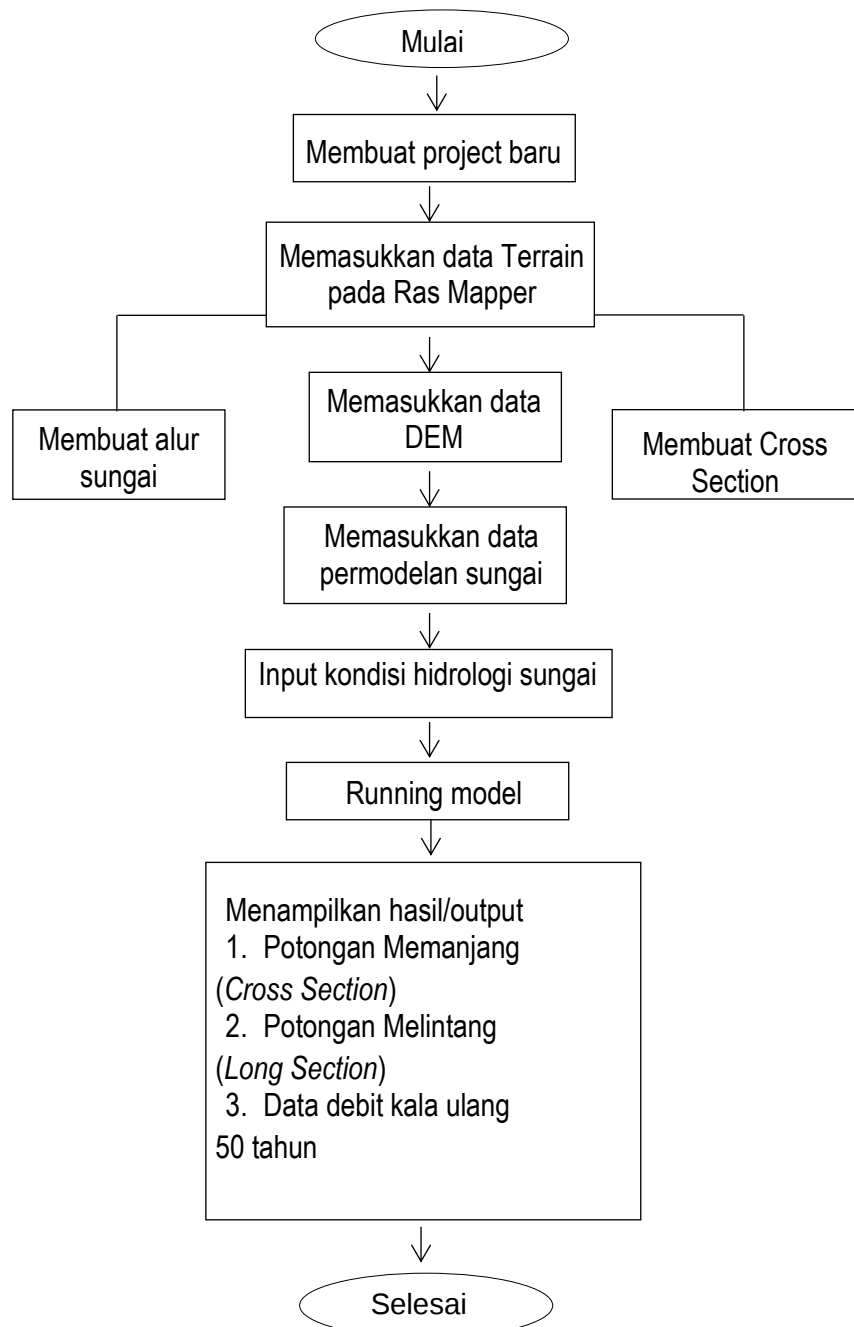
Setelah running data, selanjutnya aplikasi HEC-RAS menampilkan hasil.

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 (profil summary table)

3.6. Alur Penggunaan HEC-RAS

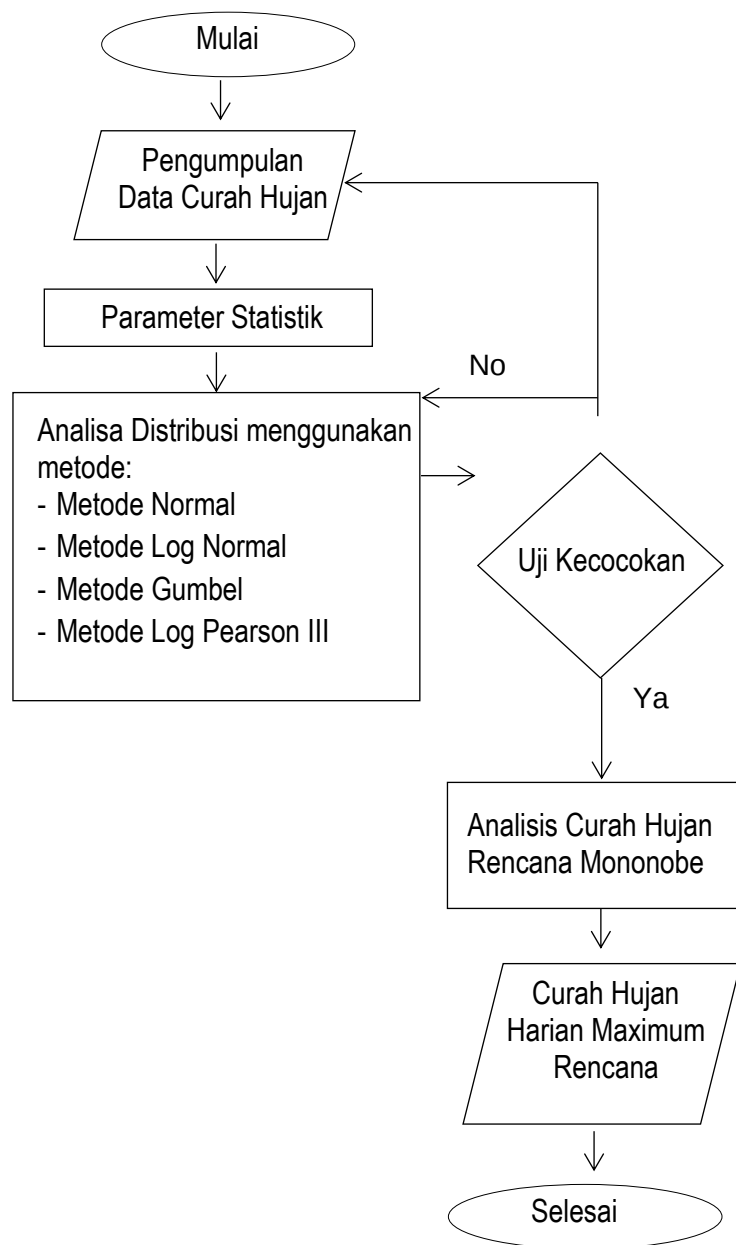
Alur Penggunaan HEC-RAS ini menjelaskan tentang proses pengolahan data menggunakan Hecras.



Gambar 3.11 Bagan Alur Penggunaan HEC-RAS

3.7. Bagan Analisis Hidrologi

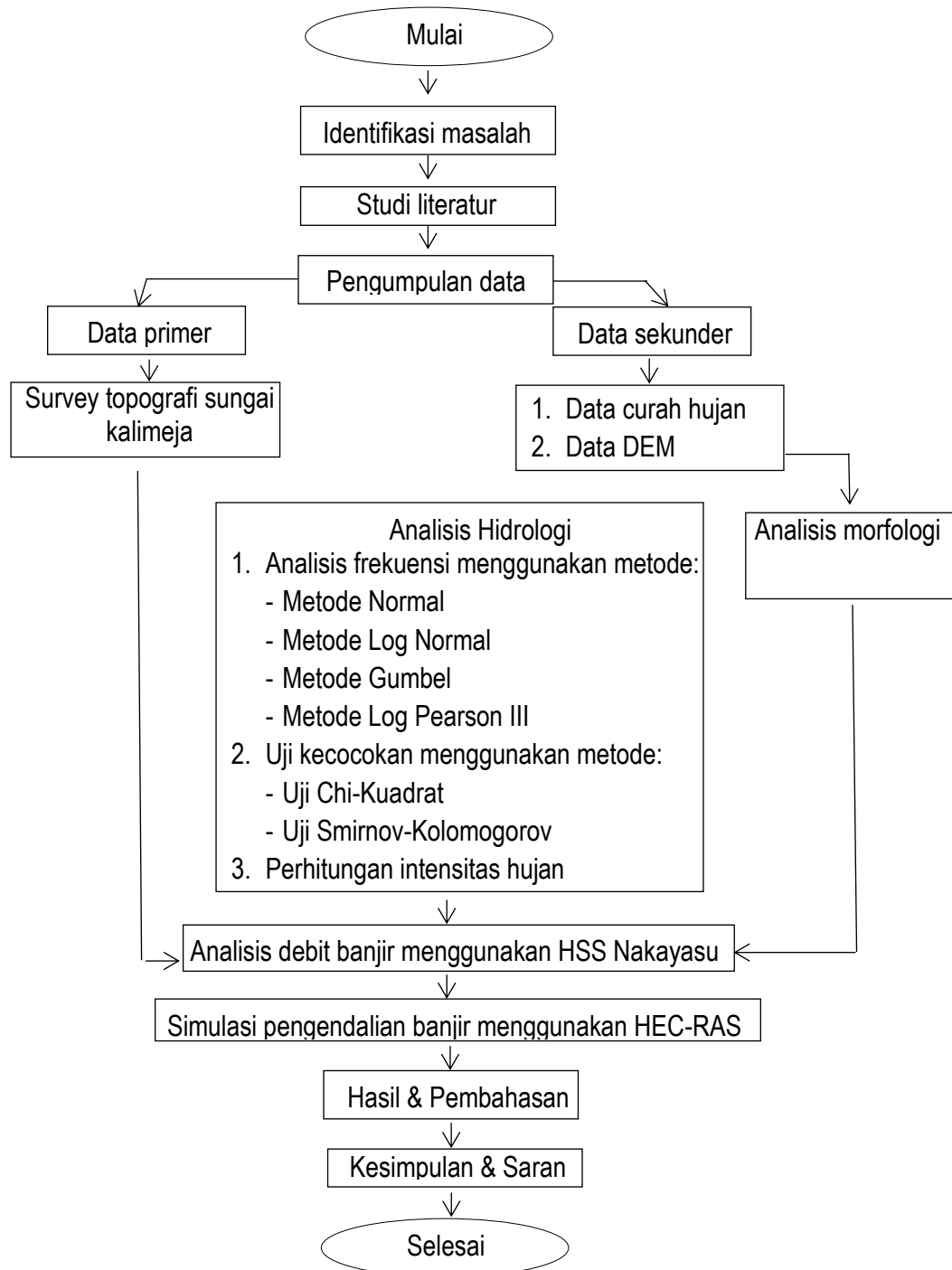
Pada bagan ini di menampilkan proses analisis hidrologi mulai dari pegumpulan data hingga selesai



Gambar 3.12 Bagan Analisa Hidrologi

3.8. Bagan Alir Penelitian

Bagan ini memeparkan tentang alur penelitian yang dimulai dari pengidentifikasi masalah hingga selesai.



Gambar 3.13 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Hidrologi

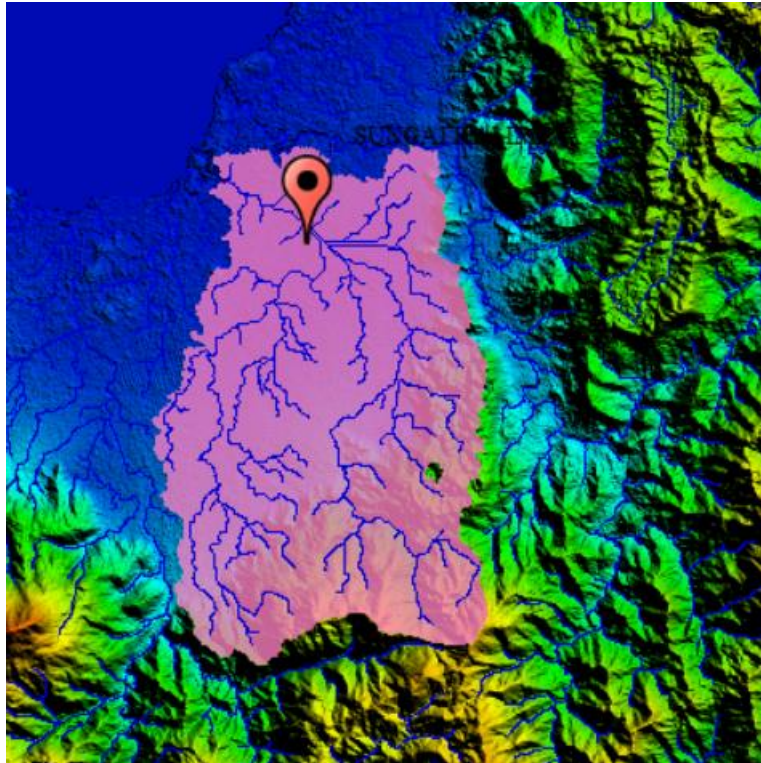
Analisis hidrologi merupakan suatu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Analisis hidrologi diperlukan untuk mengetahui karakteristik hidrologi di lokasi DAS Sungai Kalimeja. Selain itu, analisis hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana pada suatu perancangan bangunan air. Data untuk penentuan debit banjir rencana yang dibutuhkan adalah data curah hujan, 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 satu kesatuan dengan sungai dan sub sungainya. Fungsi DAS yaitu menampung, menyimpan dan mengalirkan air hujan yang kemudian dialirkan menuju dalau ke laut. Penentuan DAS dalam penentuan ini menggunakan data DEM dan Global Mapper. Karakteristik morfometrik DAS Sungai Kalimeja diperoleh dengan membangun model menggunakan data Digital Elevation Model (DEM) yang diperoleh dari DEMNAS yang memiliki resolusi 8m X 8m atau 0,27 detik busur. Penataan batas DAS berdasarkan informasi dari warga. Dimana mereka menunjuk dimana luapan banjir mulai terjadi, kemudian titik ini menjadi koordinat awal dalam pengukuran topografi.

