

**ANALISIS ALIRAN TIDAK PERMANEN DAERAH RAWA PASANG
SURUT WAY TULANG BAWANG**

(Skripsi)

Oleh

**ERZA GERALDI PRIANTO PUTRA
2015011058**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

ANALISIS ALIRAN TIDAK PERMANEN DAERAH RAWA PASANG SURUT WAY TULANG BAWANG

Oleh
ERZA GERALDI PRIANTO PUTRA

Pasang tinggi yang menyebabkan genangan di area persawahan dan pemukiman dapat menghambat aktivitas masyarakat. Kondisi pasang surut dan hujan intensitas tinggi yang terjadi di waktu bersamaan membuat penelitian analisis tinggi muka air di Daerah Aliran Sungai Way Tulang Bawang diperlukan. Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh nilai tinggi muka air dan hasil perhitungan untuk menentukan tinggi tanggul yang tepat. Metode yang digunakan dalam analisis hidrologi menggunakan metode poligon thiessen dan metode mononobe. Analisis debit banjir menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dan pemodelan HEC-RAS dengan kala ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun. Nilai debit banjir puncak yang didapat adalah 1166,0139 m³/s; 2025,6221 m³/s; 3102,9706 m³/s dan 4200,4235 m³/s untuk kala ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun. Pada hasil hidraulika menggunakan *software* HEC-RAS diperoleh kedalaman air banjir Way Tulang Bawang pada daerah hulu, tengah, dan hilir pada kala ulang 5 tahun yaitu 5,4 m; 7,4 m; dan 3,28 m. Lalu pada kala ulang 10 tahun yaitu 6,02 m; 7,4 m; dan 3,28 m. Selanjutnya pada kala ulang 25 tahun yaitu 6,54m; 7,4 m; dan 3,28 m. Terakhir pada kala ulang 50 tahun yaitu 6,97m; 7,5 m; dan 3,64 m. Kesimpulannya pasang tertinggi berperan sebagai pemicu utama banjir di DAS Way Tulang Bawang serta kapasitas morfologi sungai yang terbatas dan kondisi morfologi sungai yang tidak ideal memperparah dampak banjir.

Kata Kunci : HEC-RAS, Pasang Surut, dan Rawa.

ABSTRACT

NON PERMANENT FLOW ANALYSIS OF THE TIDAL SWAMP AREA OF WAY TULANG BAWANG

By
ERZA GERALDI PRIANTO PUTRA

The simultaneous occurrence of tides and high-intensity rainfall necessitates an analysis of water level heights in the Way Tulang Bawang River Basin. The study's goal is to acquire water level values and calculation results to determine the appropriate embankment height. The Thiessen polygon method and the Mononobe method are used in the hydrological analysis. The Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph method and HEC-RAS modelling are used for flood discharge analysis with return periods of 5, 10, 25, and 50 years. The peak flood discharge values obtained are 1166.0139 m³/s; 2025.6221 m³/s; 3102.9706 m³/s; and 4200.4235 m³/s for return periods of 5, 10, 25, and 50 years, respectively. The hydraulic results obtained using HEC-RAS software indicate the floodwater depth of the Way Tulang Bawang River in the upstream, middle, and downstream areas for a return period of 5 years as 5.4 m; 7.4 m; and 3.28 m. Then, for a return period of 10 years, it is 6.02 m; 7.4 m; and 3.28 m. Next, for a return period of 25 years, it is 6.54 m; 7.4 m; and 3.28 m. Finally, for a return period of 50 years, it is 6.97 m; 7.5 m; and 3.64 m. In conclusion, the flood in the Way Tulang Bawang River Basin is a result of the combined effects of high rainfall intensity and the highest tide conditions. The highest tide acts as the primary trigger, while the limited river morphology capacity and the non-ideal river morphology conditions exacerbate the flood impact.

Keywords: HEC-RAS, Tidal, and Swamp.

**ANALISIS ALIRAN TIDAK PERMANEN DAERAH RAWA PASANG
SURUT WAY TULANG BAWANG**

Oleh

ERZA GERALDI PRIANTO PUTRA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**Judul Skripsi : ANALISIS ALIRAN TIDAK PERMANEN
DAERAH RAWA PASANG SURUT WAY
TULANG BAWANG**

Nama Mahasiswa : Erza Gerald Prianto Putra

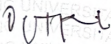
Nomor Pokok Mahasiswa : 2015011058

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Dyah Indriana K, S.T., M.Sc.
NIP 19691219 199512 2 001


Ir. Nur Arifaini, M.S.
NIP 19620218 199303 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

3. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil


Sasana Putra, S.T., M.T.
NIP 19691111 200003 1 002


Dr. Suyadi, S.T., M.T.
NIP 19741225 200501 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Dyah Indriana K, S.T., M.Sc.

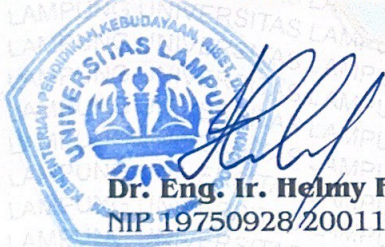
Sekretaris

: Ir. Nur Arifaini, M.S.

Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc.

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP 19750928/200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 18 Juli 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, adalah:

Nama : Erza Geraldi Prianto Putra
NPM : 2015011058
Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil
Fakultas : Teknik Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 18 Juli 2024
Penulis,



Erza Geraldi Prianto Putra

RIWAYAT HIDUP



Erza Geraldi Prianto Putra lahir pada tanggal 17 September 2002 di Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan suami istri bernama Supriyanto dan Ratna Sariati. Penulis mempunyai 1 saudara kandung, yaitu Raissa Aprita Nur Maharani sebagai kakak tertua. Penulis memulai pendidikan di TK Kartika II-26 Bandar Lampung dan melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SD Kartika II-5 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2014. Pada tahun 2017, penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Kartika II-2 Bandar Lampung dan melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMAN 2 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2020.

Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN pada tahun 2020. Selama menjadi mahasiswa, penulis juga aktif melakukan beberapa kegiatan kemahasiswaan, diantaranya:

1. Menjadi anggota departemen Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil pada periode 2021/2022.
2. Menjadi anggota departemen Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil pada periode 2022/2023.
3. Menjadi koordinator Civil Goes To Village The 8th Civil Brings Revolution pada tahun 2023.
4. Melaksanakan Kerja Praktik di Proyek Peningkatan Pengaman Pantai Canti dan Banding Kalinda pada tahun 2023.
5. Melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Sukabanjar 2, Kecamatan Ngambur, Kabupaten Pesisir Barat pada tahun 2023.

Persembahan

Alhamdulillahirobbilalamin

Puji dan syukur tercurahkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam.

Kupersembahkan karya ini kepada:

Kedua Orang Tuaku Tercinta

Bapak Supriyanto dan Ibu Ratna Sariati S.T., M.T., yang senantiasa memberikan do'a dan semangat dalam menjalankan pendidikan hingga karya ini dapat tercipta.

Kuucapkan pula terimakasih sebesar-besarnya karena telah mendidik dan membesarkan dengan penuh rasa kasih sayang.

Saudari Kandungku Tercinta

Yang selalu mendukung dan menjadi wadah curahan hati serta membantu dalam segala hal kesulitan yang dialami.

Dosen Pembimbing dan Penguji

Yang sangat berjasa dalam penulisan ini serta ilmu dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.

Dosen Teknik Sipil Universitas Lampung

Yang memberikan ilmu dan motivasi selama empat tahun masa perkuliahan ini dengan penuh keikhlasan dan kesabarannya.

Staff Teknik Sipil Universitas Lampung

Yang senantiasa membantu mahasiswa dalam kegiatan perkuliahan hingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Seluruh Keluarga Besar Teknik Sipil Angkatan 2020

Yang selalu memberikan semangat dan dukungan selama perkuliahan.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung dan Jurusan Teknik Sipil

Tempat bernaung dalam mengembang semua ilmu yang akan dijadikan sebagai bekal dalam kehidupan yang akan datang.

MOTTO

“Secukupnya, setulusnya, seutuhnya, seapa-adanya”

(Fiersa Basari)

“Yesterday home runs don’t win today games”

(Babe Ruth)

“Luck is preparation meeting opportunity”

(Oprah)

SANWACANA

Atas berkat rahmat hidayat Allah S.W.T. dengan mengucapkan puja – puji syukur Alhamdulillah, penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Aliran Tidak Permanen Daerah Rawa Pasang Surut Way Tulang Bawang” sebagai salah satu syarat dalam mendapatkan gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Lampung. Diharapkan dengan terselesainya skripsi ini, penulis mampu memberikan hasil mengenai permodelan hidraulika DAS Way Tulang Bawang sebagai referensi dan pengembangan ilmu pengetahuan di bidang hidroteknik. Pada penyusunan laporan, penulis mendapatkan banyak bantuan, dukungan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

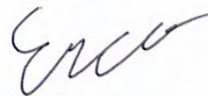
1. Keluarga tercinta Mamaku Ratna Sariati S.T., M.T., Papaku Supriyanto, kakak perempuanku Raissa Aprita Nur Maharani S.M., M.M., yang selalu mendukung dan memberikan doa yang terbaik.
2. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung sekaligus Dosen Teknik Sipil.
3. Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
5. Dr. Suyadi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
6. Prof. Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama yang sudah meluangkan waktunya dalam memberikan ilmu pengetahuan, saran, kritik, semangat serta bimbingan dan pengarahan dalam proses penyelesaian skripsi.

7. Ir. Nur Arifaini, M.S., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang sudah meluangkan waktunya dalam memberikan ilmu pengetahuan, saran, kritik, semangat serta bimbingan dan pengarahan dalam proses penyelesaian skripsi.
8. Dr. Ir. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc., selaku Dosen Penguji atas kesediaan waktunya dalam memberikan kritik, saran, dan masukan yang diberikan dalam proses penyelesaian skripsi.
9. Prof. Dr. Ir. C. Niken DWSBU, M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik atas bimbingan dan pengarahan selama masa perkuliahan.
10. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat dalam proses pembelajaran agar lebih baik kedepannya.
11. Instansi Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung (BBWS-MS) dan Georgius Andhan Kurniawan, S.TP dari PT. Prana Kurnia Pratama yang telah membantu dan memberikan data yang dibutuhkan saat penyusunan skripsi.
12. Tim Keluarga Cemara, (Mamek, Alif, Mei, Memed, Vano, Azka, Dendi, Habib, Hadi, Ohim, Indah, Jay, Jhon, Kholis, Dafi, Khoirul, Oby, Ole, Ragat, Raihan, Rama, Rifki, Dika, Usnul, Mensen, Yoga), yaitu teman-temanku yang sangat menghibur dan suka bercerita. Terima kasih karena telah menjadi tempat saya bercerita apapun dan di setiap saat. Semoga pertemanan ini tetap bertahan lama dan tetap berbagi cerita kapanpun.
13. Tim FWB tobat, (Rere, Ceng, Eneng, Aqila, Yola, Nuri, Revita, Ael, Bima, Ammar, Jhon, dan Firki), yaitu teman kuliah sejak masa mahasiswa baru hingga sekarang, terima kasih atas segala dukungan, cerita, tawa, dan segala kenangan yang membuat saya bertahan sampai menyelesaikan studi.
14. Tim Aladin Reborn, (Rizky, Putu, Agin, Bunga, Della, Kadek, Hanna, dan Salfa) sahabat sahabatku sejak masa seragam putih-biru yang telah menghibur dan percaya kepada saya pada waktu-waktu sulit. Terima kasih karena telah menjadi bagian penting dalam kehidupan saya dari masa remaja saya sampai sekarang.
15. Tim Hidro Binal, Ramadhani Artha, Reysa Finanda, dan Anisa Meidasari yang telah membantu saya di masa kesulitan pada proses pengerjaan skripsi dan tetap membawa keceriaan di masa-masa rumit.

16. Raden Angkling dan Putri Ayu Nabila sahabat – sahabatku yang telah menemani dan membantu dari awal diterima di Teknik Sipil UNILA sampai akhirnya menyelesaikan masa studi. Terima kasih atas segala kepedulian kalian terhadap saya baik dari segi akademik maupun mental.
17. Untuk seorang secret admirer dengan nickname “Al” yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis sejak 18 Mei 2024 tepatnya pukul 23.08 WIB sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan kondisi sehat baik jasmani maupun rohani. Terima kasih karena telah percaya bahwa saya dapat menyelesaikan skripsi di waktu yang tepat.
18. Mba Nur Annisa Mardhotillah yang telah membantu saya pada masa perkuliahan. Terima kasih atas segala pengalaman baru yang telah dipercayakan kepada saya. Semoga ilmu yang telah diberikan dapat bermanfaat bagi saya dan menjadi berkah untuk Mba Anis dan sekeluarga.
19. Keluarga besar Teknik Sipil angkatan 2020 (BRINGAS) yang telah bersama saya dari awal masa studi dan membuat banyak kenangan selama masa perkuliahan. Terima kasih atas semua cerita, kebersamaan, dan waktu yang telah kita semua bagikan. Semoga kesuksesan dan kebahagiaan senantiasa mengiringi perjalanan kita di masa mendatang.
20. Abang dan mbak, yang sudah membantu dalam proses penyelesaian skripsi serta memberikan pengalaman, cerita dan arahan selama di perkuliahan sehingga saya bisa bertahan dan nyaman di kampus ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga saran dan masukan membangun diperlukan oleh penulis agar skripsi ini sempurna di kemudian hari. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna.