Hasil pemodelan DAS Sungai Kalimeja dan jaringan sungai yang berpotensi menyumbang aliran permukaan di lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar 4.1 dari analisis data DEM menggunakan program Global Mapper, peneliti memperoleh parameter DAS dan morfometrik sungai, terdiri dari panjang sungai utama (L) (27.050 km) dengan luas

daerah tangkapan air (A) (87.680 km²).



Gambar 4.1 DAS KaliMeja

4.1.2 Data Curah Hujan

Untuk mendapatkan hasil yang memiliki tingkat keakuratan yang tinggi, dibutuhkan ketersediaan data yang akan secara kualita dan kuantitas cukup memadai. Maka data curah hujan yang digunakan di rencanakan selama 15 tahun sejak tahun 2008 hingga tahun 2022. Data curah hujan maksimum ini didapat dari Balai Sumber Daya Air. Perolehan data dipaparkan seperti dalam tabel 4.1

Tabel 4.1 Curah Hujan Maksimum Kab. Halmahera Timur (periode 2008-2022)

No	Tahun	X
1	2011	50
2	2012	66
3	2013	47
4	2014	104

No	Tahun	X
5	2015	79
6	2016	77
7	2017	69
8	2018	43
9	2019	81
10	2020	80
11	2021	83
Jumlah	S	779.55
Rata-Rata	Xi	70.87

(Sumber: Balai Sumber Daya Air)

4.1.3. Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi curah hujan bertujuan untuk mendapatkan curah hujan dengan kala ulang beberapa tahun. Pada analisis ini digunakan beberapa metode 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. Berikut adalah beberapa metode yang di gunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan sebagai berikut:

4.1.3.1 Metode Distribusi Normal

Pada perhitungan ini menggunakan persamaan 2.1 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Perhitungan Distribusi Normal

No	Tahun	X	X-Xi	(X-Xi) ²
1	2011	50	-20.87	435.48
2	2012	66	-4.87	23.70
3	2013	47	-24.37	593.81
4	2014	104	33.13	1097.72
5	2015	79	8.13	66.13
6	2016	77	6.13	37.60
7	2017	69	-1.72	2.95
8	2018	43	-27.40	750.84
9	2019	81	10.57	111.62

No	Tahun	X	X-Xi	(X-Xi) ²
10	2020	80	9.23	85.23
11	2021	83	12.03	144.76
Jumlah	S	779.55	0.00	3350
Rata-Rata	Xi	70.87		
Standar Deviasi	Sd	18.30		
Koefisien Skewness	Cs	0.07		

Berikut adalah contoh perhitungan untuk curah hujan periodik dengan kala ulang 2 tahun.

- Dari tabel 4.2, di dapatkan nilai $\bar{X} = 70.87$ dan $\sum(X - \bar{X})^2$ adalah 3350
- Cari S dengan persamaan 2.3, maka didapat hasilnya sebagai berikut.

$$S = \sqrt{\frac{3350}{11-1}} = 18.30$$

- Nilai KT dari kala ulang 2 tahun adalah 0
- Gunakan persamaan 2.1 untuk menghitung nilai XT dan hasilnya sebagaimana yang tercantum dibawah ini.
- $XT = 70.87 + (0 \times 18.30) = 70.87$

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat di tabel sebagai berikut.

Tabel 4.3 Curah Hujan Rencana Distrbusi Normal

T	KT	XT
2	0.000	70.87
5	0.842	86.28
10	1.282	94.33
25	1.371	95.96
50	2.05	108.39

Dimana:

TR : Tahun Rancangan

KT : Koefisien Distribusi Gauss

XT : Curah Hujan Periode Ulang T Tahun (mm)

4.1.3.2. Metode Distribusi Log Normal

Perhitungan Distribusi Log Normal menggunakan persamaan 2.4 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Perhitungan Distribusi Log Normal

No	Tahun	X	Log X	Log (X-Xi)	Log (X-Xi) ²
1	2011	50	1.6990	-0.1372	0.0188
2	2012	66	1.8195	-0.0166	0.0003
3	2013	47	1.6675	-0.1687	0.0285
4	2014	104	2.0170	0.1808	0.0327
5	2015	79	1.8976	0.0614	0.0038
6	2016	77	1.8865	0.0503	0.0025
7	2017	69	1.8398	0.0036	0.0000
8	2018	43	1.6382	-0.1980	0.0392
9	2019	81	1.9108	0.0746	0.0056
10	2020	80	1.9036	0.0674	0.0045
11	2021	83	1.9186	0.0824	0.0068
Jumlah	S	779.55	20.19806	0.0000	0.1427
Rata-Rata	Xi	70.87	1.84	0.00	0.01
Standar Deviasi	Sd	18.30	0.119		

Berikut adalah contoh perhitung untuk curah hujan periodic dengan kala ulang 2 tahun:

- Dari tabel 4.4, nilai dari $\log \bar{X} = 1.836$
- Dari perhitungan kepada data yang ada, nilai $\sum (\log X - \log \bar{X})^2$ adalah 0.1427
- Standar deviasinya adalah sebagai berikut.

$$\text{Log S} = \sqrt{\frac{0.1427}{11-1}} = 0.119$$

- Untuk kala ulang 2 tahun, besar variabel Gauss adalah 0.
- Cari Log XT dengan persamaan 2.4, maka akan mendapatkan hasil sebagai berikut:

- $\text{Log } X_T = 1.84 + (0 \times 0.119) = 1.84$
- Maka nilai X_T setelah nilai logaritma dikonversikan adalah 68.58

Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4.5 Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal

T	KT	YT	XT
2	0.000	1.84	68.58
5	0.842	1.94	86.45
10	1.282	1.99	97.58
25	1.371	2.00	100.00
50	2.05	2.08	120.53

Dimana:

T : Tahun Rancangan

KT : Koefisien Distribusi Gauss

YT : Logaritma Dari Curah Hujan Untuk T Tahun (mm)

XT : Curah Hujan Periode Ulang T Tahun (mm)

4.1.3.3 Metode Distribusi Gumbel

Metode Distribusi Gumbel menggunakan 2.11 adalah sebagai berikut. Setelah mendapatkan nilai dari besar-besaran tersebut, maka akan didapatkan curah hujan periodik dengan Distribusi Gumbel.

Tabel 4.6 Perhitungan Distribusi Gumbel

No	Tahun	X	X-Xi	(X-Xi) ²	(X-Xi) ³	(X-Xi) ⁴
1	2011	50	-20.87	435.48	-9088	189644
2	2012	66	-4.87	23.70	-115	562
3	2013	47	-24.37	593.81	-14470	352608

No	Tahun	X	X-Xi	(X-Xi) ²	(X-Xi) ³	(X-Xi) ⁴
4	2014	104	33.13	1097.72	36369	1204983
5	2015	79	8.13	66.13	538	4373
6	2016	77	6.13	37.60	231	1414
7	2017	69	-1.72	2.95	-5	9
8	2018	43	-27.40	750.84	-20574	563765
9	2019	81	10.57	111.62	1179	12460
10	2020	80	9.23	85.23	787	7264
11	2021	83	12.03	144.76	1742	20957
Jumlah	S	779.55	0.00	3350	-3407	2358037
Rata-Rata	Xi	70.87				
Standar Deviasi	Sd	18.30				

Berikut adalah contoh perhitungan untuk curah hujan periodik dengan kala ulang 2 tahun

- Dari tabel 4.6, diketahui bahwa nilai $\bar{X} = 70.26$
- Dengan menggunakan perhitungan, didapatkan nilai $\sum(X - 2\bar{X})$ adalah 2358
- Cari S dengan persamaan 2.13, maka di dapatkan hasil sebagai berikut

$$S = \sqrt{\frac{2358}{11-1}} = 18.30$$

- Menurut Tabel Yn dan Sn yang di lampirkan, untuk data yang berjumlah 15, nilai Yn dan Sn berturut turut adalah 0.4996 dan 0.9676
- Menurut tabel Yt yang dilampirkan, untuk kala ulang 2 tahun, nilai Yt adalah 0.367
- Hitung nilai K dan XT dengan persamaan 2.11 maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$K = \left(\frac{0.367 - 0.4996}{0.9676} \right) = -0.1375$$

$$XT = 70.87 + (-0.1375 \times 18.30) = 68.35$$

Tabel 4.7 Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbel

T	Y _t	Y _n	S _n	K _T	X _T
2	0.367	0.4996	0.9676	-0.14	68.35
5	1.500	0.4996	0.9676	1.03	89.79
10	2.250	0.4996	0.9676	1.81	103.98
25	3.199	0.4996	0.9676	2.79	121.92
50	3.902	0.4996	0.9676	3.52	135.22

Dimana:

TR : Tahun Rancangan

K_T : Koefisien Distribusi Gauss

X_T : Curah Hujan Periode Ulang T Tahun (mm)

4.1.3.4. Metode Distribusi Log Pearson III

Persamaan yang digunakan dalam metode distribusi Log Pearson III sama dengan yang digunakan pada metode distribusi Log Normal. Namun sedikit perbedaan, dalam metode distribusi Log Pearson III, nilai variabel Gauss yang digunakan tergantung pada C_s (Koefisien Kemecengan).

Tabel 4.8 Perhitungan Distribusi Log Pearson III

No	Tahun	X	Log X	Log (X-Xi)	Log (X-Xi) ²	Log (X-Xi) ³
1	2011	50	1.6990	-0.1372	0.0188	0.0000067
2	2012	66	1.8195	-0.0166	0.0003	0.0000000
3	2013	47	1.6675	-0.1687	0.0285	0.0000231
4	2014	104	2.0170	0.1808	0.0327	0.0000350
5	2015	79	1.8976	0.0614	0.0038	0.0000001
6	2016	77	1.8865	0.0503	0.0025	0.0000000
7	2017	69	1.8398	0.0036	0.0000	0.0000000
8	2018	43	1.6382	-0.1980	0.0392	0.0000603
9	2019	81	1.9108	0.0746	0.0056	0.0000002
10	2020	80	1.9036	0.0674	0.0045	0.0000001
11	2021	83	1.9186	0.0824	0.0068	0.0000003
Jumlah	S	779.55	20.19806	0.0000	0.1427	0.0001
Rata-Rata	Xi	70.87	1.84	0.00	0.01	0.00

Standar Deviasi	Sd	18.30	0.119			
-----------------	----	-------	-------	--	--	--

Berikut adalah contoh perhitungan untuk curah hujan periodik dengan kala ulang 2 tahun

- Dari Tabel 4.8, nilai dari $\log X$ adalah 1.836, nilai $\sum (\log X - \log \bar{X})^3$ adalah 0.0001 dengan jumlah data $n = 11$.
- Dari perhitungan sebelumnya di metode Log Normal, Nilai standar deviasinya adalah 0.119
- Nilai C_s yang didapat adalah 0.01
- Nilai K untuk $C_s = 0.01$ kala ulang 2 tahun adalah 0.00
- Untuk menghitung nilai Log X_T , maka didapatkan hasil sebagai berikut.
- $\log X_T = 1.836 + (0.00 \times 0.119) = 1.836$
- Maka nilai X_T setelah nilai logaritma di konversikan adalah 69.022

Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4.9 Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson III

T	KT	YT	XT
2	0	1.84	68.58
5	0.842	1.94	86.45
10	1.282	1.99	97.58
25	1.751	2.05	111.01
50	2.054	2.08	120.66

Dimana:

T : Tahun Rancangan

KT : Koefisien Distribusi Gauss

LOG X_T : Logaritma Dari Curah Hujan Untuk T Tahun (mm)

XT : Curah Hujan Periode Ulang T Tahun (mm)

a. Rekapitulasi Analisis Distribusi Peluang

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

Tabel 4.10 Rekapitulasi Analisis Distribusi Peluang

T	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Pearson
2	71	69	68	69
5	86	86	90	86
10	94	98	104	98
25	96	100	122	111
50	108	121	135	121

4.1.4. Uji Kecocokan

Untuk bisa mengetahui distribusi frekuensi yang memenuhi kriteria perencanaan maka dilakukan uji kecocokan. 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 Hujan diurut dari besar ke kecil

Tabel 4.11 Data Curah Hujan dari besar ke kecil

No	Tahun	X	Data dari Besar ke Kecil
1	2011	50	104
2	2012	66	83
3	2013	47	81
4	2014	104	80
5	2015	79	79

No	Tahun	X	Data dari Besar ke Kecil
6	2016	77	77
7	2017	69	69
8	2018	43	66
9	2019	81	50
10	2020	80	47
11	2021	83	43

2. Menghitung jumlah kelas

- Jumlah data (n) = 11
- Kelas distribusi (k) = $1 + 3.3 \log n = 4.4$

3. Menghitung jumlah kelas

- Jumlah data (n) = 11
- Kelas distribusi (k) = $1 + 3.3 \log n = 4.4$

4. Menghitung Kelas distribusi

$\frac{1}{4} \times 100\% = 25\%$, interval distribusi adalah 25%, 50%, dan 75%.

a. Parameter 25%

$$P(x) = 25\% \text{ diperoleh } \frac{1}{P(X)} = \frac{1}{0.25} = 4 \text{ Tahun}$$

b. Parameter 50%

$$P(x) = 50\% \text{ diperoleh } \frac{1}{P(X)} = \frac{1}{0.50} = 2 \text{ Tahun}$$

c. Parameter 75%

$$P(x) = 60\% \text{ diperoleh } \frac{1}{P(X)} = \frac{1}{0.75} = 1.33 \text{ Tahun}$$

5. Menghitung interval kelas

- Distribusi Probabilitas Normal

Tabel 4.12 Tabel Distribusi Probabilitas Normal

T	KT	XT
4	0.674	83
2	0.000	71
1.33	-0.670	59

b. Distribusi Probabilitas Log Normal

Tabel 4.13 Tabel Distribusi Probabilitas Log Normal

T	KT	LOG Xi	S LOG XT	LOG XT	XT=10^XT
4	0.674	1.84	0.119	1.92	83
2	0	1.84	0.119	1.84	69
1.33	-0.67	1.84	0.119	1.76	57

c. Distribusi Probabilitas Gumbel

Tabel 4.14 Tabel Distribusi Probabilitas Gumbel

T	YT	KT	XT
4	1.246	0.7713	85
2	0.367	-0.1375	68
1.33	-0.332	-0.8595	55

d. Distribusi Probabilitas Log Pearson III

Tabel 4.15 Tabel Distribusi Log Pearson III

T	KT	LOG Xi	S LOG XT	LOG XT	XT=10^XT
4	0.561	1.84	0.119	1.90	80
2	0.000	1.84	0.119	1.84	69
1.33	-0.196	1.84	0.119	1.81	65

6. Menghitung Chi Kuadrat (X^2)(X_{cr}^2)

a. Normal

Tabel 4.16 Tabel Uji Kecocokan dengan Metode Chi Kuadrat Metode Normal

Normal					
KELAS	INTERVAL	Ef	Of	Of - Ef	(Of-Ef) ² /Ef
1	>83	2.75	2	-0.75	0.20
2	71-83	2.75	4	1.25	0.57
3	59-71	2.75	2	-0.75	0.20
4	<59	2.75	3	0.25	0.02
Σ		11.00	11.00		1.00

b. Log Normal

4.17 Tabel Uji Kecocokan dengan Metode Chi Kuadrat Metode Log Normal

Log Normal					
KELAS	INTERVAL	Ef	Of	Of - Ef	(Of-Ef) ² /Ef
1	>83	2.75	2	-0.75	0.20
2	69-83	2.75	5	2.25	1.84
3	57-69	2.75	1	-1.75	1.11
4	<57	2.75	3	0.25	0.02
Σ		11.00	11.00		3.18

c. Gumbel

4.18 Tabel Uji Kecocokan dengan Metode Chi Kuadrat Metode Gumbel

Gumbel					
KELAS	INTERVAL	Ef	Of	Of - Ef	(Of-Ef) ² /Ef
1	>85	2.75	1	-1.75	1.11
2	68-85	2.75	6	3.25	3.84
3	55-68	2.75	1	-1.75	1.11
4	<55	2.75	3	0.25	0.02
Σ		11.00	11.00		6.09

d. Log Pearson

4.19 Tabel Uji Kecocokan dengan Metode Chi Kuadrat Metode Log Pearson

Log Pearson					
KELAS	INTERVAL	Ef	Of	Of - Ef	(Of-Ef) ² /Ef
1	>80	2.75	4	1.25	0.57
2	69-80	2.75	3	0.25	0.02
3	65-69	2.75	1	-1.75	1.11
4	>65	2.75	3	0.25	0.02
Σ		11.00	11.00		1.73

7. Rekapitulasi nilai (X^2) dan (X_{cr}^2) untuk keempat distribusi probabilitas

4.20 Tabel Rekapitulasi Hasil Uji Kecocokan

Distribusi Frekuensi	X ²	X ² _{cr}	Keterangan
Gumbel	6.09	3.84	Tidak Di Terima
Normal	1.00	3.84	Di Terima
Log Normal	3.18	3.84	Di Terima
Log Pearson III	1.73	3.84	Di Terima

4.1.4.2. Uji Smirnov-Kolmogorof

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

a. Normal

Tabel 4.21 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov Normal

Normal						
i	Xi (dari besar ke kecil)	P (Xi)	f (t)	Luas Dibawah Kurva	P' (Xi)	ΔP
1	2	3	4	5	6	7 = 6-3
1	104	0.08	1.81	0.9649	0.0351	0.0482
2	83	0.17	0.66	0.7454	0.2546	0.0879
3	81	0.25	0.58	0.7190	0.281	0.0310

Normal						
i	Xi (dari besar ke kecil)	P (Xi)	f (t)	Luas Dibawah Kurva	P' (Xi)	ΔP
4	80	0.33	0.50	0.6915	0.3085	0.0248
5	79	0.42	0.44	0.6700	0.33	0.0867
6	77	0.50	0.34	0.6331	0.3669	0.1331
7	69	0.58	-0.09	0.4641	0.5359	0.0474
8	66	0.67	-0.27	0.3936	0.6064	0.0603
9	50	0.75	-1.14	0.1271	0.8729	0.1229
10	47	0.83	-1.33	0.0918	0.9082	0.0749
11	43	0.92	-1.50	0.0668	0.9332	0.0165
Jumlah	780					
Xi	71					
Sd	18.30					
Max						0.1331

b. Log Normal

Tabel 4.22 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov Log Normal

Log Normal							
i	Xi (dari besar ke kecil)	Log Xi	P (Xi)	f (t)	Luas Dibawah Kurva	P' (Xi)	ΔP
1	2	3	4	5	6	7	$8 = 7 - 4$
1	104	2.02	0.08	1.51	0.9345	0.0655	0.0178
2	83	1.92	0.17	0.69	0.7549	0.2451	0.0784
3	81	1.91	0.25	0.62	0.7324	0.2676	0.0176
4	80	1.90	0.33	0.56	0.7123	0.2877	0.0456
5	79	1.90	0.42	0.51	0.6950	0.3050	0.1117
6	77	1.89	0.50	0.42	0.8628	0.1372	0.3628
7	69	1.84	0.58	0.03	0.5120	0.4880	0.0953
8	66	1.82	0.67	-0.14	0.4443	0.5557	0.1110
9	50	1.70	0.75	-1.15	0.1251	0.8749	0.1249
10	47	1.67	0.83	-1.41	0.0793	0.9207	0.0874
11	43	1.64	0.92	-1.66	0.0485	0.9515	0.0348
Jumlah	780						
Log Xi	1.84						
Sd	0.12						
Max							0.3628

c. Gumbel

Tabel 4.23 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov Gumbel

Gumbel									
i	Xi (dari besar ke kecil)	P (Xi)	f (t)	Yn	Sn	Yt	T	P' (Xi)	ΔP
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	104	0.08	1.81	0.4996	0.9676	2.25	13.06	0.077	0.007
2	83	0.17	0.66	0.4996	0.9676	1.14	3.49	0.287	0.120
3	81	0.25	0.58	0.4996	0.9676	1.06	3.32	0.301	0.051
4	80	0.33	0.50	0.4996	0.9676	0.99	3.01	0.333	0.001
5	79	0.42	0.44	0.4996	0.9676	0.93	2.60	0.384	0.033
6	77	0.50	0.34	0.4996	0.9676	0.82	2.37	0.421	0.079
7	69	0.58	-0.09	0.4996	0.9676	0.41	2.08	0.480	0.103
8	66	0.67	-0.27	0.4996	0.9676	0.24	1.84	0.543	0.123
9	50	0.75	-1.14	0.4996	0.9676	-0.60	1.28	0.781	0.031
10	47	0.83	-1.33	0.4996	0.9676	-0.79	1.15	0.872	0.038
11	43	0.92	-1.50	0.4996	0.9676	-0.95	1.09	0.915	0.002
Jumlah	780								
Xi	71								
Sd	18.30								
Max									0.123

d. Log Pearson

Tabel 4.24 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorov Log Normal

Log Pearson III						
i	Xi (dari besar ke kecil)	Log (Xi)	P (Xi)	f (t)	P' (Xi)	ΔP
1	2	3	4	5	6	7
1	104	2.02	0.083	1.514	0.0213	-0.0621
2	83	1.92	0.167	0.689	0.0138	-0.1528

Log Pearson III						
i	Xi (dari besar ke kecil)	Log (Xi)	P (Xi)	f (t)	P' (Xi)	ΔP
3	81	1.91	0.250	0.625	0.0139	-0.2361
4	80	1.90	0.333	0.565	0.0139	-0.3195
5	79	1.90	0.417	0.514	0.0139	-0.4028
6	77	1.89	0.500	0.421	0.0139	-0.4861
7	69	1.84	0.583	0.030	0.0140	-0.5693
8	66	1.82	0.667	-0.139	0.0268	-0.6398
9	50	1.70	0.750	-1.149	0.0144	-0.7356
10	47	1.67	0.833	-1.412	0.0535	-0.7798
11	43	1.64	0.917	-1.658	0.0537	-0.8629
Jumlah	780	20.20				
Xi	71	1.84				
Sd	18.30	0.119				
CS	0.07	0.01				
Max						-0.062

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

Tabel 4.25 Rekapitulasi Simpangan Maksimum (ΔP) dari keseluruhan distribusi.

UJI SMIRNOV KOLMOGOROV				
HASIL	NORMAL	LOG NORMAL	GUMBEL	LOG PEARSON III
Smirnov hitung (X^2)	0.13	0.36	0.12	-0.06
Smirnov Kritis $X^2 C$	0.18	0.18	0.18	0.18
Hipotesa	Diterima	Tidak Diterima	Diterima	Diterima

a. Jika jumlah data (n) = 11 dan α adalah 5% maka di dapat ΔP kritis = 0.34

b. Jadi (ΔP Maksimum) > ΔP Kritis

Dari pengujian distribusi probabilitas didapat persamaan distribusi probabilitas yang dapat mewakili yaitu distribusi Log Normal karena memiliki parameter chi kuadrat

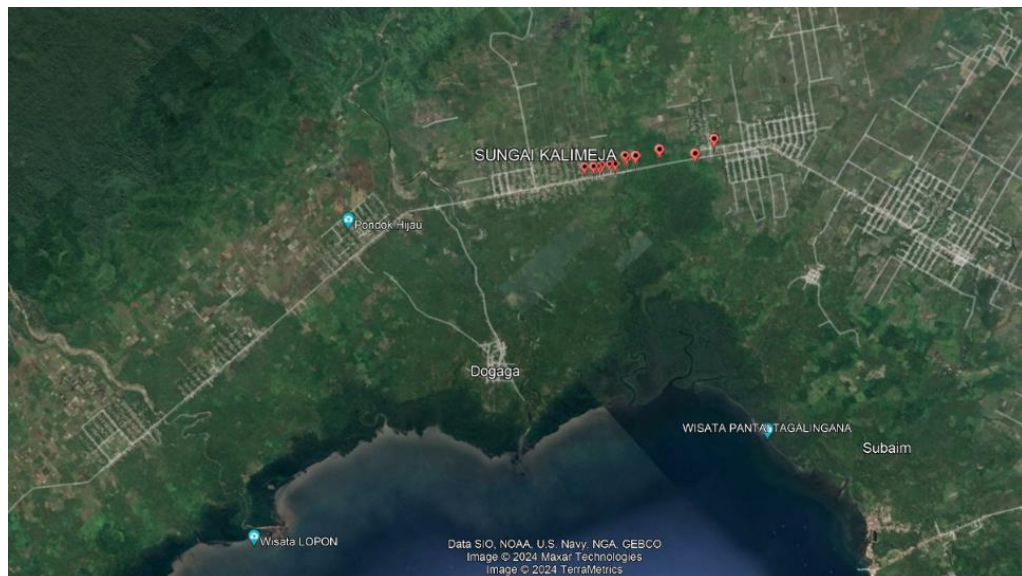
terkecil dari semua distribusi atau nilai $X^2 = 0.06$ dan simpangan baku maksimum pada uji smirnov-kolgomorof lebih kecil dari simpangan baku kritis ($0.06 < 0.34$).