Bandar Lampung, 18 Juli 2024
Penulis,



Erza Geraldi Prianto Putra

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR TABEL	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Hidrologi.....	4
2.2. Analisis Hidrologi.....	4
2.2.1. Delineasi dan Karakteristik DAS.....	5
2.2.2. Curah Hujan Rata – Rata	5
2.2.3. Parameter Statistik	7
2.2.4. Analisis Frekuensi dan Probabilitas.....	10
2.2.5. Pengujian Distribusi Frekuensi.....	14
2.2.6. Intensitas Curah Hujan Jam – Jaman.....	16
2.2.7. Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Nakayasu.....	17
2.2.8. Metode Rasional	18
2.3. Hidrograf Satuan.....	19
2.4. Kriteria Aliran.....	19
2.5. Analisis Hidraulika	20
2.5.1. Persamaan Kontinuitas	21
2.5.2. Persamaan Energi	22
2.5.3. Persamaan Keseimbangan Momentum.....	24
2.5.4. Kalibrasi Angka Manning.....	25
2.5.5. Elemen Geometri	25
2.5.6. Debit Aliran	27
2.6. HEC-RAS	28

III. METODE PENELITIAN.....	30
3.1. Lokasi Penelitian.....	30
3.2. Tahap Penelitian	30
3.2.1. Pengumpulan Data	30
3.2.2. Pengolahan Data	31
3.2.3. Pembahasan	33
3.3. Diagram Alir Penelitian	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1. Delineasi Daerah Aliran Sungai	35
4.2. Analisis Hidrologi.....	36
4.2.1. Analisis Curah Hujan.....	36
4.2.2. Analisis Parameter Statistik	38
4.2.3. Analisis Hujan Rencana.....	40
4.2.4. Analisis Intensitas Hujan	41
4.2.5. Pengujian Kecocokan Distribusi.....	43
4.3. Hidrograf Banjir Rencana Way Tulang Bawang	46
4.4. Analisis Pasang Surut	47
4.5. Pemodelan Hidrologi Menggunakan HEC-RAS	47
4.6. Analisis Banjir Way Tulang Bawang Menggunakan HEC-RAS	58
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	60

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (DATA HUJAN)

LAMPIRAN B (HASIL SIMULASI HEC-RAS)

LAMPIRAN C (LEMBAR ASISTENSI)

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Siklus hidrologi.....	4
2. Metode poligon thiessen.....	6
3. Metode isohyet.....	7
4. Keseimbangan zat cair pada saluran terbuka.....	22
5. Sketsa persamaan energi aliran pada saluran terbuka.....	22
6. Prinsip keseimbangan momentum.....	24
7. Peta DAS Penelitian	30
8. Membuat <i>project</i> baru.....	31
9. Menyimpan <i>project</i> dengan nama yang ditentukan.....	31
10. Menginput data	32
11. Komponen <i>input</i> data.....	32
12. Komponen <i>running</i> program	33
13. Diagram alir penelitian	34
14. Delineasi daerah aliran sungai	35
15. Peta poligon thiessen penelitian.....	36
16. Kurva IDF.....	45
17. Grafik hidrograf banjir rencana	48
18. Grafik pasang surut.....	49
19. Kondisi maksimum grafik hidrograf dan grafik pasang surut.....	49
20. Kedalaman banjir dengan kala ulang 5 tahun.....	49
21. Kedalaman banjir dengan kala ulang 10 tahun.....	50
22. Kedalaman banjir dengan kala ulang 25 tahun.....	51
23. Kedalaman banjir dengan kala ulang 50 tahun.....	52
24. Perbandingan kedalaman banjir pada kala ulang 5 tahun dan 50 tahun.....	53
25. WSE (<i>Water Surface Elevation</i>) kala ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun.....	55
26. LS WSE kala ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun	57

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi	10
2. Nilai <i>Reduced Variate</i> (Y_T)	11
3. Nilai <i>Reduce Mean</i> (Y_n).....	12
4. Nilai <i>Reduced Standard Deviation</i> (S_n).....	12
5. Nilai k Distribusi Log Pearson Tipe III	13
6. Nilai X_{cr^2}	15
7. Nilai ΔK_{kritik}	15
8. Koefisien Aliran (C)	18
9. Nilai Koefisien Manning (n).....	26
10. Nilai Koefisien Thiessen.....	36
11. Nilai Curah Hujan Rata-Rata Maksimum.....	37
12. Perhitungan Statistik Non-Logaritmik.....	38
13. Perhitungan Statistik Logaritmik.....	39
14. Kesimpulan Analisis Parameter Statistik.....	40
15. Intensitas Hujan 24 Jam.....	42
16. Hasil Perhitungan Log Pearson III	44
17. Hasil Perhitungan Smirnov Kolmogorov	45
18. Hasil WSE (<i>Water Surface Elevation</i>) Way Tulang Bawang	58

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Sungai merupakan aliran air yang mengalir dengan satu arah dari daerah yang tinggi ke daerah yang rendah secara gravitasi atau dari hulu hingga menuju ke hilir. Sungai adalah sumber daya yang banyak dimanfaatkan bagi makhluk hidup dalam kehidupan sehari-hari seperti sanitasi, irigasi, pembangkit tenaga listrik, olahraga, pariwisata, kebutuhan rumah tangga, sumber air bersih, dan membantu memenuhi kebutuhan air minum manusia.

Faktor-faktor seperti pola aliran, elevasi, dan debit air menjadi kunci dalam pemahaman dan manajemen sumber daya air di suatu area. Oleh karena itu, permodelan hidraulika menjadi sarana penting dalam analisis dan perencanaan pengelolaan ini. Perangkat lunak HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center-River Analysis System*) telah menjadi pilihan utama untuk permodelan hidraulika sungai, dikenal karena kemampuannya dalam menggambarkan kondisi aliran sungai secara efektif.

Meskipun telah banyak penelitian yang menggunakan perangkat lunak HEC-RAS, penerapan di Way Tulang Bawang masih memerlukan evaluasi lebih lanjut. Pemahaman mendalam mengenai akurasi permodelan hidraulika, terutama dalam konteks geografis dan hidrologi, menjadi suatu keharusan. Selain itu, penting untuk menganalisis dampak perubahan kondisi aliran sungai terhadap lingkungan dan masyarakat di sekitarnya.

Lokasi penelitian kali ini juga merupakan daerah yang memungkinkan terjadinya genangan ketika terjadi air pasang bersamaan dengan intensitas hujan yang tinggi. Aktivitas masyarakat akan terganggu apabila sampai terjadi genangan akibat pasang tinggi yang bisa menggenangi lahan

sawah sampai rumah warga. Sehingga perlu untuk dilakukan penelitian analisis tinggi muka air di Daerah Aliran Sungai Way Tulang Bawang akibat pengaruh pasang surut dan hujan intensitas tinggi ketika terjadi di waktu yang bersamaan dengan tujuan untuk memperoleh nilai tinggi muka air dan hasil perhitungan untuk menentukan tinggi tanggul yang tepat. Harapannya, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan, perencanaan mitigasi risiko banjir, dan kebijakan pembangunan berkelanjutan di Way Tulang Bawang.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah:

1. Berapa nilai debit banjir yang terjadi pada sungai Way Tulang Bawang dengan kala ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun?
2. Berapa kedalaman yang terjadi pada DAS Way Sekampung bagian hulu menggunakan *software* HEC-RAS?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui nilai debit banjir yang terjadi pada sungai Way Tulang Bawang dengan kala ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun.
2. Mengetahui kedalaman yang terjadi pada DAS Way Sekampung bagian hulu menggunakan *software* HEC-RAS.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil dalam analisa tugas akhir ini yaitu:

1. Pemodelan HEC-RAS untuk analisis hidraulika sungai dengan mode *running unsteady flow*.
2. Objek penelitian yang digunakan adalah ruas Sungai Way Pidada dan Way Tulang Bawang.
3. Pemodelan menggunakan aplikasi HEC-RAS 6.5.
4. Penelitian ini dibatasi dari daerah Kecamatan Meraksa sampai dengan Muara Way Tulang Bawang.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui ilmu HEC-RAS serta diharapkan dapat lebih memahami bagaimana melakukan analisis hidraulika sehingga dapat digunakan untuk kepentingan penelitian selanjutnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika atau kerangka penulisan yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan pembahasan mengenai latar belakang dilakukan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan pembahasan mengenai landasan teori yang digunakan dalam penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan pembahasan mengenai metode penelitian yang akan digunakan dalam hal ini mencakup lokasi penelitian, analisa kebutuhan data penelitian, serta tahap-tahap yang akan dilakukan dalam penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan gambaran hasil analisa dan penelitian baik secara kualitatif maupun kuantitatif, dan pembahasan hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

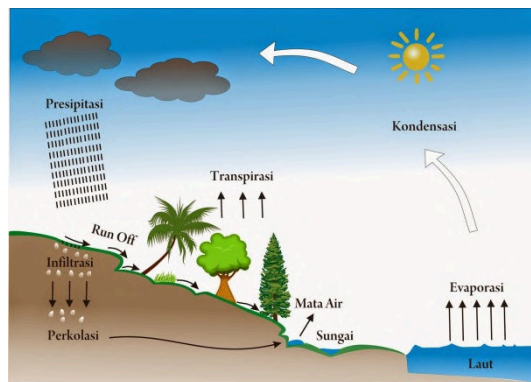
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran terhadap penelitian yang telah dilakukan. Pada kesimpulan dapat dikemukakan masalah-masalah yang terjadi pada saat penelitian kemudian saran berisikan solusi atas permasalahan dan keluhan yang terjadi selama penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hidrologi

Hidrologi adalah cabang ilmu geografi yang mempelajari sifat, distribusi, pergerakan, dan manfaat air di berbagai bagian atmosfer, permukaan bumi, dan di bawah permukaan bumi. Ilmu ini mencakup analisis siklus hidrologi, perubahan bentuk air, distribusi air di bumi, dan interaksi air dengan lingkungan serta kehidupan manusia (Dingman, 2015).



Gambar 1. Siklus hidrologi.

2.2. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi adalah suatu proses untuk memahami dan mengkaji perilaku air dalam suatu sistem hidrologi, yang mencakup siklus air, distribusi air, dan pergerakan air di dalam suatu daerah aliran sungai atau sistem perairan. Analisis ini melibatkan pengumpulan, pemrosesan, dan interpretasi data hidrologi untuk mendapatkan informasi yang diperlukan dalam perencanaan dan manajemen sumber daya air.

2.2.1. Delineasi dan Karakteristik DAS

Delineasi Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan proses ilmiah untuk mengidentifikasi dan mendefinisikan batas-batas wilayah yang berkontribusi dalam mengalirkan curah hujan (*input*) menjadi aliran permukaan menuju satu titik luaran (*outlet*). Proses delineasi ini diawali dengan pengolahan data mentah *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS), sebuah data set topografi yang digunakan untuk menghasilkan gambaran DAS.

Pemetaan DAS dilakukan dengan menggunakan aplikasi GIS (*Geographic Information System*) seperti Global Mapper. Alat ini memungkinkan analisis karakteristik DAS secara menyeluruh, termasuk luas wilayah, panjang sungai utama, dan kemiringan lereng.

2.2.2. Curah Hujan Rata – Rata

Analisis debit banjir merupakan langkah penting dalam memahami potensi bahaya dan merancang infrastruktur yang tahan terhadap keedalaman air. Beberapa metode, termasuk metode aritmatik, metode poligon Thiessen, dan metode isohyet digunakan untuk menghitung curah hujan (Fitriyanti, 2019).

1. Metode Aritmatika

Metode aritmetik merupakan pendekatan paling sederhana di antara metode perhitungan curah hujan rata-rata di suatu kawasan. Penggunaan stasiun dalam penelitian ini harus pada suatu DAS, ataupun stasiun yang berada dekat dengan suatu DAS juga bisa diperhitungkan.

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

$\bar{P}$ = Hujan rata-rata (mm)

$P_1, P_2, \dots, P_n$ = Curah hujan pada stasiun 1,2,...,n (mm)
 n = Jumlah stasiun

2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini dikenal sebagai metode rata-rata tengah, dimana melibatkan pembentukan dari daerah pengaruh untuk setiap stasiunnya menggunakan garis-garis sumbu tegak lurus yang bersinggungan dan menghubungkan dua stasiun. Metode Poligon Thiessen merupakan teknik ilmiah yang digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata di suatu kawasan, khususnya Daerah Aliran Sungai (DAS). Kelebihan utama metode ini terletak pada kemampuannya untuk mempertimbangkan luas wilayah yang diwakili oleh setiap stasiun pengukur hujan, sehingga menghasilkan perkiraan curah hujan rata-rata yang lebih presisi dan akurat.