2. Rekapitulasi nilai curah hujan rencana dari 4 metode distrubusi frekuaensi.

CURAH HUJAN RENCANA (mm)				
METODE DISTRIBUSI FREKUENSI				
T	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Pearson
2	71	69	68	69
5	86	86	90	86
10	94	98	104	98
25	96	100	122	111
50	108	121	135	121

4.1.5. Koefisien Limpasan (C)

Karakteristik daerah limpasan dapat di tinjau dari tata guna lahan di sekitar daerah tersebut. Untuk area DAS Kali Meja terdapat beberapa jenis tutupan lahan yang terdiri dari hutan dan perkebunan. Perkebunan yang ada pada area DAS Kali Meja yang berpengaruh kepada kondisi hutan yang tidak bisa menerima air hujan.



Gambar 4.2 Kalimeja

Untuk tata guna lahan aera DAS Sungai Kalimeja terlihat dari gambar 4.2 menunjukkan terdapat beberapa jenis tutupan lahan yang terdiri dari hutan, kebun, persawahan, tanah terbuka, dan perkampungan. Dapat dilihat pada tabel 4.26 untuk nilai C (Koefisien Pengaliran) DAS Sungai Kalimeja.

Tabel 4.26 Koefisien Limpasan (C)

Kondisi Daerah Aliran	Harga C
Perkotaan	0.70 - 0.96
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
Perkebunana	0.20 – 0.40
Hutan Bergelombang	0.25 – 0.50
Hutan Berbukit	0.30 – 0.60

(Sumber: Suripin 2004)

Diketahui luas DAS Sungai Meja sebesar 87.74 km², untuk nilai C pada DAS Sungai Meja adalah sebagai berikut:

$$\text{Luas Area DAS Sungai Meja (A)} = 87.74 \text{ km}^2$$

Koefisien Pengaliran (C) gabungan DAS Sungai Meja dengan menggunakan persamaan 2.29 sebagai berikut:

$$C = 0.26$$

4.1.6. Intensitas Hujan Jam-Jaman

Dalam memperkirakan hidrograf banjir menggunakan metode hidrograf satuan sintetik, terlebih dahulu diperlukan data sebaran hujan jam-jaman dengan interval tertentu. Perhitungannya menggunakan persamaan Mononobe (Persamaan 2.21 dan 2.22) adalah sebagai berikut:

Tabel 4.27 Rasio Hujan Jam-Jaman Interval 6 Jam

Jam ke-(t)	Distribusi Hujan (RT)		Curah Hujan		Rasio	Kumulatif
	1 jam-an		Jam ke-		%	%
1	0.550	R24	0.550	R24	55.03%	55.03%
2	0.347	R24	0.143	R24	14.30%	69.34%
3	0.265	R24	0.100	R24	10.03%	79.37%
4	0.218	R24	0.080	R24	7.99%	87.36%
5	0.188	R24	0.067	R24	6.75%	94.10%
6	0.167	R24	0.059	R24	5.90%	100.00%

Tabel 4.28 Perhitungan Nisbah Hujan Jam-Jaman Interval 6 jam

Kala Ulang	Tahun	2	5	10	25	50
Hujan Rancangan	(mm)	68.58	86.45	97.58	111.01	120.66
Koef Limpasan (C)		0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Hujan Netto	(mm)	18.095	22.811	25.746	29.292	31.838

No	Jam Ke t	Presentase Hujan Jam ke-t	Hujan Netto 1 Jam-an (mm/jam)				
			2	5	10	25	50
			tahun	tahun	tahun	tahun	tahun
1	1	55.03%	9.96	12.55	14.17	16.12	17.52
2	2	14.30%	2.59	3.26	3.68	4.19	4.55
3	3	10.03%	1.82	2.29	2.58	2.94	3.19
4	4	7.99%	1.45	1.82	2.06	2.34	2.54
5	5	6.75%	1.22	1.54	1.74	1.98	2.15

6	6	5.90%	1.07	1.35	1.52	1.73	1.88
		100.00%					
Hujan netto (hujan efektif)	(mm/hari)		18.10	22.81	25.75	29.29	31.84

4.1.7. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

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 dibandingkan dengan metode lain, seperti halnya GAMA 1 maupun Snyder. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan metode HSS Nakayasu.

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

Parameter			
A (Luas DAS)	=	87.735	km ²
L (Panjang sungai)	=	12.42	km
Ro *curah hujan satuan	=	1	mm
Koefisien Pengaliran	=	0.26	
a	=	2	

Mencari ordinat

-Menghitung Waktu Konsetrasi Hujan (Tg) (Jam)

$$T_g = 0.21 \times L^{0.7} = 1.224911 \text{ jam}$$

-Menghitung satuan waktu dari curah hujan (tr) (jam)

$$T_r = 0.5 \times T_g = 0.612455 \text{ jam}$$

-Menghitung waktu puncak (Tp) (jam)

$$T_p = T_g + (0.8 \times T_r) = 1.7149 \text{ jam}$$

-Waktu yg diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (T0.3) (jam)

$$T_{0.3} = 2.700359 \text{ jam}$$

-Debit Puncak (Qp) (m³/dtk)

$$Q_p = \frac{A \times R_0}{3.6 (0.3T_p + T_{0.3})} = 7.580774 \text{ (m}^3\text{/dtk)}$$

4.1.8. Perhitungan Unit Hidrograf Satuan

Dengan menggunakan tabel 4.26, maka rekapitulasi debit yang diperoleh dengan menggunakan masing-masing persamaan tiap interval waktu di sajikan dalam tabel 4.29.

Tabel 4.29 Tabulasi Perhitungan Unit Hidrograf Satuan

t (jam)	Qt (m ³ /dt)	Q Koreksi (m ³ /dt)
0	0.00	0
1	5.79	0.52
1.715	7.58	0.69
2	6.68	0.60
3	4.27	0.39
4	2.74	0.25
4.415	2.27	0.21
5	1.91	0.17
6	1.42	0.13
7	1.05	0.10
8	0.78	0.07
8.466	0.68	0.06
9	0.61	0.05
10	0.48	0.04
11	0.39	0.04
12	0.31	0.03
13	0.25	0.02
14	0.20	0.02
15	0.16	0.01
16	0.13	0.01
17	0.10	0.01
18	0.08	0.01
19	0.07	0.01
20	0.05	0.00
21	0.04	0.00
22	0.03	0.00
23	0.03	0.00
24	0.02	0.00
Jumlah Q (m ³ /s)	38.13	3.45
VLL (m ³)	137261.27	12420.00
TLL (mm)	11.05163239	1.00

4.1.9. Hasil Analisis Debit Banjir

Tabel 4.30 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 2 Tahun

t	Unit Hidrograf	Curah Hujan Jam-Jaman						Debit Banjir Rancangan
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
		9.958	2.588	1.816	1.445	1.221	1.067	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
0	0.00	0.00						0.000
1	5.79	57.65	0.00					65.266
1.715	7.58	75.49	14.98					99.884
2	6.68	66.48	19.62	0.00				94.606
3	4.27	42.56	17.28	10.51	0.00			76.459
4	2.74	27.25	11.06	13.76	8.37	0.00		65.015
4.415	2.27	22.65	7.08	12.12	10.96	7.07	0.00	63.979
5	1.91	19.03	5.89	7.76	9.65	9.25	6.18	61.501
6	1.42	14.14	4.95	4.97	6.18	8.15	8.09	49.721
7	1.05	10.50	3.68	4.13	3.96	5.22	7.12	37.489
8	0.78	7.80	2.73	3.47	3.29	3.34	4.56	27.805
8.466	0.68	6.79	2.03	2.58	2.76	2.78	2.92	22.371
9	0.61	6.03	1.77	1.92	2.05	2.33	2.43	18.960
10	0.48	4.83	1.57	1.42	1.52	1.73	2.04	15.428
11	0.39	3.86	1.25	1.24	1.13	1.29	1.51	12.508
12	0.31	3.09	1.00	1.10	0.99	0.96	1.13	10.402
13	0.25	2.47	0.80	0.88	0.88	0.83	0.84	8.778
14	0.20	1.98	0.64	0.70	0.70	0.74	0.73	7.522
15	0.16	1.58	0.51	0.56	0.56	0.59	0.65	6.448
16	0.13	1.27	0.41	0.45	0.45	0.47	0.52	5.525
17	0.10	1.01	0.33	0.36	0.36	0.38	0.41	4.787
18	0.08	0.81	0.26	0.29	0.29	0.30	0.33	4.196
19	0.07	0.65	0.21	0.23	0.23	0.24	0.26	3.723
20	0.05	0.52	0.17	0.18	0.18	0.19	0.21	3.345
21	0.04	0.42	0.13	0.15	0.15	0.16	0.17	3.042
22	0.03	0.33	0.11	0.12	0.12	0.12	0.14	2.800
23	0.03	0.27	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	2.606
24	0.02	0.21	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	2.451

Tabel 4.31 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 5 Tahun

t	Unit Hidrograf	Curah Hujan Jam-Jaman						Debit Banjir Rancangan
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
		12.55	3.26	2.29	1.82	1.54	1.35	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
0	0.00	0.00						0.000
1	5.79	72.67	0.00					80.290
1.715	7.58	95.17	18.89					123.465
2	6.68	83.80	24.74	0.00				117.046
3	4.27	53.66	21.78	13.25	0.00			94.795
4	2.74	34.36	13.95	17.35	10.55	0.00		80.769
4.415	2.27	28.55	8.93	15.28	13.81	8.91	0.00	79.585
5	1.91	23.99	7.42	9.78	12.16	11.66	7.79	76.556
6	1.42	17.82	6.24	6.26	7.79	10.27	10.20	61.833
7	1.05	13.24	4.63	5.21	4.99	6.58	8.98	46.508
8	0.78	9.84	3.44	4.37	4.14	4.21	5.75	34.371
8.466	0.68	8.56	2.56	3.25	3.48	3.50	3.68	27.547
9	0.61	7.60	2.23	2.41	2.59	2.94	3.06	23.267
10	0.48	6.08	1.98	1.79	1.92	2.18	2.57	18.846
11	0.39	4.87	1.58	1.56	1.43	1.62	1.91	15.190
12	0.31	3.90	1.27	1.39	1.24	1.21	1.42	12.555
13	0.25	3.12	1.01	1.11	1.10	1.05	1.05	10.524
14	0.20	2.49	0.81	0.89	0.88	0.93	0.92	8.953
15	0.16	2.00	0.65	0.71	0.71	0.75	0.81	7.610
16	0.13	1.60	0.52	0.57	0.57	0.60	0.65	6.455
17	0.10	1.28	0.42	0.45	0.45	0.48	0.52	5.531
18	0.08	1.02	0.33	0.36	0.36	0.38	0.42	4.791
19	0.07	0.82	0.27	0.29	0.29	0.31	0.33	4.200
20	0.05	0.65	0.21	0.23	0.23	0.24	0.27	3.726
21	0.04	0.52	0.17	0.19	0.19	0.20	0.21	3.347
22	0.03	0.42	0.14	0.15	0.15	0.16	0.17	3.044
23	0.03	0.34	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	2.801
24	0.02	0.27	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11	2.607

Tabel 4.32 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 10 Tahun

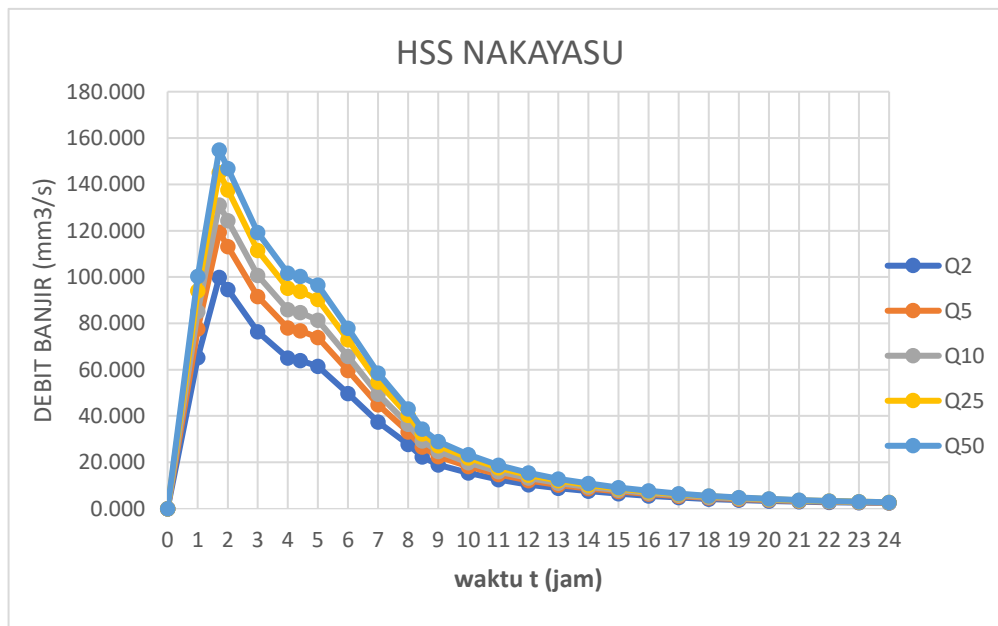
t	Unit Hidrograf	Curah Hujan Jam-Jaman						Debit Banjir Rancangan
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
		14.17	3.68	2.58	2.06	1.74	1.52	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
0	0.00	0.00						0.000
1	5.79	82.02	0.00					89.640
1.715	7.58	107.41	21.32					138.140
2	6.68	94.59	27.92	0.00				131.011
3	4.27	60.56	24.59	14.95	0.00			106.207
4	2.74	38.78	15.74	19.58	11.91	0.00		90.574
4.415	2.27	32.22	10.08	17.25	15.59	10.05	0.00	89.296
5	1.91	27.08	8.38	11.04	13.73	13.17	8.79	85.924
6	1.42	20.12	7.04	7.07	8.79	11.59	11.51	69.370
7	1.05	14.95	5.23	5.88	5.63	7.42	10.13	52.121
8	0.78	11.10	3.88	4.94	4.68	4.75	6.49	38.457
8.466	0.68	9.67	2.89	3.67	3.93	3.95	4.15	30.768
9	0.61	8.58	2.51	2.72	2.92	3.32	3.45	25.947
10	0.48	6.87	2.23	2.02	2.17	2.47	2.90	20.973
11	0.39	5.49	1.78	1.76	1.61	1.83	2.16	16.859
12	0.31	4.40	1.43	1.56	1.40	1.36	1.60	13.895
13	0.25	3.52	1.14	1.25	1.25	1.18	1.19	11.611
14	0.20	2.82	0.91	1.00	1.00	1.05	1.04	9.844
15	0.16	2.25	0.73	0.80	0.80	0.84	0.92	8.333
16	0.13	1.80	0.59	0.64	0.64	0.67	0.74	7.034
17	0.10	1.44	0.47	0.51	0.51	0.54	0.59	5.994
18	0.08	1.15	0.37	0.41	0.41	0.43	0.47	5.162
19	0.07	0.92	0.30	0.33	0.33	0.35	0.38	4.496
20	0.05	0.74	0.24	0.26	0.26	0.28	0.30	3.963
21	0.04	0.59	0.19	0.21	0.21	0.22	0.24	3.537
22	0.03	0.47	0.15	0.17	0.17	0.18	0.19	3.196
23	0.03	0.38	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	2.923
24	0.02	0.30	0.10	0.11	0.11	0.11	0.12	2.705

Tabel 4.33 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 25 Tahun

t	Unit Hidrograf	Curah Hujan Jam-Jaman						Debit Banjir Rancangan
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
		16.12	4.19	2.94	2.34	1.98	1.73	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
0	0.00	0.00						0.000
1	5.79	93.32	0.00					100.935
1.715	7.58	122.20	24.25					155.866
2	6.68	107.61	31.76	0.00				147.881
3	4.27	68.90	27.97	17.01	0.00			119.991
4	2.74	44.12	17.91	22.28	13.54	0.00		102.417
4.415	2.27	36.66	11.47	19.62	17.74	11.44	0.00	101.028
5	1.91	30.81	9.53	12.56	15.62	14.98	10.00	97.241
6	1.42	22.89	8.01	8.04	10.00	13.19	13.09	78.475
7	1.05	17.00	5.95	6.68	6.40	8.45	11.53	58.901
8	0.78	12.63	4.42	5.62	5.32	5.41	7.38	43.393
8.466	0.68	11.00	3.28	4.17	4.47	4.49	4.73	34.659
9	0.61	9.76	2.86	3.10	3.32	3.78	3.93	29.185
10	0.48	7.81	2.54	2.30	2.47	2.81	3.30	23.542
11	0.39	6.25	2.03	2.01	1.83	2.08	2.45	18.875
12	0.31	5.00	1.62	1.78	1.60	1.55	1.82	15.514
13	0.25	4.00	1.30	1.42	1.42	1.35	1.35	12.924
14	0.20	3.20	1.04	1.14	1.13	1.20	1.18	10.920
15	0.16	2.56	0.83	0.91	0.91	0.96	1.05	9.207
16	0.13	2.05	0.67	0.73	0.73	0.77	0.84	7.733
17	0.10	1.64	0.53	0.58	0.58	0.61	0.67	6.553
18	0.08	1.31	0.43	0.47	0.46	0.49	0.54	5.610
19	0.07	1.05	0.34	0.37	0.37	0.39	0.43	4.854
20	0.05	0.84	0.27	0.30	0.30	0.31	0.34	4.250
21	0.04	0.67	0.22	0.24	0.24	0.25	0.27	3.766
22	0.03	0.54	0.17	0.19	0.19	0.20	0.22	3.379
23	0.03	0.43	0.14	0.15	0.15	0.16	0.18	3.070
24	0.02	0.34	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	2.822

Tabel 4.34 Hasil Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang 50 Tahun

t	Unit Hidrograf	Curah Hujan Jam-Jaman						Debit Banjir Rancangan
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
		17.52	4.55	3.19	2.54	2.15	1.88	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
0	0.00	0.00						0.000
1	5.79	101.43	0.00					109.046
1.715	7.58	132.82	26.36					168.596
2	6.68	116.97	34.52	0.00				159.995
3	4.27	74.89	30.40	18.49	0.00			129.890
4	2.74	47.95	19.47	24.22	14.72	0.00		110.923
4.415	2.27	39.85	12.46	21.33	19.28	12.43	0.00	109.452
5	1.91	33.49	10.36	13.65	16.98	16.28	10.87	105.368
6	1.42	24.88	8.70	8.74	10.87	14.34	14.23	85.014
7	1.05	18.48	6.47	7.27	6.96	9.18	12.53	63.769
8	0.78	13.73	4.80	6.11	5.78	5.88	8.02	46.938
8.466	0.68	11.95	3.57	4.54	4.86	4.88	5.14	37.454
9	0.61	10.61	3.11	3.37	3.61	4.10	4.27	31.510
10	0.48	8.49	2.76	2.50	2.68	3.05	3.59	25.388
11	0.39	6.79	2.21	2.18	1.99	2.27	2.67	20.323
12	0.31	5.44	1.77	1.93	1.74	1.68	1.98	16.676
13	0.25	4.35	1.41	1.55	1.54	1.47	1.47	13.867
14	0.20	3.48	1.13	1.24	1.23	1.30	1.28	11.693
15	0.16	2.79	0.90	0.99	0.99	1.04	1.14	9.835
16	0.13	2.23	0.72	0.79	0.79	0.83	0.91	8.235
17	0.10	1.78	0.58	0.63	0.63	0.67	0.73	6.955
18	0.08	1.43	0.46	0.51	0.51	0.53	0.58	5.931
19	0.07	1.14	0.37	0.41	0.40	0.43	0.47	5.111
20	0.05	0.91	0.30	0.33	0.32	0.34	0.37	4.456
21	0.04	0.73	0.24	0.26	0.26	0.27	0.30	3.931
22	0.03	0.59	0.19	0.21	0.21	0.22	0.24	3.511
23	0.03	0.47	0.15	0.17	0.17	0.17	0.19	3.175
24	0.02	0.37	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	2.906



Gambar 4.3 Grafik debit banjir metode HSS Nakayasu kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.

(Sumber: Perhitungan Pribadi)

4.2. Analisis Muka Air Banjir

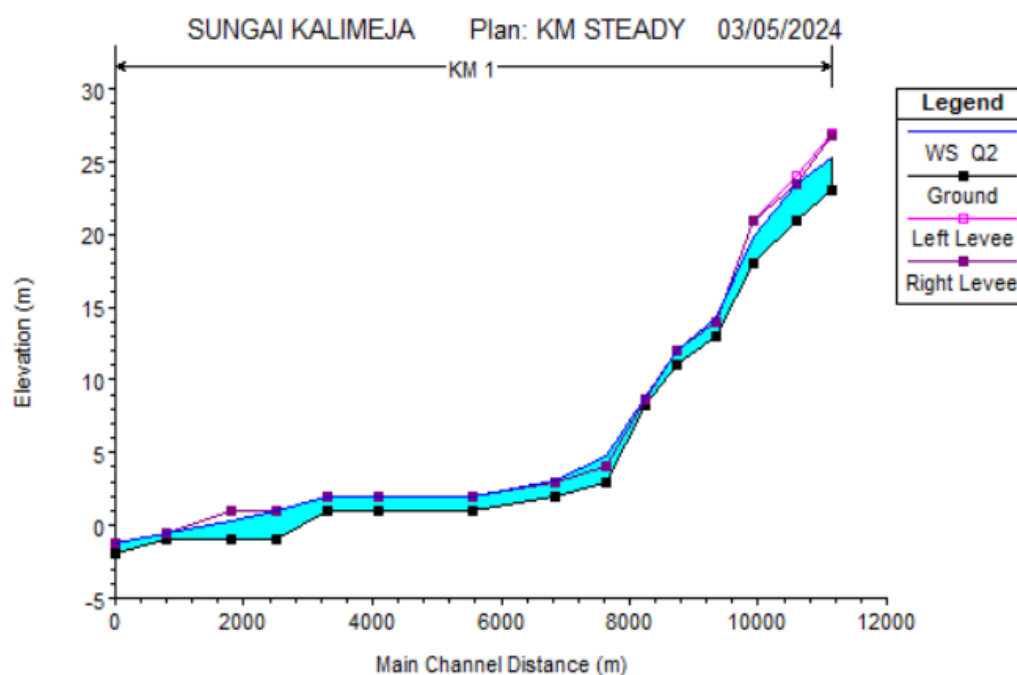
Pemetaan banjir pada sungai Kalimeja dimaksud untuk mengetahui seberapa luas daerah yang tergenang oleh luapan banjir. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, simulasi pemodelan dilakukan menggunakan HEC-RAS. Simulasi dilakukan berdasarkan data topografi yang diperoleh, pemodelan hanya dilakukan pada sungai utama dengan panjang 35 KM, karena berdasarkan informasi yang didapat pada kawasan tersebut seringkali terjadi banjir.

Pada penelitian ini dilakukan proses simulasi aliran *steady* karena pemodelan *unsteady flow* sering terjadi eror dikarenakan analisis program yang tidak stabil. Kestabilan model dipengaruhi oleh alur sungai, kemiringan dasar sungai yang curam dan perubahan penampang melintang dari sungai. Karena dalam peramalan banjir dibutuhkan data debit maksimal dan muka air banjir maksimal, maka model aliran *steady flow* sering digunakan

sebagai alternatif untuk perhitungan peramalan banjir, hasil dari analisis hidrolika dengan menggunakan HEC-RAS dapat disajikan dalam beberapa tampilan, seperti penampang melintang, penampang memanjang sungai kalimeja. Berikut merupakan hasil dari simulasi banjir di sungai kalimeja.

Penampang memanjang hasil dari simulasi dengan menggunakan *software* HEC-RAS berupa sketsa penampang melintang sungai dengan profil elevasi keadaan muka air banjir. Berdasarkan hasil simulasi luapan banjir dari sungai kalimeja 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.