Hujan rata-rata dapat dihitung dengan persamaan berikut:

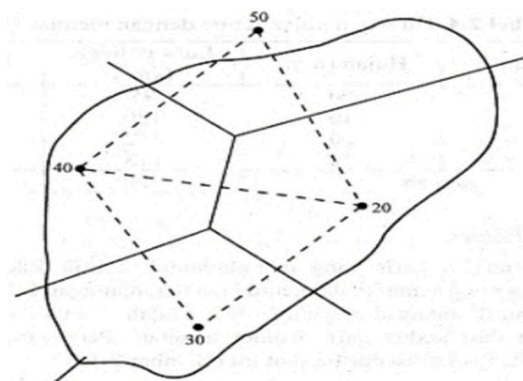
$$\bar{P} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

$\bar{P}$ = Hujan rata-rata (mm)

$P_1, P_2, \dots, P_n$ = Curah hujan pada stasiun 1,2,...,n (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_n$ = Luas daerah pengaruh stasiun hujan (km²)



Gambar 2. Metode poligon thiessen.

3. Metode Isohyet

Metode isohyet merupakan teknik ilmiah yang digunakan untuk memetakan dan mengukur sebaran spasial curah hujan di suatu wilayah geografis. Metode ini memanfaatkan garis-garis isohyet, yaitu garis-garis yang menghubungkan titik-titik dengan nilai curah hujan yang sama. Ini dapat dilakukan menggunakan rumus berikut:

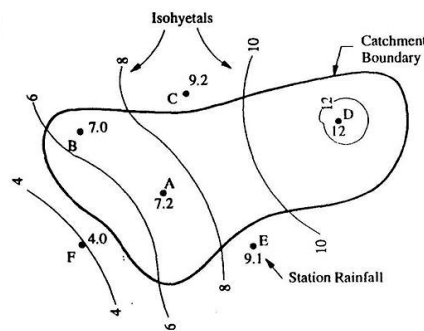
$$\bar{P} = \frac{A_1\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right) + A_2\left(\frac{P_2+P_3}{2}\right) + \dots + A_{n-1}\left(\frac{P_{n-1}+P_n}{2}\right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

$\bar{P}$ = Hujan rata-rata (mm)

$P_1, P_2, \dots, P_n$ = Garis isohyet ke 1, 2, ..., n (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_n$ = Luas daerah yang dibatasi garis isohyet (km²)



Gambar 3. Metode isohyet.

2.2.3. Parameter Statistik

Proses penelitian distribusi ini merupakan langkah kritis dalam analisis hidrologi, karena pemilihan distribusi yang tepat dapat meningkatkan akurasi dan ketepatan hasil perhitungan distribusi probabilitas. Dari ke 4 metode yang ada, dikelompokkan menjadi 2 distribusi, yakni Distribusi Non-Logaritmik dan Logaritmik.

1. Distribusi Non-Logaritmik

Metode Normal dan Gumbel termasuk Distribusi Non-Logaritmik.

a. Nilai Rata-Rata (*Mean*)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata curah hujan (mm)

X = Nilai curah hujan (mm)

n = Jumlah data curah hujan

b. Simpangan Baku (*Standard Deviation*)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

S = Standar deviasi curah hujan

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata curah hujan (mm)

X = Nilai curah hujan (mm)

n = Jumlah data curah hujan

c. Koefisien Variasi (*Coefficien of Variation*)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

Cv = Koefisien variasi curah hujan

S = Standar deviasi curah hujan

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata curah hujan (mm)

d. Koefisien Skewness (*Coefficien of Sweekness*)

$$Cs = \frac{\sum(X-\bar{X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times S^3} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

Cs = Koefisien kemencengan curah hujan

S = Standar deviasi curah hujan

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata curah hujan (mm)

X = Nilai curah hujan (mm)

n = Jumlah data curah hujan

e. Koefisien Ketajaman (*Coefficien of Kurtosis*)

$$Ck = \left[\frac{n \times (n+1) \times \sum(X-\bar{X})^4}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times S^4} \right] - \frac{3 \times (n-1)^2}{(n-2) \times (n-3)} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

C_k = Koefisien kurtosis curah hujan

S = Standar deviasi curah hujan

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata curah hujan (mm)

X = Nilai curah hujan (mm)

n = Jumlah data curah hujan

2. Distribusi Logaritmik

Metode yang termasuk dalam distribusi Logaritmik adalah metode log normal dan juga metode log pearson tipe III.

a. Nilai Rata-Rata (*Mean*)

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum \text{Log}(X)}{n} \dots\dots\dots (9)$$

b. Simpangan Baku (*Standard Deviation*)

$$S\overline{\text{Log}X} = \sqrt{\frac{\sum \text{Log}(X - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (10)$$

c. Koefisien Variansi (*Coefficien of Variation*)

$$C_v = \frac{S\overline{\text{Log}X}}{\overline{\text{Log}X}} \dots\dots\dots (11)$$

d. Koefisien Skewness (*Coefficien of Sweekness*)

$$C_s = \frac{\sum \text{Log}(X - \bar{X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times S^3} \dots\dots\dots (12)$$

e. Koefisien Ketajaman (*Coefficien of Kurtosis*)

$$C_k = \left[\frac{n \times (n+1) \times \sum \text{Log}(X - \bar{X})^4}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times S^4} \right] - \frac{3 \times (n-1)^2}{(n-2) \times (n-3)} \dots\dots\dots (13)$$

Sifat khas masing-masing parameter statistik dapat ditinjau dari besarnya nilai koefisien kemencengan (C_s) dan koefisien ketajaman (C_k) yang sesuai dengan syarat dari masing-masing jenis distribusi yang dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 1. Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi

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

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

2.2.4. Analisa Frekuensi dan Probabilitas

Analisis frekuensi bertujuan untuk mengetahui besarnya suatu kejadian dan frekuensi atau periode ulang kejadian tersebut dengan menggunakan distribusi probabilitas (Talumepa, Tanudjaja, & Sumarauw, 2017). Berikut metode distribusi yang dapat dilakukan:

1. Metode Distribusi Normal

Metode ini disebut juga distribusi Gauss. Perhitungan ini menggunakan persamaan:

$$X = \bar{X} + Kt \times S \dots\dots\dots (14)$$

$$Kt = \frac{(X_t - \bar{X})}{S} \dots\dots\dots (15)$$

Dimana:

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

$\bar{X}$ = Curah hujan rata-rata maksimum (mm/hari)

S = Standar deviasi

K_t = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

2. Metode Distribusi Gumbel

$$X_T = \bar{X} + k \times S \dots\dots\dots (16)$$

$$k = \frac{(Y_T - Y_n)}{S_n} \dots\dots\dots (17)$$

Keterangan:

X_T = curah hujan rencana maksimum (mm/hari) dengan periode ulang hujan tertentu

$\bar{X}$ = curah hujan rata-rata maksimum (mm/hari)

k = faktor frekuensi gumbell

Y_T = *reduce variate*

Y_n = *reduce mean*

S_n = *reduce standard deviation*

Tabel 2. Nilai *Reduced Variate* (Y_T)

Periode Ulang (tahun)	Reduced Variate
2	0,3668
5	1,5004
10	2,251
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
100	4,6012
200	5,2969
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 3. Nilai *Reduce Mean* (Y_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5608	0,5610	0,5611

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 4. Nilai *Reduce Standard Deviation* (S_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2044	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2077	1,2084	1,2087	1,2087	1,2093	1,2096

(Sumber: Suripin, 2004)

3. Metode Distribusi Log Normal

$$\text{Log}(X) = \overline{\text{Log } X} + Kt \times S\overline{\text{Log } X} \dots\dots\dots (18)$$

$$Kt = \frac{(X_t - \bar{X})}{s} \dots\dots\dots (19)$$

Dimana:

Log (X) = logaritmik curah hujan untuk periode tertentu

 $\overline{\text{Log } X}$ = hujan rata-rata dari logaritmik data $S\overline{\text{Log } X}$ = standar deviasi logaritmik

Kt = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

4. Metode Distribusi Log Pearson Tipe III

$$\text{Log}(X) = \overline{\text{Log } X} + K \times S\overline{\text{Log } X} \dots\dots\dots (20)$$

Dimana:

$\text{Log}(X)$ = logaritmik curah hujan untuk periode tertentu

$\overline{\text{Log } X}$ = hujan rata-rata dari logaritmik data

$S\overline{\text{Log } X}$ = standar deviasi logaritmik

K = faktor dari distribusi Log Pearson Tipe III, dari tabel fungsi Cs dan probabilitas kejadian.

Tabel 5. Nilai k Distribusi Log Pearson Tipe III

Koefisien Kemencengan (Cs)	Periode Ulang (tahun)					
	2	5	10	50	100	200
	Peluang (%)					
	50	20	10	2	1	0.5
3.0	-0.396	0.420	1.180	3.152	4.051	4.970
2.5	-0.360	0.518	1.250	3.048	3.845	4.652
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.970	3.705	4.444
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.912	3.605	4.298
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.848	3.499	4.147
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.780	3.388	3.990
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.706	3.271	3.828
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.626	3.149	3.661
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.542	3.022	3.489
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.498	2.957	3.401
0.8	-0.132	0.780	1.336	2.453	2.891	3.312
0.7	-0.116	0.790	1.333	2.407	2.824	3.223
0.6	-0.099	0.800	1.328	2.359	2.755	3.132
0.5	-0.083	0.808	1.323	2.311	2.686	3.041
0.4	-0.066	0.816	1.317	2.261	2.615	2.949
0.3	-0.050	0.824	1.309	2.211	2.544	2.856
0.2	-0.033	0.830	1.301	2.159	2.472	2.763
0.1	-0.017	0.836	1.292	2.107	2.400	2.670
0.0	0.000	0.842	1.282	2.054	2.326	2.576
-0.1	0.017	0.836	1.270	2.000	2.252	2.482
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.945	2.178	2.388
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.890	2.104	2.294

-0.4	0.066	0.855	1.231	1.834	2.029	2.201
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.777	1.955	2.108
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.720	1.880	2.016
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.663	1.806	1.926
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.606	1.733	1.837
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.549	1.660	1.749
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.492	1.588	1.664
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.379	1.449	1.501
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.270	1.318	1.351
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.166	1.197	1.216
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.069	1.087	1.097
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.980	0.990	0.995
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.900	0.905	0.907
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.798	0.799	0.800
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.667	0.667

(Sumber: Suripin, 2004)

2.2.5. Pengujian Distribusi Frekuensi

1. Uji Chi – Kuadrat

Nilai X^2 yang digunakan dalam pengujian ini, dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$DK = K - (\alpha + 1)$$

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

Keterangan:

X^2 = Nilai Chi-Kuadrat terhitung

E_f = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelas

O_f = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

n = Jumlah data

DK = Derajat kebebasan

K = Banyak kelas

α = Banyaknya keterikatan, untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2

Tabel 6. Nilai X_{cr}^2

Dk	Taraf Signifikansi (α)				
	0,5	0,2	0,1	0,05	0,01
1	0,455	1,642	2,706	3,841	6,635
2	1,386	3,219	4,605	5,991	9,210
3	2,366	4,642	6,251	7,815	11,341
4	3,357	5,989	7,779	9,488	13,277
5	4,351	7,289	9,236	11,070	15,086
6	5,348	8,658	10,645	12,592	16,812
7	6,346	9,803	12,017	14,067	18,475
8	7,344	11,030	13,362	15,507	20,090
9	8,343	12,242	14,684	16,910	21,666
10	9,342	13,442	15,987	18,307	23,209
11	10,341	14,631	17,275	19,675	24,725
12	11,340	15,812	18,549	21,026	26,217
13	12,340	16,983	19,812	22,362	27,688
14	13,339	18,151	21,064	23,685	29,141
15	14,339	19,311	22,307	24,996	30,578
16	15,338	20,465	23,542	26,296	32,000
17	16,338	21,615	24,769	27,587	33,400
18	17,338	22,775	25,989	28,869	34,805
19	18,338	23,900	27,204	30,144	36,191
20	19,337	25,038	28,412	31,410	37,566

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

2. Uji Smirnov – Kolmogorov

Dikarenakan pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi, maka disebut sebagai uji kecocokan non parametrik. Sebaliknya, digunakan kurva dan representasi data pada kertas probabilitas. Dari gambar dapat diketahui jarak penyimpangan setiap titik data terhadap kurva. Jarak penyimpangan terbesar merupakan nilai Δ_{maks} dengan kemungkinan didapat nilai yang lebih kecil dari nilai Δ_{kritik} , maka distribusi yang dipilih dapat digunakan.

Tabel 7. Nilai Δ_{kritik}

N	Level of significance α (%)				
	20	15	10	5	1
1	0,9	0,925	0,95	0,975	0,995
2	0,684	0,726	0,776	0,842	0,929
3	0,565	0,597	0,642	0,703	0,829
4	0,494	0,525	0,564	0,624	0,734

5	0,446	0,474	0,51	0,563	0,669
6	0,41	0,436	0,47	0,521	0,618
7	0,381	0,405	0,438	0,468	0,577
8	0,358	0,381	0,411	0,457	0,543
9	0,339	0,36	0,388	0,432	0,514
10	0,322	0,342	0,368	0,409	0,486
11	0,307	0,326	0,352	0,391	0,468
12	0,295	0,313	0,338	0,375	0,45
13	0,284	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,274	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,283	0,304	0,338	0,404

(Sumber : Triatmodjo,2008)

2.2.6. Intensitas Curah Hujan Jam-Jaman

Intensitas hujan merupakan parameter penting dalam hidrologi yang didefinisikan sebagai jumlah air hujan yang turun dalam persatuan waktu atau kedalaman air hujan dalam waktu tertentu (Susilowati & Sadad, 2019). Semakin besar intensitas hujan, semakin deras hujan yang turun. Faktor-faktor yang mempengaruhi intensitas hujan adalah besarnya volume air hujan dan durasi waktu hujan. Hujan dengan volume air yang lebih besar dan durasi waktu yang lebih lama umumnya memiliki intensitas yang lebih tinggi.

Dalam perhitungan hidrograf banjir, intensitas hujan digunakan sebagai salah satu input utama untuk menentukan debit banjir. Hidrograf banjir adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara waktu dan debit air di suatu titik aliran sungai. Persamaan yang umum digunakan untuk menghitung hidrograf banjir adalah persamaan metode rasional, yang membutuhkan data intensitas hujan dengan selang waktu antara 5-7 jam.

$$I_T = T \times R_t - [(T - 1) \times R_{(T-1)}]$$

$$R_t = \left(\frac{R^2}{T} \right) \left(\frac{t}{T} \right)^{2/3}$$

Keterangan:

I_T = Intensitas curah hujan pada jam ke-T

T	= Durasi hujan dari jam ke-1 sampai jam ke 5-7
$R_{(T-1)}$	= Rerata hujan dari awal sampai dengan jam ke (T-1)
R_t	= Intensitas hujan rerata sampai dengan jam ke-T (mm/jam)
R_{24}	= Curah hujan maksimum dalam waktu 24 jam (mm)
t	= Durasi hujan (jam), untuk Indonesia antara 5-7 jam

2.2.7. Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Nakayasu

Hidrograf limpasan langsung atau limpasan permukaan yang dihasilkan oleh hujan satuan disebut hidrograf satuan. Di sisi lain, hidrograf dimaksudkan sebagai penyajian grafis hubungan antara elemen aliran seperti debit (Q) terhadap waktu (t). Berikut merupakan persamaan debit puncak banjir dengan metode Nakayasu (Sihotang *et al.*, 2011).

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A \cdot R_o}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right)$$

$$T_p = t_g + 0,8 T_r$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \quad (\text{untuk } L > 15 \text{ km})$$

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \quad (\text{untuk } L < 15 \text{ km})$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g$$

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g$$

Keterangan:

$$Q_p = \text{Debit puncak banjir (m}^3/\text{s)}$$

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

$$L = \text{Panjang sungai utama (km)}$$

$$R_o = \text{Curah hujan efektif (mm)}$$

$$T_p = \text{Waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)}$$

$$T_{0,3} = \text{Waktu puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam)}$$

$$t_g = \text{Waktu konsentrasi (jam)}$$

$$t_r = \text{Satuan waktu curah hujan (jam)}$$

$$\alpha = \text{Koefisien karakteristik DAS, diambil nilai 2}$$

2.2.8. Metode Rasional

Metode rasional sering digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada suatu DAS kecil. Suatu DAS yang kecil dianggap memiliki distribusi hujan yang seragam dalam ruang dan waktu, dan biasanya durasi hujan melebihi waktu konsentrasi (Triadmojo, 2008). Metode rasional dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = 0,278.C.I.A$$

dengan :

Q = debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas, durasi, dan frekuensi (m^3/det)

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah tangkapan (km^2)

C = koefisien limpasan (*runoff*) nilainya sesuai pada tabel 7.

Tabel 8. Koefisien Aliran (C)

Tipe Daerah Aliran	Koefisien Aliran (C)
Rerumputan	
Tanah pasir, datar 2%	0,5-0,10
Tanah pasir, sedang 2-7%	0,10-0,15
Tanah pasir, curam, 7%	0,15-0,20
Tanah gemuk, datar, 2%	0,13-0,17
Tanah gemuk, sedang, 2-7%	0,18-0,22
Tanah gemuk, curam, 7%	0,25-0,35
Perdagangan	
Daerah kota lama	0,75-0,95
Daerah pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	
Daerah <i>single family</i>	0,30-0,50
Multi unit terpisah	0,40-0,60
Multi unit tertutup	0,60-0,75
Sub urban	0,25-0,40
Daerah apartemen	0,50-0,7
Industri	
Daerah ringan	0,50-0,80
Daerah berat	0,60-0,90

Taman, kuburan	0,1-0,25
Tempat bermain	0,20-0,35
Halaman kereta api	0,2-0,40
Daerah tidak dikerjakan	0,10-0,30
Jalan	
Beraspal	0,70-0,95
Beton	0,80-0,95
Batu	0,70-0,85
Atap	0,75-0,95
Hutan	
Datar, 0-5%	0,10-0,4
Bergelombang, 5-10%	0,25-0,5
Berbukit, 10-30%	0,30-0,6

(sumber : Triadmojo, 2008)

2.3. Hidrograf Satuan

Hidrograf satuan adalah Gambaran limpasan langsung yang dihasilkan oleh curah hujan efektif dengan intensitas yang sama di seluruh DAS selama waktu tertentu. Curah hujan efektif diasumsikan sebesar 1 milimeter, setara dengan satu unit limpasan langsung di seluruh DAS. Untuk menghitung debit banjir dengan metode hidrograf satuan, diperlukan data curah hujan efektif.

2.4. Kriteria Aliran

Klasifikasi jenis aliran menurut kedalaman dan waktu dalam saluran terbuka terbagi menjadi 2 yaitu aliran tetap dan aliran tidak tetap (Wesli, 2008 ; Rahmawati dan Aritonang, 2016). Jika nilai variabel aliran seperti kecepatan (V), tekanan (p), rapat massa (r), tampang aliran (A), debit (Q), dan sejenisnya pada suatu titik tetap tidak mengalami perubahan sepanjang waktu, maka aliran tersebut dapat dikategorikan sebagai aliran permanen atau tunak (*steady flow*). Keadaan untuk jenis aliran permanen (*steady flow*) ini dapat dinyatakan dalam bentuk matematis berikut :

$$\frac{\partial V}{\partial t} = 0; \frac{\partial P}{\partial t} = 0; \frac{\partial h}{\partial t} = 0; \frac{\partial Q}{\partial t} = 0; \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \dots \dots \dots (21)$$

Namun, apabila terdapat perubahan nilai variabel pada aliran di salah satu lokasi tertentu selama periode waktu tertentu, maka situasi tersebut akan dianggap sebagai aliran tidak permanen atau tidak tunak (*unsteady flow*). Keadaan dalam kondisi aliran tidak permanen (*unsteady flow*) ini dapat dinyatakan dalam sebuah rumus persamaan seperti berikut :

$$\frac{\partial V}{\partial t} \neq 0; \frac{\partial P}{\partial t} \neq 0; \frac{\partial h}{\partial t} \neq 0; \frac{\partial Q}{\partial t} \neq 0; \frac{\partial A}{\partial t} \neq 0 \dots \dots \dots (22)$$

2.5. Analisis Hidraulika

Analisis hidraulika merupakan bidang kajian yang memfokuskan pada pemahaman perilaku aliran fluida dalam sistem air. Analisis hidraulika melibatkan penerapan hukum kekekalan massa, kekekalan energi, dan kekekalan momentum. Ketiga hukum ini kemudian dinyatakan melalui persamaan matematis, yakni persamaan kontinuitas untuk massa, persamaan energi untuk energi kinetik dan potensial, serta persamaan momentum untuk perubahan momentum dalam aliran fluida. Persamaan ini digunakan sebagai dasar dalam memahami karakteristik aliran sungai. Penerapan metode analisis melibatkan penggunaan perangkat lunak dan model matematis, seperti HEC-RAS, EPANET, atau SWMM, untuk memodelkan dan mensimulasikan aliran dalam saluran, sungai, atau sistem distribusi air.

Analisis hidraulika dilakukan untuk mengetahui tinggi muka air tertinggi pada aliran akibat intensitas hujan yang tinggi dan mengetahui karakteristik aliran sungai. Permodelan hidraulika aliran sungai ini menggunakan perangkat lunak HEC-RAS. Permodelan hidraulika menjadi alat penting dalam menggambarkan perilaku aliran sungai dan memberikan prediksi terhadap perubahan kondisi aliran. Dengan menggunakan model

matematika, seperti HEC-RAS, penelitian dapat mendukung perencanaan dan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Analisis hidraulika sungai melibatkan pemahaman konsep dasar seperti pola aliran, elevasi, dan debit air. Konsep ini esensial dalam mengevaluasi kondisi aliran sungai dan memberikan dasar untuk permodelan hidraulika.

2.5.1 Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas adalah persamaan yang menghubungkan kecepatan fluida dalam dari satu tempat ke tempat lain.

$$\left[\left(Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) \right] \Delta t = \frac{\partial Q}{\partial x} \Delta t \dots\dots\dots (23)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (A \cdot \Delta x) \cdot \Delta t \dots\dots\dots (24)$$

Persamaan kontinuitas didapatkan dari hasil menguraikan debit sebagai perkalian luas (A) dan kecepatan rata-rata yang dinyatakan menjadi (Wahono, 2010):

$$\frac{\partial}{\partial t} (AU) + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \dots\dots\dots (25)$$

Keterangan:

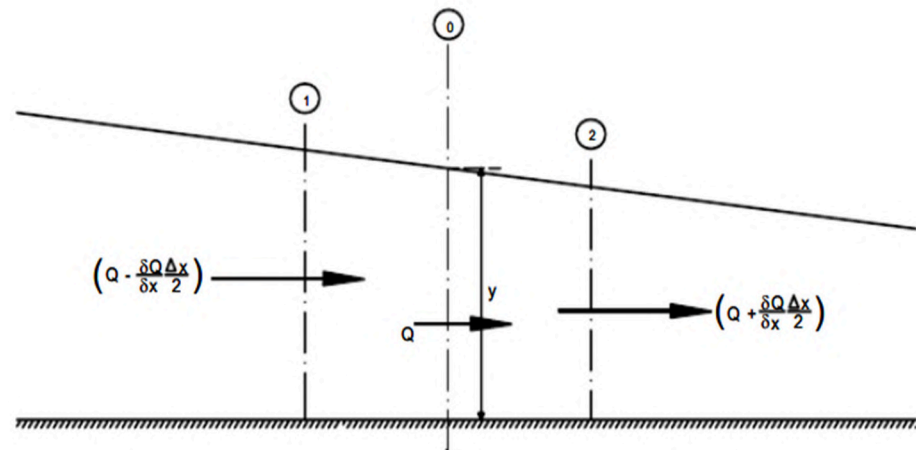
t = Waktu (s)

A = Luas penampang saluran (m²)

U = Kecepatan rata-rata aliran arah x (m/s)

Q = Debit aliran (m³/s)

Sketsa mengenai konsep dari keseimbangan aliran massa zat cair yang memvisualisasikan tentang bentuk persamaan kontinuitas dapat dilihat pada Gambar 4.

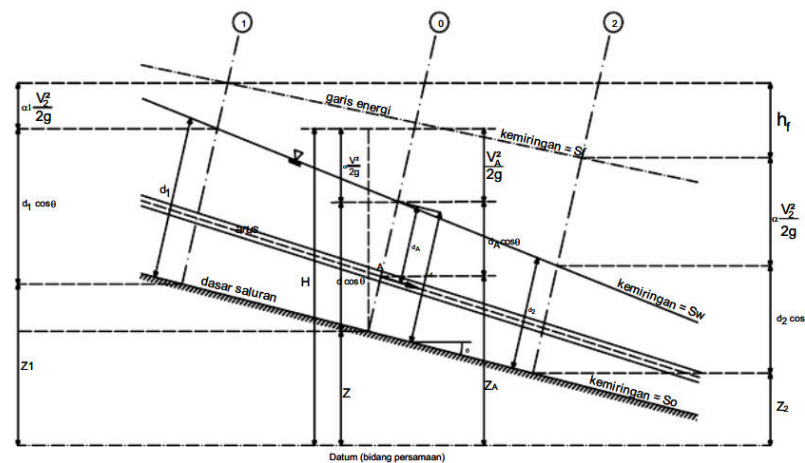


(Sumber: Wahono, 2010)

Gambar 4. Keseimbangan zat cair pada saluran terbuka.