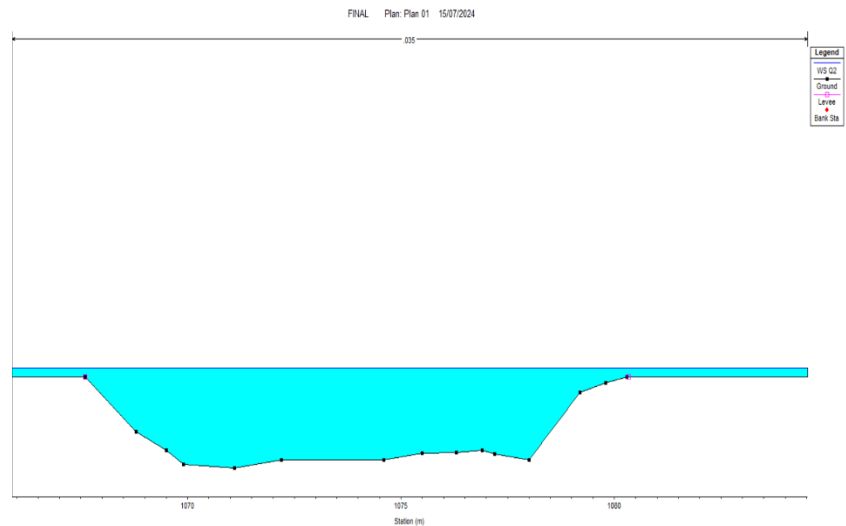
1. Profil Memanjang Sungai



Gambar 4.4 Profil Memanjangl Sungai

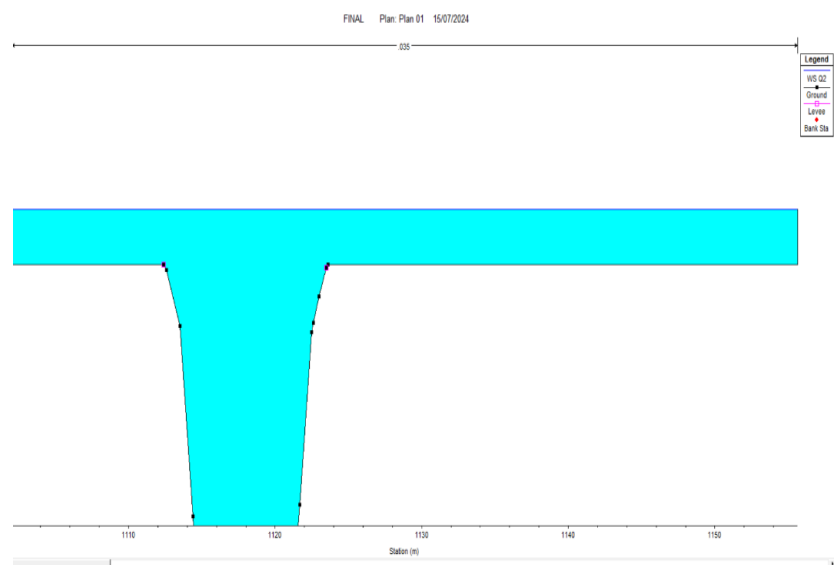
2. Profil Sungai Melintang

STA 9578 tidak meluap di kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun..



Gambar 4.7 STA. 8142

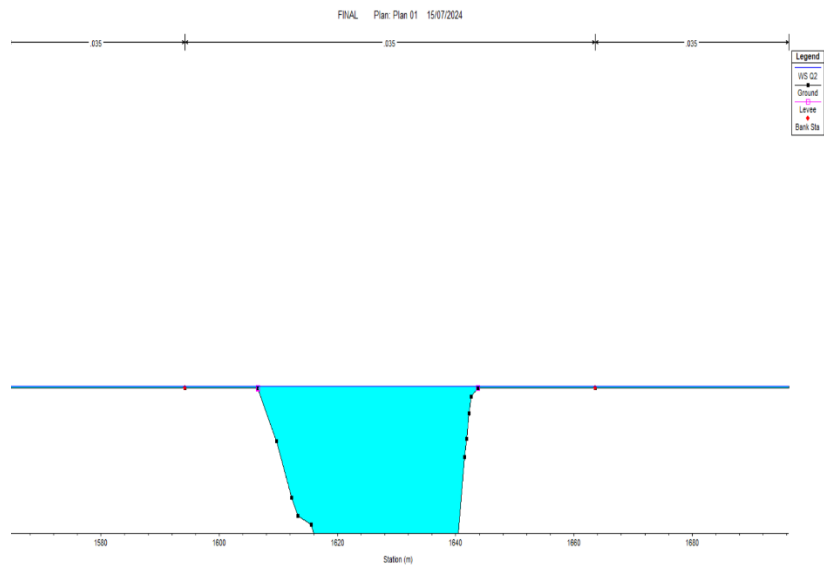
Dari gambar 4.7. Dapat dilihat bahwa hasil simulasi pada kondisi sungai yang ada di STA ini terjadi luapan di tebing kiri dan kanan sungai pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 thn.



Gambar 4.8 STA. 6804

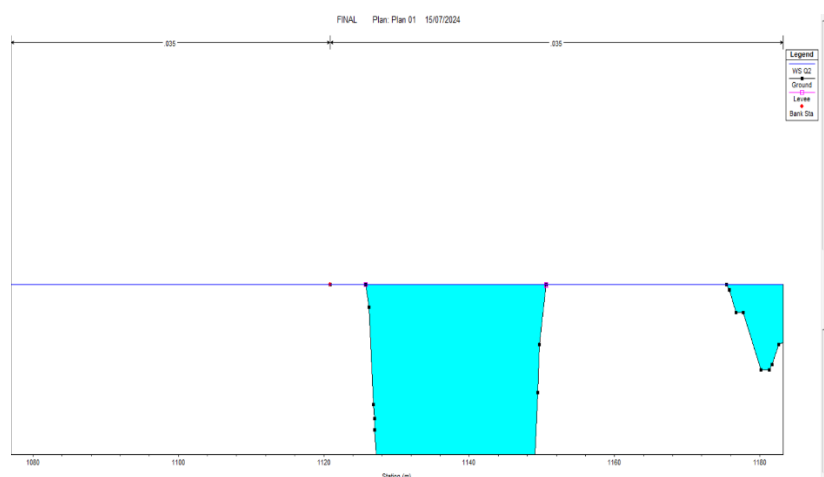
Dari gambar 4.8. dapat dilihat bahwa hasil simulasi pada kondisi sungai yang ada di STA

6804 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun tebing sungai bagian kiri dan kanan.



Gambar 4.9 STA. 4329

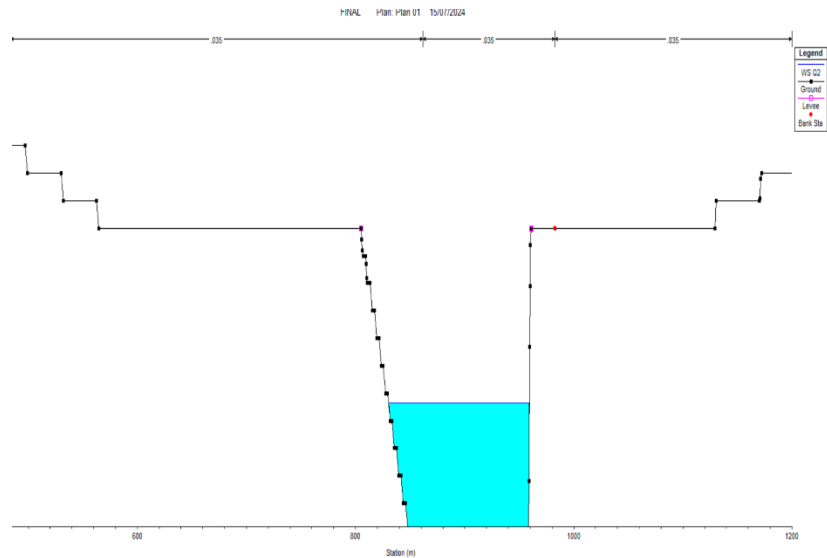
Dari gambar 4.9 dapat dilihat bahwa hasil simulasi pada kondisi sungai yang ada di STA 4329 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun di tebing sungai bagian kiri dan kanan.



Gambar 4.10 STA. 2686

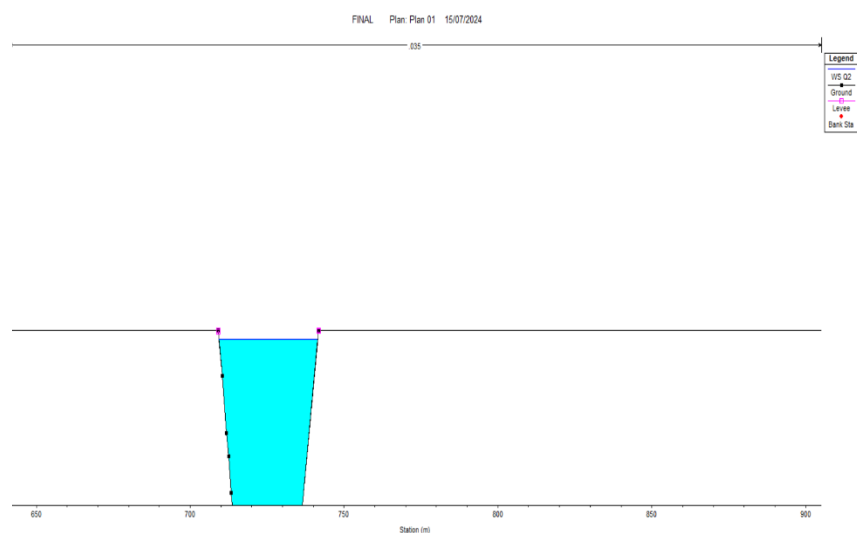
Dari gambar 4.10 dapat dilihat bahwa hasil simulasi pada kondisi sungai yang ada di STA

2686 terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun di tebing sungai bagian kanan.



Gambar 4.11 STA. 1403

Dari gambar 4.11 dapat dilihat bahwa hasil simulasi pada kondisi sungai yang ada di STA 1403 tidak terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun di tebing sungai bagian kiri dan kanan.



Gambar 4.12 STA. 499

Dari gambar 4.12 dapat dilihat bahwa hasil simulasi pada kondisi sungai yang ada di STA

499 tidak terjadi luapan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun di tebing sungai bagian kiri dan kanan.

4.2. Pemetaan Banjir

Pemetaan luas genangan banjir untuk meenentukan tingkat bahaya banjir di desa subaim, kecamatan wasile, halmahera timur dengan menggunakan HEC-RAS didapat hasil analisa yang di tunjukkan pada tabel 4.35 dimana terdapat luasan sebaran banjir pada masing-masing kala ulang mulai dari kala ulang Q2, Q5, Q10, Q25 dan Q50.

Tabel 4.35 Luasan daerah terdampak berdasarkan tingkat bahaya banjir

No	Tingkat bahaya berdasarkan kedalaman	Luas Daerah Terdampak (ha) akibat Q Kala Ulang				
		Q2 (hektar)	Q5 (hektar)	Q10 (hektar)	Q25 (hektar)	Q50 (hektar)
1	Rendah (< 0.5 m)	5.51	6.22	6.64	7.15	7.38
2	Sedang (0.50 - 1.00 m)	4.33	4.50	4.19	4.45	4.62
3	Tinggi (1.00 - 2.00 m)	2.60	2.77	2.62	2.56	2.59
4	Ekstrim (2.00 - 5.00)	-	-	-	-	-



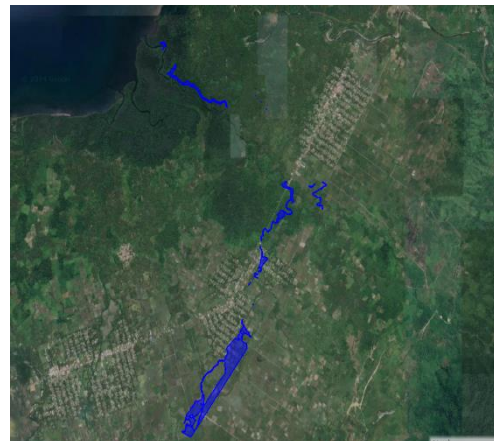
(a)



(b)



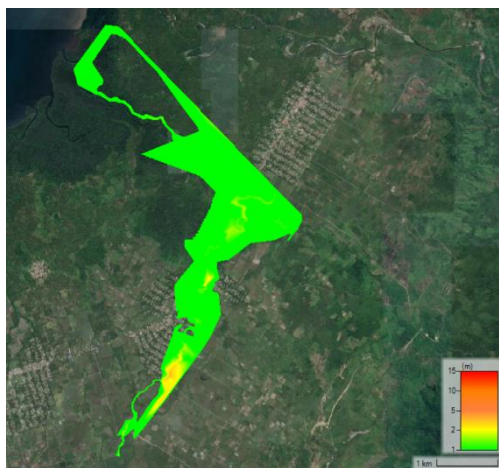
(c)



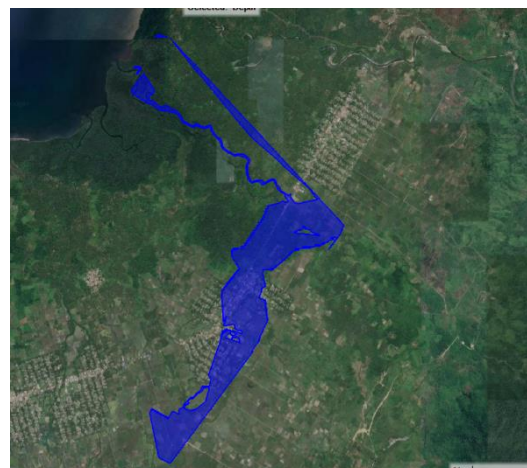
(d)

Gambar 4.13 Sebaran Banjir pada kala ulang 2 tahun

Dari gambar 4.20 dapat lihat sebaran banjir pada kala ulang 2 tahun dengan luas genangan yaitu 18.61 hektar dengan banjir pada ketinggian 0.5 meter atau dalam skala rendah tingkat bahaya banjir mencapai 5.51 hektar, pada tingkat sedang atau ketinggian 0.5 – 1 meter dengan luas 4.33 hektar dan banjir dengan tingkat genangan tinggi pada ketinggian 1 – 2 meter dengan luas daerah yang tergenang yaitu 2.60 hektar.