2.5.2 Persamaan Energi

Berdasarkan prinsip kekekalan energi, total energi di penampang awal (hulu) dianggap setara dengan total energi di penampang akhir (hilir). Hal ini juga sejajar dengan selisih tinggi (h_f) di antara keduanya, sebagaimana diilustrasikan dalam Gambar 5.



(Sumber: Wahono, 2010)

Gambar 5. Sketsa persamaan energi aliran pada saluran terbuka.

Berikut merupakan bentuk persamaan energi (Wahono, 2010):

$$Z_1 + d_1 \cos \theta + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = Z_2 + d_2 \cos \theta + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = h_f \dots \dots \dots (26)$$

Keterangan:

Z_1, Z_2	= elevasi dasar saluran utama pada penampang 1 dan 2
$d_1 \cos\theta, d_2 \cos\theta$	= kedalaman air pada penampang sungai 1 dan 2
V_1, V_2	= kecepatan rata-rata pada penampang 1 dan 2
α_1, α_2	= faktor koreksi energi kinetik pada penampang 1 dan 2
g	= percepatan gravitasi
h_f	= tinggi kehilangan energi (<i>energy loss head</i>)

Setelah itu, akibat dari adanya gesekan dan peralihan seperti penyempitan atau pelebaran terhadap aliran antar dua penampang aliran disebut sebagai tinggi kehilangan energi (h_f) yang dinyatakan dengan persamaan berikut (Wahono, 2010) :

$$h_f = LS_f + k \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \dots\dots\dots (27)$$

Keterangan :

$$S_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2 \text{ dengan } K = \frac{1}{n} A R^{2/3}$$

K = Koefisien kontraksi akibat penyempitan dan pelebaran aliran

S_f = Kemiringan garis energi

K = Hantaran (*conveyance*) penampang saluran

n = Koefisien kekasaran Manning

A = Luas penampang (m^2)

R = Jari-jari hidraulis penampang (m)

L = Panjang jarak antar penampang melintang sungai (m)

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \dots\dots\dots (28)$$

Keterangan :

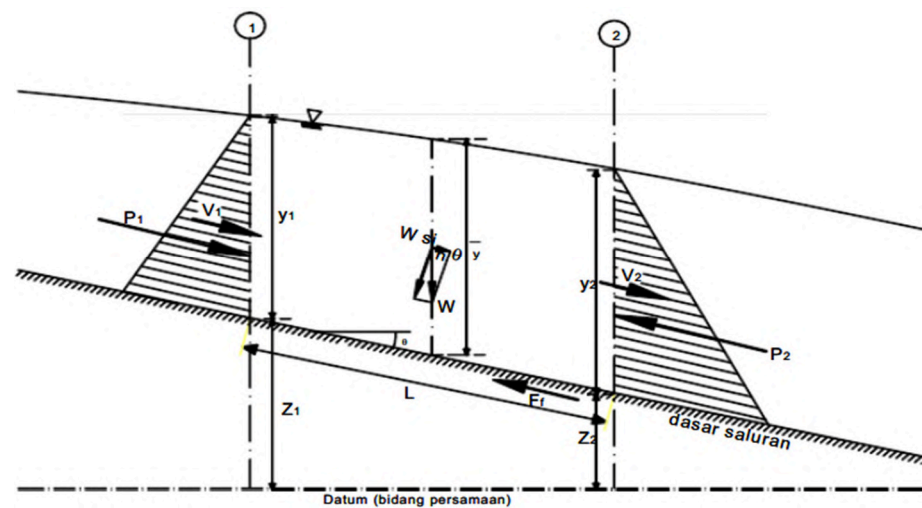
L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} = Panjang jarak antar penampang melintang untuk aliran bantaran kiri, saluran utama, dan bantaran kanan (m).

$\bar{Q}_{lob}, \bar{Q}_{ch}, \bar{Q}_{rob}$ = Debit rata-rata aliran antar penampang

melintang bantaran kiri, saluran utama,
dan bantaran kanan (m^3/s).

2.5.3 Persamaan Keseimbangan Momentum

Persamaan ini dirumuskan dengan merujuk pada penerapan hukum Newton II terhadap pergerakan massa air di dalam area tertentu yang dibatasi oleh dua penampang melintang, yakni penampang 1 dan 2 sebagaimana terlihat dalam Gambar 6.



(Sumber: Wahono, 2010)

Gambar 6. Prinsip keseimbangan momentum.

Penulisan bentuk persamaan momentum dapat dijelaskan sebagaimana:

$$P_1 + P_2 + W \sin \theta - F_f = \frac{Q\omega}{g} (\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1) \dots \dots \dots (29)$$

Keterangan:

- P_1, P_2 = Tekanan yang bekerja pada penampang 1 dan 2 (N/m^2)
- W = Berat zat cair di antara kedua penampang (gr/cm^3)
- F_f = Jumlah gaya luar akibat gesekan dan tahanan sepanjang L (N)
- Q = Debit aliran (m^3/s)
- β = Koefisien momentum
- ω = Berat satuan air (gr/cm^3)
- V_1, V_2 = Kecepatan rata-rata penampang 1 dan 2 (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

2.5.4 Kalibrasi Angka Manning

Proses kalibrasi model angka Manning (n) dilaksanakan dengan maksud untuk mengharmonisasikan elevasi muka air sungai pada simulasi HEC-RAS dengan kondisi aktual yang diperoleh dari pengukuran lapangan. Kalibrasi angka Manning (n) pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Root Mean Square Errors* (RMSE). Metode ini digunakan untuk mengalkulasi rata-rata dari selisih kuadrat antara hasil permodelan perangkat lunak dengan nilai yang diukur di lapangan. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi seberapa baik permodelan tersebut sesuai dengan pengukuran lapangan (Fildzah Tasya dan Lasminto, 2021). Berikut merupakan persamaan dari metode RMSE dengan syarat bahwa nilai perhitungan RMSE mendekati 0 (Parulian dkk., 2015 ; Fildzah Tasya dan Lasminto, 2021):

$$E = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_{obs} - H_{sim})^2} \dots\dots\dots (30)$$

Keterangan:

E = Error/kesesuaian

n = Jumlah data

H_{obs} = Tinggi muka air hasil observasi

H_{sim} = Tinggi muka air hasil simulasi pemodelan

2.5.5 Elemen Geometri

Elemen geometri yang disebutkan dalam tulisan ini mencakup aspek-aspek seperti jari-jari hidrolis (R) dan kecepatan aliran. Jari-jari hidrolis (R) didefinisikan sebagai perbandingan antara luas basah dan keliling basah suatu saluran (Kimi, 2015) dengan rumus persamaan sebagai berikut (Kamiana dan Jaya, 2019):

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (31)$$

Keterangan:

R = Jari-jari hidrolis (m)

A = Luas penampang (m^2)

P = Keliling basah (m)

Selanjutnya, untuk mengukur kecepatan aliran air dalam saluran, merujuk pada kecepatan minimum yang dapat diizinkan untuk memastikan keamanan konstruksi saluran (Nurhamidin dkk., 2015).

Rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan pengaliran adalah (Putro dan Hadihardaja, 2013 ; Tahir dan Musa, 2020):

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots (32)$$

Keterangan:

V = Kecepatan pengaliran (m/s)

n = Koefisien kekasaran Manning

S = Kemiringan memanjang saluran

Tabel 9. Nilai Koefisien Manning (n)

Tipe Saluran dan Deskripsinya	Min.	Normal	Maks.
Sungai Alami			
1. Saluran Utama			
a. Bersih lurus, penuh, tanpa rekahan atau ceruk dalam	0,025	0,03	0,033
b. Sama dengan atas, banyak batuan dan tanaman pengganggu	0.030	0.035	0.040
c. Bersih, berliku, berceruk, bertebing	0.033	0.040	0.045
d. Sama dengan atas, dengan tanaman pengganggu dan bebatuan	0.035	0.045	0.050
e. Sama dengan atas, tidak terisi penuh banyak kemiringan dan penampang tidak beraturan	0.040	0.048	0.055
f. Sama dengan atas poin "d", berbatu banyak	0.045	0.050	0.060
g. Tenang pada bagian lurus, tanaman pengganggu, ceruk dalam	0.050	0.070	0.080
h. Banyak tanaman pengganggu, ceruk dalam, saluran air penuh tumbuhan kayu, ranting	0.070	0.100	0.150
2. Sempadan Sungai			

a.	Padang rumput tanpa belukar			
1)	Rumput pendek	0.025	0.030	0.035
2)	Rumput tinggi	0.030	0.035	0.050
b.	Areal pertanian			
1)	Tanpa tanaman	0.020	0.030	0.040
2)	Tanaman dibariskan	0.025	0.035	0.045
3)	Tanaman tidak dibariskan	0.030	0.040	0.050
c.	Belukar			
1)	Belukar tersebar, banyak tanaman pengganggu	0.035	0.050	0.070
2)	Belukar jarang dan berpohon, musim dingin	0.035	0.050	0.060
3)	Belukar jarang dan berpohon, musim semi	0.040	0.060	0.080
4)	Belukar sedang sampai rapat, musim dingin	0.045	0.070	0.110
5)	Ber belukar sedang sampai rapat, musim semi	0.070	0.100	0.160
d.	Pepohonan			
1)	Tanah telah dibersihkan, tunggul pohon, tidak bertunas	0.030	0.040	0.050
2)	Sama dengan atas, dengan tunas lebat	0.050	0.060	0.080
3)	Banyak batang kayu, beberapa tumbang, ranting-ranting, taraf banjir di bawah cabang pohon	0.080	0.100	0.120
4)	Sama dengan atas, taraf banjir mencapai cabang pohon	0.100	0.120	0.160
5)	Willow rapat, musim semi, dan lurus	0.110	0.150	0.200
3.	Saluran di pegunungan, tanpa tetumbuhan di saluran, tebing umumnya curam, dengan pepohonan dan berbelukar di bawah muka air			
a.	Dasar: kerikil, kerakal, dan sedikit batu besar	0.030	0.040	0.050
b.	Dasar: kerakal dengan batu besar	0.040	0.050	0.070

(Sumber: Wahono, 2010)

2.5.6 Debit Aliran

Debit aliran merupakan fungsi dari kecepatan dan luas penampang basah (A), dapat dinyatakan dengan volume per satuan waktu atau

jumlah zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran tiap satu satuan waktu (Saputra dkk., 2021). Debit aliran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan kontinuitas (Kamiana dan Jaya, 2019) sebagai berikut:

$$Q = V \times A$$

Keterangan:

Q = Debit aliran (m^3/s)

V = Kecepatan pengaliran (m/s)

A = Luas penampang basah (m^2)

2.6. HEC-RAS

Permodelan hidraulika aliran sungai ini menggunakan perangkat lunak HEC-RAS. Permodelan hidraulika menjadi alat penting dalam menggambarkan perilaku aliran sungai dan memberikan prediksi terhadap perubahan kondisi aliran. HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center - River Analysis System*) adalah sebuah model hidraulika yang berfokus pada analisis aliran sungai satu dimensi. Program ini tidak hanya menyediakan analisis hidraulika, tetapi juga dilengkapi dengan antarmuka pengguna grafis (GUI) yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan sistem secara efektif. HEC-RAS dapat digunakan untuk melakukan perhitungan profil permukaan aliran yang mantap (*steady flow*) maupun yang tidak mantap (*unsteady flow*). Dengan HEC-RAS, ketinggian permukaan air dapat diprediksi, yang merupakan pedoman penting untuk menentukan elevasi puncak krib. (Suroso 2006).

Program HEC-RAS merupakan program yang dibuat dan dikembangkan oleh *Hydraulic Engineering Center*, salah satu divisi dari *the Institute for Water Resources (IWR)*, *U.S. Army Corps of Engineer*. Program ini merupakan salah satu bagian dari pengembangan *Next Generation (Next Gen)* dari *software Hydrologic Engineering*. HEC-RAS dapat digunakan untuk melakukan analisis hidraulika pada sungai dan mengatasi beberapa permasalahan pengelolaan bantaran sungai seperti penentuan dataran banjir

dan asuransi risiko banjir. HEC-RAS pada intinya terdiri dari 3 (tiga) komponen analisis hidraulik 1 dimensi (*one dimensional computation*) yaitu:

1. Simulasi aliran mantap satu dimensi (*one dimensional steady flow*).
2. Simulasi aliran tidak mantap satu dimensi (*one dimensional unsteady flow*).
3. Perhitungan pengangkutan pergerakan sedimen.

Berikut dijabarkan tahapan dalam pemodelan HEC-RAS (Istiarto, 2014):

a. Tahapan pemasukan data geometri

Pada tahap ini, diperlukan masukan data seperti potongan melintang sungai (*cross-section*) dan informasi struktur hidrolik lainnya.

b. Tahapan pemasukan data aliran dan kondisi batas

Kondisi batas yang diinginkan harus sesuai dengan analisis hidrolika yang akan dilaksanakan. Dalam penelitian akhir ini, digunakan aliran campuran dengan kondisi batas sebagai berikut:

- Kondisi batas hilir berupa debit yang telah dihitung pada analisis hidrologi.
- Kondisi batas hulu berupa debit yang telah dihitung pada analisis hidrologi.
- Tahapan dalam perhitungan hidraulik.