(a)



(b)



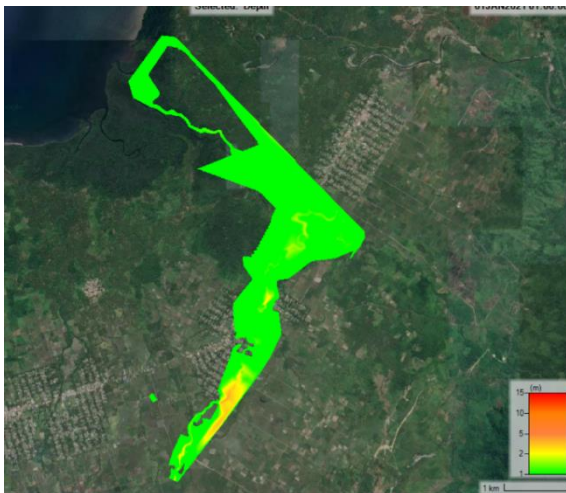
(c)



(d)

Gambar 4.14 Sebaran Banjir pada kala ulang 5 tahun

Gambar 4.21 menunjukkan luasan sebaran genangan pada kala ulang 5 tahun dengan luas 19.93 hektar dengan banjir pada ketinggian 0.5 meter mencapai 6.22 hektar, pada ketinggian 0.5 – 1 meter seluas 4.50 hektar dan pada ketinggian banjir 1 – 2 meter mencapai 2.77 hektar.



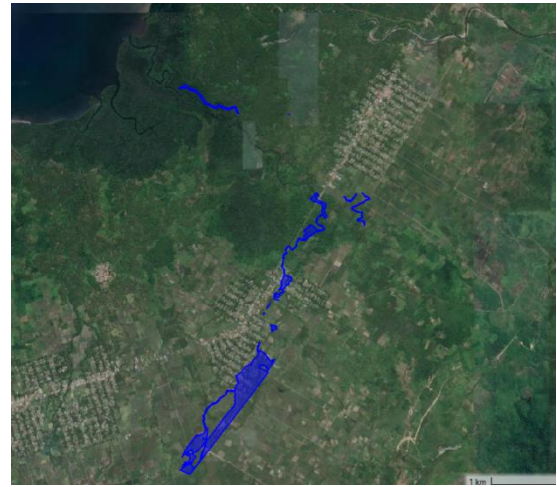
(a)



(b)



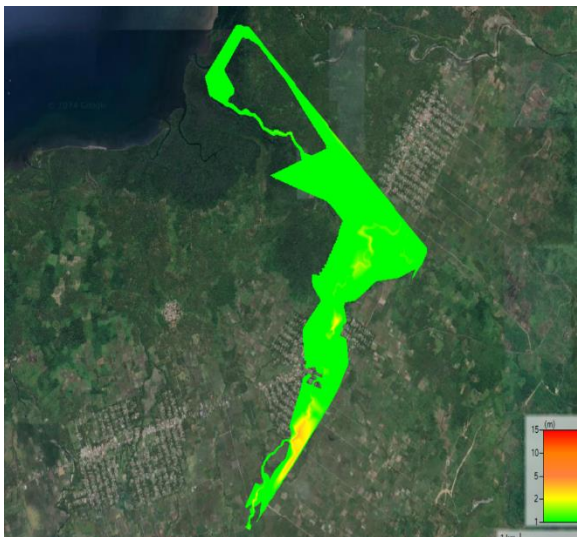
(c)



(d)

Gambar 4.15 Sebaran Banjir pada kala ulang 10 tahun

Gambar 4.22 menunjukan luasan sebaran genangan pada kala ulang 10 tahun dengan luas 20.69 hektar dengan banjir pada ketinggian 0.5 meter mencapai 6.64 hektar, pada ketinggian 0.5 – 1 meter seluas 4.19 hektar dan pada ketinggian banjir 1 – 2 meter mencapai 2.62 hektar.



(a)



(b)



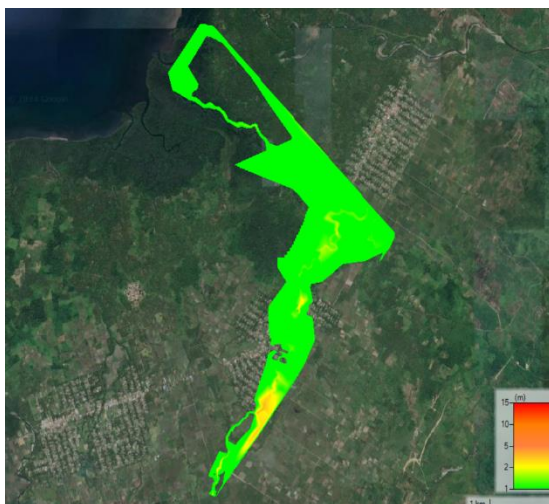
(c)



(d)

Gambar 4.16 Sebaran Banjir pada kala ulang 25 tahun

Gambar 4.23 menunjukkan luasan sebaran genangan pada kala ulang 25 tahun dengan luas 21.68 hektar dengan banjir pada ketinggian 0.5 meter mencapai 7.15 hektar, pada ketinggian 0.5 – 1 meter seluas 4.45 hektar dan pada ketinggian banjir 1 – 2 meter mencapai 2.56 hektar.



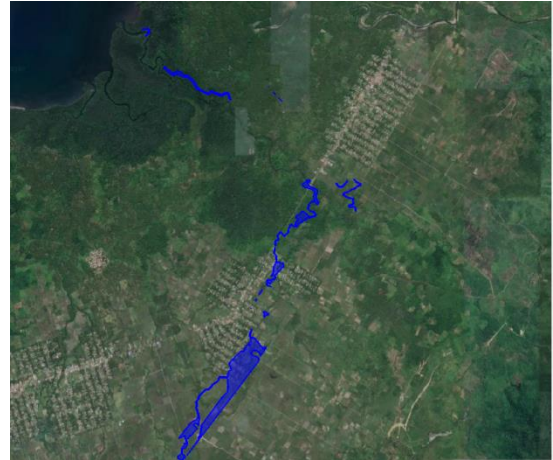
(a)



(b)



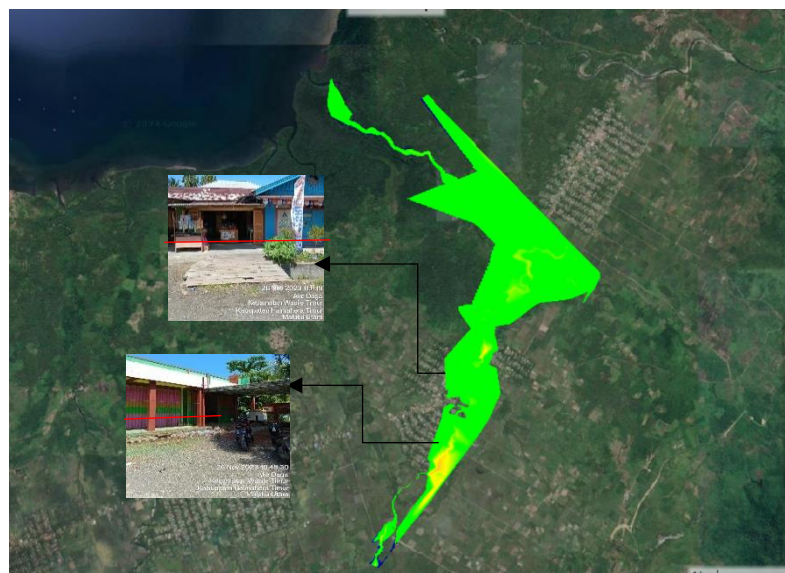
(c)



(d)

Gambar 4.17 Sebaran Banjir pada kala ulang 50 tahun

Gambar 4.24 menunjukkan luasan sebaran genangan pada kala ulang 50 tahun dengan luas 22.11 hektar dengan banjir pada ketinggian 0.5 meter mencapai 7.38 hektar, pada ketinggian 0.5 – 1 meter seluas 4.62 hektar dan pada ketinggian banjir 1 – 2 meter mencapai 2.59 hektar.



Gambar 4.18 Kondisi genangan terhadap kondisi lapangan

Berdasarkan hasil analisis pemetaan banjir sungai Kalimeja menggunakan HEC-RAS 6.3 dengan debit banjir rencana Metode HSS Nakayasu dengan kala ulang 2 tahun 68,58 m³/detik dengan luas sebaran genangan seluas 18.61 hektar, 5 tahun 86,45 m³/detik dengan luas sebaran genangan yaitu 19.93 hektar, 10 tahun 97,58 m³/detik dengan luas sebaran genangan banjir yaitu 20.69 hektar, 25 tahun 111,01 m³/detik dengan luas sebaran genangan banjir 21.68 hektar dan 50 tahun 120,66 m³/detik dengan luas genangan banjir sebesar 22.11 hektar. Dengan sebaran genangan yang di dapat terlihat pada sebaran banjir mencapai ke pemukiman warga walau dengan tingkat bahaya yang tergolong rendah namun perlu diwaspadai sehingga hasil penelitian ini bisa menjadi informasi untuk kepentingan dalam upaya pengendalian banjir, karena dari pengalaman sebelumnya berdasarkan banjir pada tahun 2021 ketinggian banjir yang masuk ke pemukiman mencapai 30-50 cm.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mulai dari pengambilan data, pengolahan data dan analisis data serta pengujian beberapa pilihan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 2 tahun = $68.58 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 5 tahun = $86.45 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 10 tahun = $97.58 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 25 tahun = $111.01 \text{ m}^3/\text{det}$, dan kala ulang 50 tahun = $120.66 \text{ m}^3/\text{det}$.
2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penampang Sungai Kalimeja tidak dapat menampung debit banjir yang terjadi di kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun dan 50 tahun di beberapa titik termasuk pada area pemukiman dengan luasan $3.114.891 \text{ m}^2$. Hal ini disebabkan karena elevasi muka air banjir melebihi elevasi tebing sungai.

5.2. Saran

1. Salah satu pengendalian non-struktur pengendalian banjir di sungai Kalimeja yaitu dengan melakukan restorasi sungai untuk mengembalikan fungsi alami sungai, atau dengan pengendalian secara struktur dengan membangun tanggul.
2. Melakukan pengerukan pada penampang sungai tersebut untuk mencegah kenaikan dasar sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar Putra Harjanto, A. I. (2019). Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Bodri. *Jurnal Teknik*.
- Armila, M. N. (2021). Simulasi Komputasi Debit Sungai Takalalla (Studi Kasus Dusun Takalalla Kab. Sinjai). *Jurnal Teknik Hidro*, 14 Nomor 2,9.
- Asdak, C 2002. *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. universitas Gajah Mada Press, Yogyakarta
- Asdak, C 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan DAS Yogyakarta*: Universitas Press, Gajah Mada
- Bambang Triatmodjo, 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offser, Yogyakarta.
- Binilang, A, & Sumarauw, J. S. F. (2018). Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Palaus, 6(4), 235-246.
- Danoedoro, P 2004., *Sains Informasi Geografis : Dari Perolehan dan Analisis Citra Sehingga Pemetaan Dan Permodelan Spasial*, Ugm : Yogyakarta.
- Ichsan Rauf, I. S. (2021). Analisis Spasial Tingkat Bahaya Banjir Desa Amasing Kali Dengan Hec-Ras 2d. *Jurnal Teknik*, 19(2)(2017-119), 6.
- Jeffry S. F. (2020). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Pinateduan Di Desa Tatelu Kab. Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik* Vol. 8, No.3.
- Junaidi, F. F. (2014). Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Jembatan Ampera Sampai Dengan. *Jurnal Teknik*.
- Kodoatie, R. J. (2006). *Pengelolaan Sumber Bencana Terpadu Banjir, Longsor, Kekeringan Dan Tsunami Jakarta : Yarsif Watampone (Anggota Ikapi)*.
- Kodoatie, R. J. (2013). *Pengelolaan Sumber Daya Air*. Yogyakarta: Andi.
- Putra, A. S. (2014). Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Sungai. Pulau Kemaro Sampai Dengan Muara Sungai Komering). *Journal Of Civil And Environmental*, 2(3).
- Rahayu, H. P. (2009). *Banjir Dan upaya Penanggulangannya*. Bandung; Promise.
- Rinaldy Muhammad Yusuf. (2021). Analisis Debit Banjir Dengan Membandingkan Nilai Debit Banjir Metode Rasional Dan Kapasitas Debit Aliran Sungai Pada Sub-DAS Ciwaringin Kab. Majalengka, Jawa Barat. *Padjajaran Geoscience Journal*.