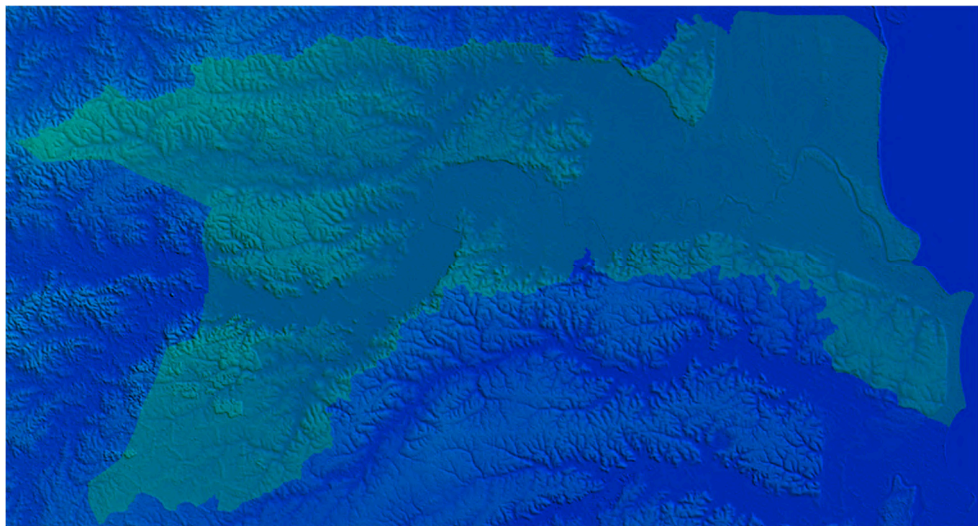
c. Tahapan penyusunan *output* program

- Plot muka air (*water surface*) pada setiap potongan melintang (*cross section*) serta plot profil memanjang sungai.
- Tabel yang menyediakan informasi lengkap yang lebih mendalam dari hasil pemodelan yang dilakukan.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi dalam penelitian ini adalah DAS Way Tulang Bawang hulu terlihat pada gambar 7 yang dibandingkan dengan DAS pada daerah zona 48S UTM (*Universal Transverse Mercator*). Secara geografis wilayah penelitian berada pada posisi geografis antara $04^{\circ} 08' \text{ LS}$ - $04^{\circ} 41' \text{ LS}$ dan $105^{\circ} 09' \text{ BT}$ - $105^{\circ} 55' \text{ BT}$ membentang memanjang Timur ke Barat.



Gambar 7. Peta DAS penelitian.
(Sumber: Hasil Analisis)

3.2. Tahap Penelitian

3.2.1. Pengumpulan Data

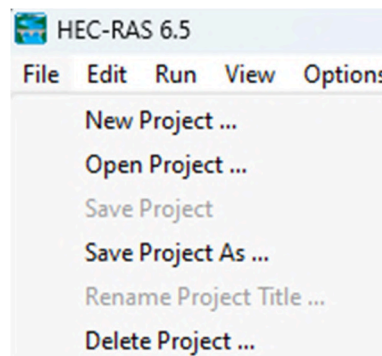
Dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data sekunder yang diperoleh dari instansi Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung (BBWS MS) berupa data hidrologi yang mencakup data curah hujan harian periode 1998 s/d 2012. Sedangkan untuk data spasial berupa data *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS) SRTM 30m diperoleh dari web INDONESIA GEOPASIAL.

3.2.2. Pengolahan Data

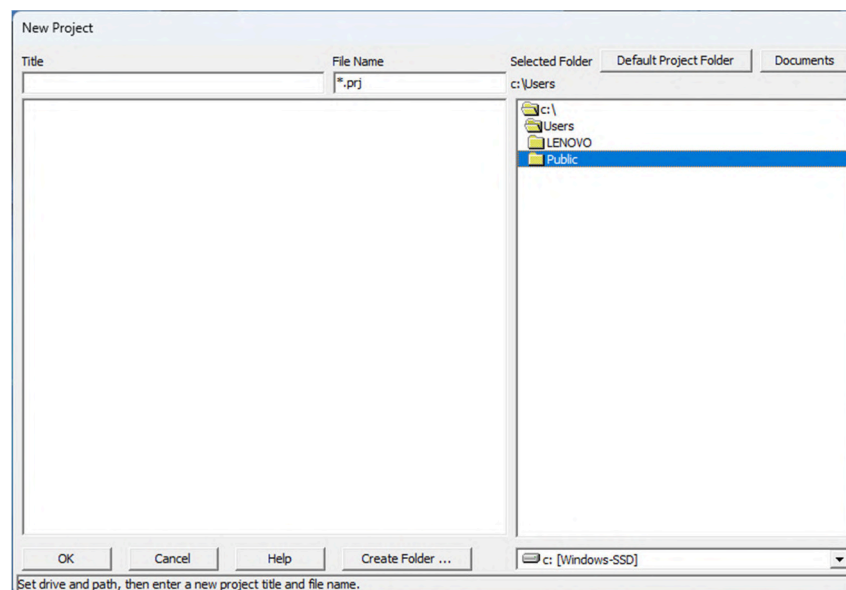
Setelah data-data didapatkan, maka tahap selanjutnya ialah melakukan pengolahan data yang dilakukan menggunakan *software* HEC-RAS 6.5 dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuat *Project* Baru (*Create New Project*)

Untuk membuat *project* baru dapat dilakukan melalui **File**→**New** dari menu bar seperti terlihat pada Gambar 8. Kemudian menyimpan *project* dengan nama dan lokasi sesuai dengan yang telah disiapkan seperti Gambar 9.



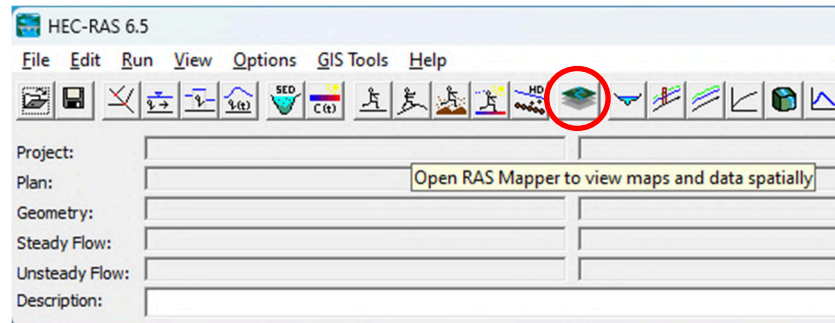
Gambar 8. Membuat *project* baru.
(Sumber: Hasil Analisa)



Gambar 9. Menyimpan *project* dengan nama yang ditentukan.
(Sumber: Hasil Analisa)

2. Membuat *Projection*

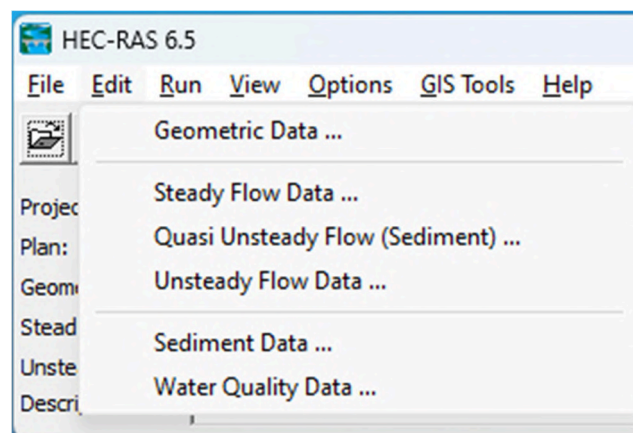
Untuk membuat *projection* dilakukan dengan fitur RAS mapper seperti pada Gambar 8.



Gambar 10. Menginput data.
(Sumber: Hasil Analisa)

3. Input Data

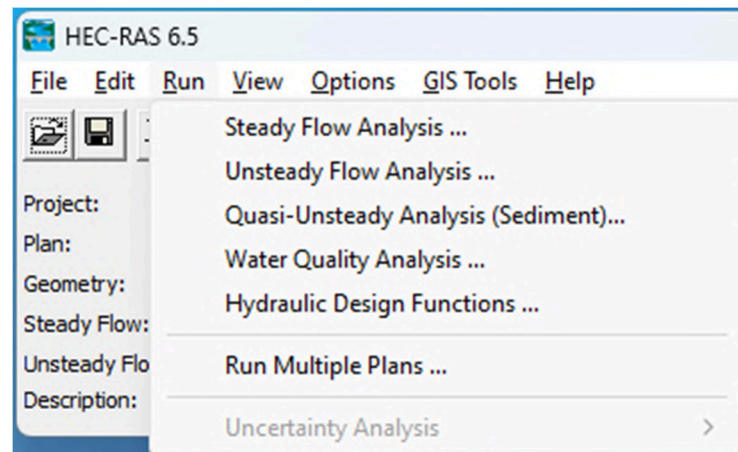
Input data dapat dilakukan melalui menu bar **Edit** dengan memilih **Geometric data**, dan **Unsteady Flow data**, seperti pada Gambar 9.



Gambar 11. Komponen input data.
(Sumber: Ginting, 2014)

4. Melakukan *Running Program*

Running program bisa dilakukan ketika semua proses mengedit telah selesai melalui tab **Run→Unsteady Flow Analysis**. Gambar 12 menunjukkan komponen opsi *running program*.

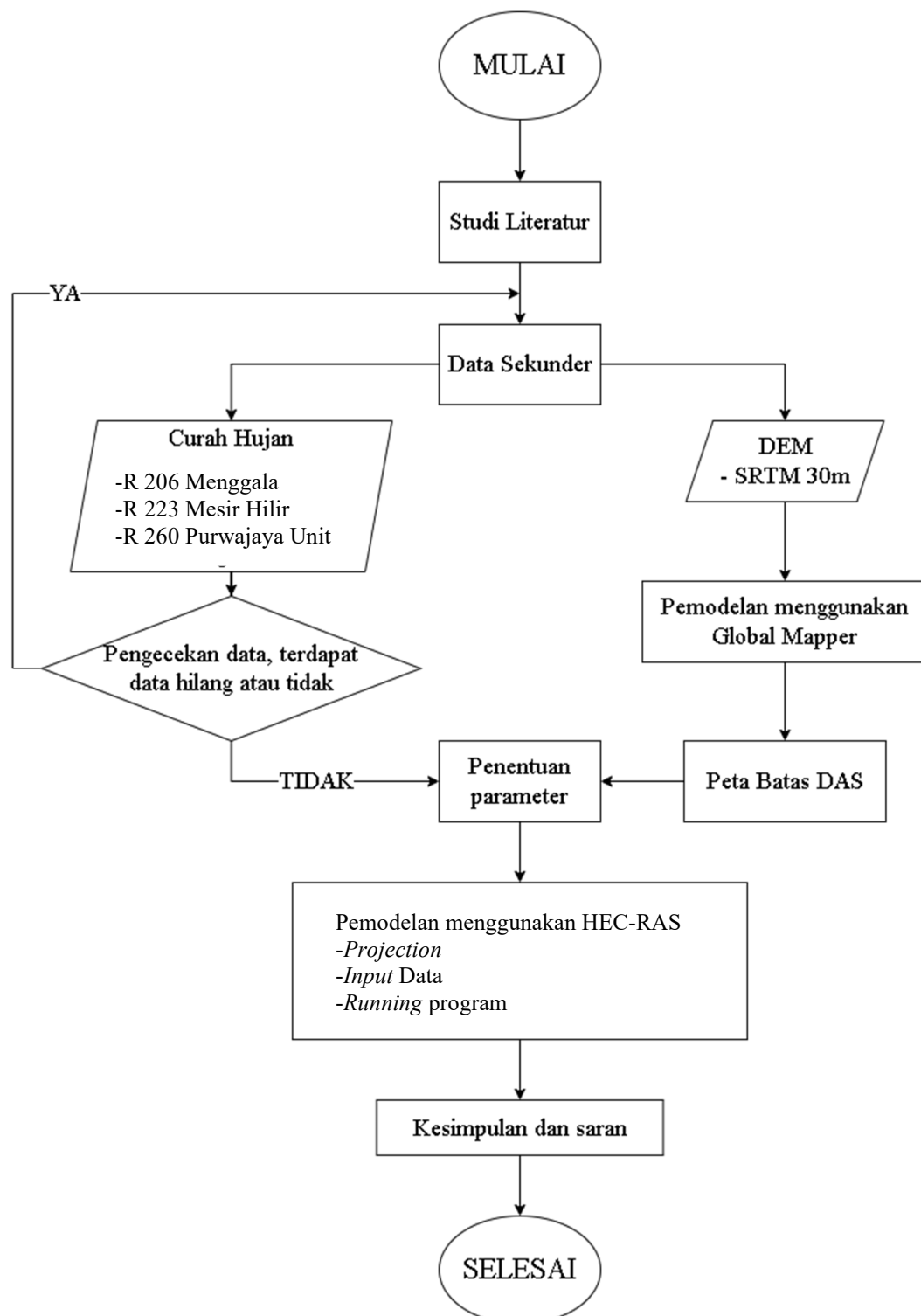


Gambar 12. Komponen *running program*.
(Sumber: Hasil Analisa)

3.2.3. Pembahasan

Pada tahap pembahasan, akan dijelaskan tentang keseluruhan hasil penelitian mulai dari tahap awal pengolahan data hingga tahap akhir *running program* dari data yang telah diolah.

3.3. Diagram Alir Penelitian



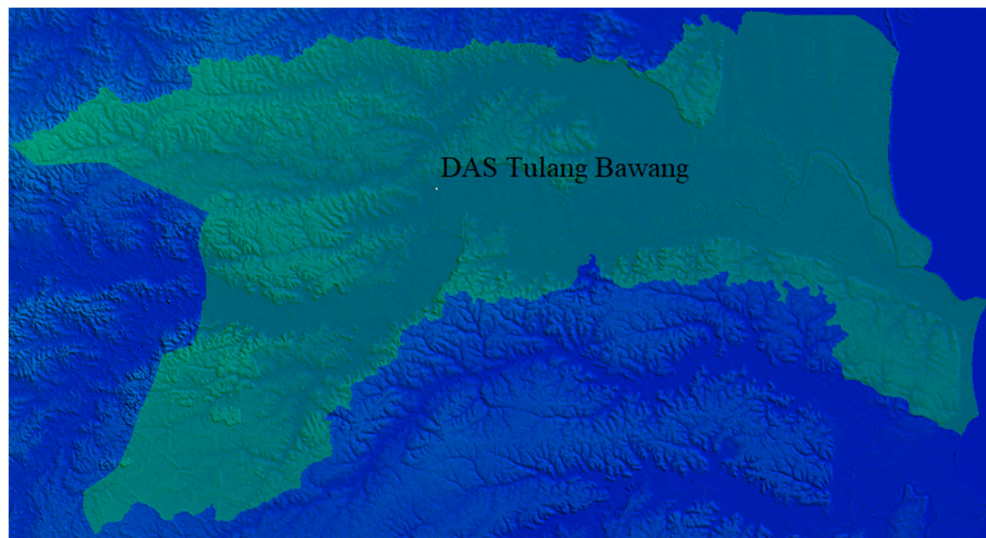
Gambar 13. Diagram alir penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Delineasi Daerah Aliran Sungai

Penelitian ini diawali dengan delineasi Daerah Aliran Sungai (DAS) untuk menentukan batas wilayah DAS. Delineasi dilakukan dengan aplikasi Global Mapper versi 25.0 dan data DEM *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) 30m yang diunduh dari website INDONESIA GEOSPASIAL.

Delineasi dilakukan dengan titik outlet sungai Way Tulang Bawang sebagai acuan. Luas DAS yang diperoleh adalah 2990,94 km², seperti yang terlihat pada Gambar 14. Panjang sungai utama DAS ini adalah 80,23 km, yang diukur menggunakan *software Google Earth*.

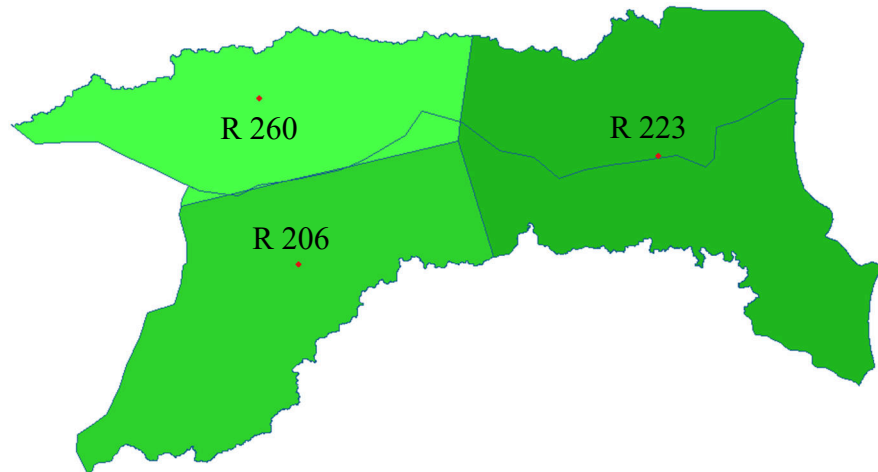


Gambar 14. Delineasi daerah aliran sungai.
(Sumber: Hasil Analisa)

4.2. Analisis Hidrologi

4.2.1. Analisis Curah Hujan

Pada penelitian ini diperoleh data yang bersumber dari BBWS-MS dengan periode tahun 1998 s/d 2012 di lokasi stasiun R 206 Menggala, R 223 Mesir Hilir, dan R 260 Purwajaya Unit. Analisis curah hujan penelitian menggunakan metode poligon thiessen.



Gambar 15. Peta poligon thiessen penelitian.
(Sumber: Hasil Analisa)

Hasil luas pengaruh stasiun curah hujan dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 10. Nilai Koefisien Thiessen

Nama Stasiun	Luas Poligon (km ²)	Koef. Thiessen
R206	957,51	0,3178
R223	1331,72	0,4420
R260	723,75	0,2402
Jumlah	3012,968	1

(Sumber: Hasil Analisa)

Hasil perhitungan sesuai persamaan (2) diperoleh nilai maksimum bulanan periode tahun 1998 s/d 2012 pada tabel 10.

Tabel 11. Nilai Curah Hujan Rata-Rata Maksimum

Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1998	31,40	49,68	46,37	33,31	9,57	31,63	4,60	3,23	6,69	25,44	33,61	57,65
1999	44,28	53,37	40,19	49,64	31,94	31,13	34,97	35,79	24,79	12,20	41,35	33,84
2000	62,91	58,10	28,65	39,57	42,57	23,11	25,35	22,70	27,50	46,19	42,01	42,48
2001	44,42	32,87	28,11	20,94	25,82	20,38	23,93	8,01	6,85	16,61	27,16	82,36
2002	87,44	98,85	60,69	41,03	33,13	29,72	26,91	19,61	26,47	73,62	78,08	66,86
2003	81,44	70,03	56,72	33,62	28,28	22,62	17,29	22,56	19,06	48,61	55,29	30,10
2004	54,64	53,44	25,75	26,76	36,88	35,01	35,37	20,38	9,34	15,46	30,43	28,58
2005	103,29	90,07	63,81	64,90	76,54	27,59	16,96	43,94	15,68	49,65	39,34	39,97
2006	60,93	67,25	64,35	39,71	25,18	37,80	35,84	7,35	26,50	42,76	82,47	31,84
2007	51,23	47,48	62,48	60,41	41,59	55,23	20,79	40,48	45,70	34,80	54,65	34,16
2008	39,47	26,95	25,15	20,97	19,30	18,10	19,79	9,31	11,32	19,14	14,67	33,39
2009	67,45	134,44	106,98	79,48	186,22	143,83	27,53	39,65	28,57	33,91	38,43	50,64
2010	67,94	210,24	80,58	133,90	125,04	69,33	83,86	78,69	198,88	107,14	134,14	152,51
2011	119,32	109,74	148,20	153,97	146,05	60,42	39,75	22,54	38,89	222,02	111,58	186,79
2012	73,92	78,34	236,70	128,89	295,07	102,22	209,15	35,00	16,09	63,02	33,14	80,19

(Sumber: Hasil Analisa)

4.2.2. Analisis Parameter Statistik

Analisis parameter statistik digunakan untuk mencari distribusi yang nantinya akan digunakan pada perhitungan hujan rencana dengan metode normal, log normal, gumbel, log pearson tipe III.

1) Distribusi Non-Logaritmik

Metode yang termasuk dalam distribusi non-logaritmik adalah metode normal dan juga metode gumbel.

Tabel 12. Perhitungan Statistik Non-Logaritmik

No	Tahun	H Maks	$(X-\bar{x})$	$(X-\bar{x})^2$	$(X-\bar{x})^3$	$(X-\bar{x})^4$
1	1998	57,65	-55,18	3045,12	-168037,74	9272762,19
2	1999	53,37	-59,46	3535,85	-210252,10	12502219,67
3	2000	62,91	-49,92	2492,47	-124435,92	6212423,00
4	2001	82,36	-30,47	928,54	-28294,59	862193,29
5	2002	98,85	-13,98	195,40	-2731,51	38183,03
6	2003	81,44	-31,39	985,28	-30926,93	970768,53
7	2004	54,64	-58,19	3385,98	-197027,80	11464893,15
8	2005	103,29	-9,54	91,02	-868,32	8284,00
9	2006	82,47	-30,36	921,61	-27978,06	849356,74
10	2007	62,48	-50,36	2535,88	-127700,71	6430692,27
11	2008	39,47	-73,36	5381,79	-394812,33	28963716,20
12	2009	186,22	73,39	5385,79	395251,99	29006728,80
13	2010	210,24	97,41	9489,07	924347,56	90042401,21
14	2011	222,02	109,18	11921,06	1301583,60	142111565,99
15	2012	295,07	182,23	33208,66	6051695,38	1102815205,33
Jumlah		1692,49	0,00	83503,52	7359812,52	1441551393,40
Rata-Rata		112,83				

(Sumber: Hasil Analisa)

Dengan menggunakan persamaan (7) dan (8), maka didapatkan nilai koefisien skewness sebesar 1,3168 dan koefisien kurtosis sebesar 4,1745.

2) Distribusi Logaritmik

Metode yang termasuk dalam distribusi logaritmik adalah metode log normal dan juga metode log pearson type III.

Tabel 13. Perhitungan Statistik Logaritmik

No	Tahun	H Maks	Log (X)	Log (X- $\bar{x}$)	Log (X- $\bar{x}$) ²	Log (X- $\bar{x}$) ³	Log (X- $\bar{x}$) ⁴
1	1998	57,65	1,7608	-0,2110	0,0445	-0,0094	0,0020
2	1999	53,37	1,7273	-0,2445	0,0598	-0,0146	0,0036
3	2000	62,91	1,7987	-0,1731	0,0300	-0,0052	0,0009
4	2001	82,36	1,9157	-0,0561	0,0031	-0,0002	0,0000
5	2002	98,85	1,9950	0,0232	0,0005	0,0000	0,0000
6	2003	81,44	1,9109	-0,0610	0,0037	-0,0002	0,0000
7	2004	54,64	1,7375	-0,2343	0,0549	-0,0129	0,0030
8	2005	103,29	2,0141	0,0422	0,0018	0,0001	0,0000
9	2006	82,47	1,9163	-0,0555	0,0031	-0,0002	0,0000
10	2007	62,48	1,7957	-0,1761	0,0310	-0,0055	0,0010
11	2008	39,47	1,5963	-0,3755	0,1410	-0,0530	0,0199
12	2009	186,22	2,2700	0,2982	0,0889	0,0265	0,0079
13	2010	210,24	2,3227	0,3509	0,1231	0,0432	0,0152
14	2011	222,02	2,3464	0,3746	0,1403	0,0525	0,0197
15	2012	295,07	2,4699	0,4981	0,2481	0,1236	0,0616
Jumlah		1692,49	29,5774	0,0000	0,9739	0,1449	0,1347
Rata-Rata		112,83	1,9718				

(Sumber: Hasil Analisa)

Dengan menggunakan persamaan (12) dan (13), maka didapatkan nilai koefisien skewness sebesar 0,6507 dan koefisien kurtosis sebesar 2,8666.

Sifat khas masing-masing parameter statistik dapat ditinjau dari besarnya nilai koefisien kemencengan (Cs) dan koefisien ketajaman (Ck) yang sesuai dengan syarat dari masing-masing jenis distribusi.

Tabel 14. Kesimpulan Analisis Parameter Statistik

No	Metode Distribusi	Sifat Distribusi		Perhitungan		Keterangan
		Cs	Ck	Cs	Ck	
1	Normal	0	3	1,3168	4,1745	Tidak Memenuhi
2	Gumbel	1,14	5,4	1,3168	4,1745	Tidak Memenuhi
3	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas		0,6507	2,8666	Memenuhi
4	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$ $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$		0,6507	2,8666	Tidak Memenuhi

(Sumber: Hasil Analisa)

Berdasarkan tabel 13, maka dapat disimpulkan metode yang memenuhi syarat sifat distribusi adalah metode gumbel dan metode log pearson tipe III. Sehingga dapat ditentukan bahwa metode yang digunakan untuk mencari hujan rencana adalah metode gumbel.