- Sarminingsih, A. (2018). Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(1), 53-61.
- Soemarto, C. D. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soemanrto, C. D. (1999). *Hidrologi Teknik Edisi – 2*. Surabaya : Usaha Nasional.
- Sri Harto Br., 1981, *Mengenal Dasar Hidrologi Terapan*, Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Yogyakarta
- Sri Harto Br., 1993, *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sri Harto Br., 2000, *Hidrologi, Teori-Masalah-Penyelesaian*, Nafitri Offset, Yogyakarta.
- Suripin, (2021) *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Tiny Mananoma, (2014). Analisis Debit Banjir Sungai Ranoyapo Menggunakan Metode HSS GAMA-I DAN HSS Limantara. *Jurnal Sipil Statik Vol.2 No. 1*.

LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Tabel Frekuensi Reduksi Metode Normal dan Log Normal

Periode Ulang T (Tahun)	Tr	KTr
0.001	1000	3.090
0.005	200	2.576
0.010	100	2.326
0.025	40	1.960
0.500	20	1.645
0.100	10	1.282
0.150	6.67	1.036
0.200	5.00	0.842
0.250	4.00	0.674
0.300	3.33	0.524
0.350	2.86	0.385
0.400	2.50	0.253
0.450	2.22	0.126
0.500	2.00	0.000
0.600	1.67	-0.253
0.800	1.25	-0.842

Lampiran 1.2 Harga Yn dan Sn

n	Yn	Sn
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
22	0.5268	1.075

Lampiran 1.3 Tabel Frekuensi Reduksi Metode Log Pearson Type III

Cs	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
0.8	-0.132	0.78	1.336	1.993	2.453
0.6	-0.099	0.8	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	0.83	1.301	1.818	2.159
0.0	0	0.842	1.282	1.751	2.054
-0.2	0.033	0.85	1.258	1.680	1.945
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	18.834
-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

Lampiran 1.4 Luas dibawah 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	0,0582	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	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
-0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
-0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879

Lampiran 1.5 Tabel Output HEC-RAS

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
1	11269	Q25	102.80	23.00	25.04	25.04	25.84	0.011216	3.97	25.93	16.25	1.00
1	11269	Q50	110.25	23.00	25.13	25.13	25.96	0.011030	4.03	27.38	16.53	1.00
1	10697	Q2	68.59	21.00	23.38	22.69	23.65	0.003068	2.37	34.50	48.19	0.54
1	10697	Q5	83.33	21.00	22.91	22.91	23.70	0.011212	3.96	21.15	13.57	0.99
1	10697	Q10	92.24	21.00	22.97	22.97	23.87	0.012138	4.21	22.06	13.78	1.04
1	10697	Q25	102.80	21.00	23.50	23.50	23.53	0.000608	1.08	166.36	229.70	0.24
1	10697	Q50	110.25	21.00	23.50	23.50	23.53	0.000699	1.16	166.36	229.70	0.26
1	10022	Q2	68.59	18.00	19.84	19.84	20.32	0.009266	3.15	23.51	25.40	0.89
1	10022	Q5	83.33	18.00	19.99	19.99	20.51	0.009193	3.31	27.62	28.01	0.90
1	10022	Q10	92.24	18.00	20.10	20.10	20.62	0.008564	3.31	30.93	30.15	0.88
1	10022	Q25	102.80	18.00	20.18	20.18	20.73	0.008865	3.45	33.26	31.07	0.90
1	10022	Q50	110.25	18.00	20.26	20.26	20.81	0.008604	3.47	35.72	33.02	0.89
1	9443	Q2	68.59	13.00	14.22	13.98	14.33	0.003365	1.73	58.62	165.69	0.53
1	9443	Q5	83.33	13.00	14.27	14.00	14.40	0.003628	1.86	67.37	167.56	0.56
1	9443	Q10	92.24	13.00	14.32	14.00	14.45	0.003564	1.89	75.99	192.49	0.56
1	9443	Q25	102.80	13.00	14.35	14.00	14.48	0.003704	1.96	81.86	193.64	0.57
1	9443	Q50	110.25	13.00	14.37	14.00	14.51	0.003746	2.00	86.26	194.50	0.58
1	8840	Q2	68.59	11.02	12.07	12.05	12.12	0.004554	1.52	92.99	559.99	0.57
1	8840	Q5	83.33	11.02	12.12	12.07	12.16	0.004311	1.53	117.05	575.85	0.56
1	8840	Q10	92.24	11.02	12.13	12.08	12.17	0.004584	1.60	122.71	576.07	0.58
1	8840	Q25	102.80	11.02	12.14	12.09	12.19	0.004495	1.60	132.68	576.45	0.58
1	8840	Q50	110.25	11.02	12.15	12.10	12.20	0.004509	1.62	138.75	576.69	0.58
1	8342	Q2	68.59	8.18	8.85	8.85	8.95	0.010890	2.02	56.30	247.45	0.86
1	8342	Q5	83.33	8.18	8.88	8.88	8.99	0.011992	2.18	62.65	251.79	0.91
1	8342	Q10	92.24	8.18	8.92	8.92	9.02	0.010737	2.16	73.57	302.24	0.87
1	8342	Q25	102.80	8.18	8.93	8.93	9.04	0.011046	2.23	78.40	303.96	0.89
1	8342	Q50	110.25	8.18	8.95	8.95	9.06	0.010985	2.25	82.32	305.88	0.89
1	2603	Q2	68.59	-1.00	0.94	-0.12	1.01	0.000917	1.21	56.77	33.43	0.30
1	2603	Q5	83.33	-1.00	0.00	0.00	0.46	0.012526	3.03	27.51	29.30	1.00
1	2603	Q10	92.24	-1.00	0.06	0.06	0.56	0.012359	3.13	29.45	29.53	1.00
1	2603	Q25	102.80	-1.00	0.14	0.14	0.67	0.012067	3.23	31.79	29.79	1.00
1	2603	Q50	110.25	-1.00	0.19	0.19	0.75	0.011913	3.30	33.37	29.97	1.00
1	1906	Q2	68.59	-1.00	0.35	-0.24	0.39	0.000930	1.02	85.55	114.47	0.29
1	1906	Q5	83.33	-1.00	0.53	-0.20	0.56	0.000790	1.02	107.09	132.55	0.27
1	1906	Q10	92.24	-1.00	0.55	-0.14	0.60	0.000879	1.09	110.79	132.89	0.29
1	1906	Q25	102.80	-1.00	0.58	-0.04	0.63	0.001002	1.17	114.17	133.20	0.31
1	1906	Q50	110.25	-1.00	0.60	-0.02	0.65	0.001084	1.23	116.63	133.43	0.32
1	902	Q2	68.59	-1.00	-0.59	-0.83	-0.58	0.001164	0.48	142.70	412.04	0.26
1	902	Q5	83.33	-1.00	-0.64	-0.81	-0.61	0.002432	0.66	125.44	387.44	0.37
1	902	Q10	92.24	-1.00	-0.59	-0.79	-0.56	0.001979	0.63	145.41	412.33	0.34
1	902	Q25	102.80	-1.00	-0.54	-0.78	-0.52	0.001603	0.62	165.49	413.47	0.31
1	902	Q50	110.25	-1.00	-0.50	-0.77	-0.49	0.001435	0.62	178.60	414.64	0.30
1	110	Q2	68.59	-2.00	-1.22	-1.22	-1.11	0.019731	1.48	46.31	206.58	1.00
1	110	Q5	83.33	-2.00	-1.20	-1.20	-1.20	0.000346	0.23	369.94	1341.54	0.14
1	110	Q10	92.24	-2.00	-1.20	-1.20	-1.20	0.000425	0.25	369.92	1341.54	0.15
1	110	Q25	102.80	-2.00	-1.20	-1.20	-1.20	0.000527	0.28	369.91	1341.54	0.17
1	110	Q50	110.25	-2.00	-1.20	-1.20	-1.20	0.000607	0.30	369.90	1341.53	0.18

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
1	7758	Q2	68.59	3.00	4.74	4.38	4.77	0.001064	1.00	102.09	179.02	0.30
1	7758	Q5	83.33	3.00	4.83	4.40	4.86	0.001087	1.06	116.96	189.59	0.31
1	7758	Q10	92.24	3.00	4.87	4.40	4.90	0.001099	1.09	124.75	191.61	0.31
1	7758	Q25	102.80	3.00	4.92	4.49	4.96	0.001125	1.13	135.58	204.58	0.31
1	7758	Q50	110.25	3.00	4.95	4.50	4.99	0.001122	1.15	141.99	205.27	0.32
1	6964	Q2	68.59	2.00	3.15	3.15	3.21	0.008631	1.90	74.26	411.17	0.76
1	6964	Q5	83.33	2.00	3.17	3.17	3.24	0.009454	2.03	81.95	411.78	0.80
1	6964	Q10	92.24	2.00	3.18	3.18	3.26	0.009942	2.10	86.15	412.11	0.83
1	6964	Q25	102.80	2.00	3.19	3.19	3.28	0.010183	2.16	91.72	412.55	0.84
1	6964	Q50	110.25	2.00	3.20	3.20	3.29	0.010925	2.25	93.82	412.98	0.87
1	5662	Q2	68.59	1.00	2.02	1.40	2.02	0.000096	0.28	477.41	1512.36	0.09
1	5662	Q5	83.33	1.00	2.02	1.46	2.02	0.000133	0.33	488.07	1512.48	0.11
1	5662	Q10	92.24	1.00	2.03	1.49	2.03	0.000156	0.36	495.35	1512.56	0.11
1	5662	Q25	102.80	1.00	2.03	1.49	2.04	0.000183	0.39	504.75	1512.66	0.12
1	5662	Q50	110.25	1.00	2.04	1.54	2.04	0.000202	0.41	511.83	1512.74	0.13
1	4187	Q2	68.59	1.00	2.00	2.00	2.00	0.000006	0.06	1332.09	2414.56	0.02
1	4187	Q5	83.33	1.00	2.00	2.00	2.00	0.000009	0.08	1333.77	2414.59	0.03
1	4187	Q10	92.24	1.00	2.00	2.00	2.00	0.000011	0.08	1334.95	2414.61	0.03
1	4187	Q25	102.80	1.00	2.00	2.00	2.00	0.000013	0.09	1336.50	2414.63	0.03
1	4187	Q50	110.25	1.00	2.00	2.00	2.00	0.000015	0.10	1337.69	2414.65	0.03
1	3406	Q2	68.59	1.00	2.00	2.00	2.00	0.000001	0.02	2339.90	2991.60	0.01
1	3406	Q5	83.33	1.00	2.00	2.00	2.00	0.000001	0.03	2339.88	2991.60	0.01
1	3406	Q10	92.24	1.00	2.00	2.00	2.00	0.000002	0.03	2339.87	2991.60	0.01
1	3406	Q25	102.80	1.00	2.00	2.00	2.00	0.000002	0.04	2339.87	2991.60	0.01
1	3406	Q50	110.25	1.00	2.00	2.00	2.00	0.000003	0.04	2339.87	2991.60	0.01
1	2603	Q2	68.59	-1.00	0.94	-0.12	1.01	0.000917	1.21	56.77	33.43	0.30
1	2603	Q5	83.33	-1.00	0.00	0.00	0.46	0.012526	3.03	27.51	29.30	1.00
1	2603	Q10	92.24	-1.00	0.06	0.06	0.56	0.012359	3.13	29.45	29.53	1.00

Lampiran 2.1 Dokumentasi Penelitian