4.2.3. Analisis Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana ini didasarkan pada periode ulang yang direncanakan yaitu untuk kala ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun. Adapun persamaan yang digunakan yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \text{Log } \bar{X} + K \cdot S \\ X_T &= 10^{(\text{Log } X_T)} \end{aligned}$$

Menentukan nilai K (berdasarkan Tabel 6):

- Untuk T = 5, Cs = 0,65, maka K = 0,758
- Untuk T = 10, Cs = 0,65, maka K = 1,340
- Untuk T = 25, Cs = 0,65, maka K = 2,043
- Untuk T = 50, Cs = 0,65, maka K = 2,542

Perhitungan hujan rancangan:

- Hujan rancangan 5 tahunan

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \text{Log } \bar{X} + K \cdot S \\ &= (1,9718) + (0,758 \times 0,2638) \\ &= 2,1718 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_T &= 10^{(\text{Log } X_T)} \\
 X_5 &= 10^{(2,1718)} \\
 &= 148,5087 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2. Hujan rancangan 10 tahunan

$$\begin{aligned}
 \text{Log } X_T &= \text{Log } \bar{X} + K \cdot S \\
 &= (1,9718) + (1,340 \times 0,2638) \\
 &= 2,3253
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_T &= 10^{(\text{Log } X_T)} \\
 X_5 &= 10^{(2,1718)} \\
 &= 211,4744 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3. Hujan rancangan 25 tahunan

$$\begin{aligned}
 \text{Log } X_T &= \text{Log } \bar{X} + K \cdot S \\
 &= (1,9718) + (2,043 \times 0,2638) \\
 &= 2,5107
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_T &= 10^{(\text{Log } X_T)} \\
 X_5 &= 10^{(2,1718)} \\
 &= 324,0994 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4. Hujan rancangan 50 tahunan

$$\begin{aligned}
 \text{Log } X_T &= \text{Log } \bar{X} + K \cdot S \\
 &= (1,9718) + (2,542 \times 0,2638) \\
 &= 2,6423
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_T &= 10^{(\text{Log } X_T)} \\
 X_5 &= 10^{(2,1718)} \\
 &= 438,8261 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.2.4. Analisis Intensitas Hujan

Hujan yang berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak sangat luas pada umumnya terjadi dengan intensitas yang tinggi. Sedangkan hujan yang meliputi daerah luas, dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang dan jarang sekali dengan intensitas tinggi.

Kombinasi intensitas tinggi dan durasi panjang jarang terjadi, namun jika terjadi, akan mengakibatkan curah hujan yang sangat besar (Sudjarwadi, 1987). Menurut Harto (1993), analisis IDF (*Intensity-Duration-Frequency*) memerlukan data hujan yang diperoleh dari pengamatan. Jika data tidak tersedia atau alat pengukur tidak ada, rumus empiris seperti Talbot, Mononobe, Sherman, dan Ishigura dapat digunakan (Suyono & Takeda, 1993).

Pada penelitian ini, intensitas hujan dihitung menggunakan rumus mononobe yang ditunjukkan pada persamaan 29. Rumus tersebut merupakan variasi dari beberapa rumus intensitas curah hujan yang digunakan dengan menggunakan curah hujan harian untuk curah hujan jangka pendek.

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24} \right) \times \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (33)$$

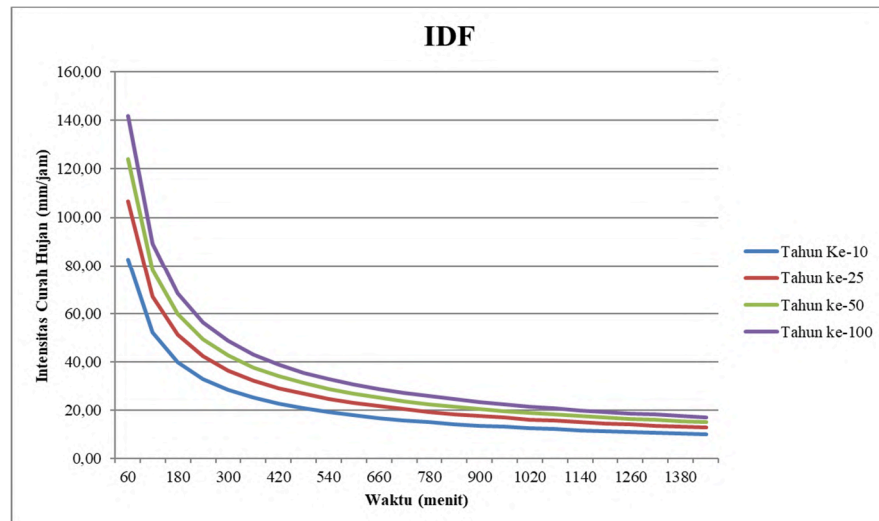
Dengan menggunakan intensitas waktu satu jam dalam periode 24 jam, sehingga didapatkan intensitas hujan setiap periode ulang yang disajikan pada tabel 16 serta kurva IDF pada gambar 16.

Tabel 15. Intensitas Hujan 24 Jam

T (menit)	T (jam)	Periode Ulang			
		5	10	25	50
60	1	82,62	106,50	124,22	141,81
120	2	52,05	67,09	78,26	89,34
180	3	39,72	51,20	59,72	68,18
240	4	32,79	42,27	49,30	56,28
300	5	28,25	36,42	42,48	48,50
360	6	25,02	32,26	37,62	42,95
420	7	22,58	29,11	33,95	38,75
480	8	20,65	26,63	31,06	35,45
540	9	19,09	24,62	28,71	32,78
600	10	17,80	22,95	26,76	30,55
660	11	16,70	21,53	25,12	28,67
720	12	15,76	20,32	23,70	27,06
780	13	14,94	19,26	22,47	25,65
840	14	14,22	18,34	21,39	24,41
900	15	13,58	17,51	20,42	23,32
960	16	13,01	16,77	19,56	22,33
1020	17	12,50	16,11	18,79	21,45
1080	18	12,03	15,51	18,09	20,65

1140	19	11,60	14,96	17,45	19,92
1200	20	11,21	14,45	16,86	19,25
1260	21	10,85	13,99	16,32	18,63
1320	22	10,52	13,56	15,82	18,06
1380	23	10,22	13,17	15,36	17,53
1440	24	9,93	12,80	14,93	17,04

(Sumber: Hasil Analisa)



Gambar 16. Kurva IDF.

(Sumber: Hasil Analisa)

4.2.5. Pengujian Kecocokan Distribusi

1. Uji Chi-Kuadrat (*chi-square*)

Berikut ini merupakan tahapan yang dilakukan pada uji probabilitas metode Chi-Kuadrat: Mengurutkan data curah hujan maksimum DAS Way Tulang Bawang dari data terbesar sampai data terkecil.

- Menghitung jumlah kelas, dengan banyak data (n) = 15

$$\begin{aligned}
 \text{Distribusi kelas (K)} &= 1 + 3,3 \log n \\
 &= 1 + 3,3 \log 15 \\
 &= 4,9070 \approx 5 \text{ kelas}
 \end{aligned}$$

- Menghitung derajat kebebasan (DK) dan X^2_{Cr} , dengan $P = 1$

$$\begin{aligned} DK &= K - (P + 1) \\ &= 5 - (1 + 1) = 3 \end{aligned}$$

Berdasarkan data-data seperti: $n = 15$; $\alpha = 5\%$; $DK = 3$, maka Nilai X^2_{Cr} adalah sebesar 7,815 (Tabel 6).

- Menghitung kelas distribusi probabilitas

$$\text{Probabilitas} = \frac{1}{5} \times 100\% = 20\%$$

Sehingga interval distribusi yang diperoleh 20%, 40%, 60%, 80%.

- Persentase 20%

$$P(20\%) = \frac{1}{P(20\%)} = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ tahun}$$

- Persentase 40%

$$P(40\%) = \frac{1}{P(40\%)} = \frac{1}{0,40} = 2,5 \text{ tahun}$$

- Persentase 60%

$$P(60\%) = \frac{1}{P(60\%)} = \frac{1}{0,60} = 1,7 \text{ tahun}$$

- Persentase 80%

$$P(80\%) = \frac{1}{P(80\%)} = \frac{1}{0,80} = 1,3 \text{ tahun}$$

- Menghitung banyaknya frekuensi yang diharapkan (E_f)

$$E_f = \frac{n}{K} = \frac{15}{5} = 3 \text{ tahun}$$

- Menghitung interval kelas

Distribusi probabilitas curah hujan metode Log Pearson III

- Menghitung nilai X^2 dan X^2_{Cr}

Tabel 16. Hasil Perhitungan Log Pearson III

Kelas	Nilai Batas Tiap Kelas	Ei	Oi	$((E_i - O_i)^2)/E_i$
1	>148,5087	3	4	0,3333
2	93,1321-148,5087	3	2	0,3333
3	63,4009,-93,1321	3	3	0
4	44,0558-63,4009	3	5	1,3333
5	<44,0558	3	1	1,3333
Jumlah			15	3,3333

(Sumber: Hasil analisis)

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 17 di atas, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

$$X^2 \leq X_{Cr}^2 = 3,3333 \leq 7,815 \dots\dots\dots \text{Ok !}$$

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Tabel 17. Hasil Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov

No	Log (X)	P	f(t)	P'	ΔP
1	2,46992	0,0625	1,88846	0,02636	0,03614
2	2,34639	0,125	1,4201	0,07091	0,05409
3	2,32273	0,1875	1,3304	0,08394	0,10356
4	2,27003	0,25	1,1306	0,11913	0,13087
5	2,01407	0,3125	0,16017	0,41687	0,10437
6	1,995	0,375	0,08785	0,44522	0,07022
7	1,91632	0,4375	-0,2104	0,60267	0,16517
8	1,91572	0,5	-0,2127	0,60354	0,10354
9	1,91086	0,5625	-0,2311	0,61057	0,04807
10	1,79871	0,625	-0,6564	0,75978	0,13478
11	1,79571	0,6875	-0,6677	0,76333	0,07583
12	1,7608	0,75	-0,8001	0,80232	0,05232
13	1,73754	0,8125	-0,8883	0,82578	0,01328
14	1,7273	0,875	-0,9271	0,85901	0,01599
15	1,59629	0,9375	-1,4238	0,92957	0,00793

(Sumber : Hasil Analisis)

- Menentukan nilai $\Delta_{maksimum}$ dan Δ_{kritik}

$\Delta_{maksimum}$ diperoleh sebesar 0,1652 (Tabel 18)

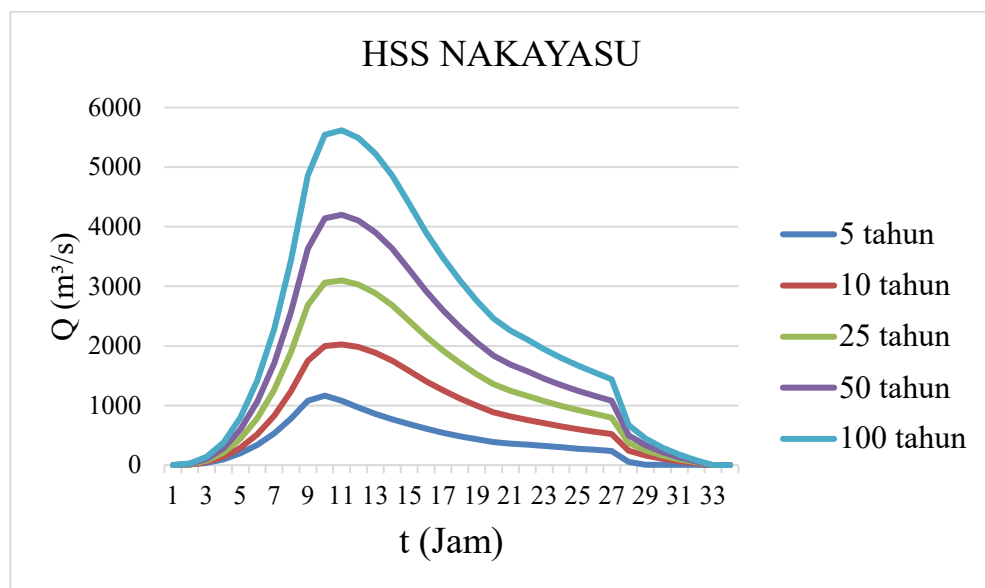
Δ_{kritik} berdasarkan $n = 15$; $\alpha = 5\%$ diperoleh hasil sebesar 0,34 (Tabel 7)

Berdasarkan hasil di atas, dapat disimpulkan bahwa:

$$\Delta_{maks} < \Delta_{kritik} = 0,1652 < 0,34 \dots\dots\dots \text{MEMENUHI!!}$$

4.3. Hidrograf Banjir Rencana Way Tulang Bawang

Hidrograf banjir rencana ditujukan untuk mendapatkan debit banjir dengan periode ulang untuk memperoleh tinggi muka air banjir di lokasi penelitian. Metode yang digunakan untuk menentukan hidrograf banjir rencana yaitu metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu. Di dalam metode ini, data-data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan menggunakan metode HSS Nakayasu adalah luas das, panjang sungai utama, koefisien pengaliran, dll. Perhitungan banjir rencana menggunakan metode tersebut dapat dilihat pada Lampiran A. Hidrograf banjir rencana dapat dilihat pada Gambar 17. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa debit puncak yang didapat adalah 1166,0139 m³/s; 2025,6221 m³/s; 3102,9706 m³/s dan 4200,4235 m³/s untuk kala ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun sesuai dengan yang tertera pada gambar 17.



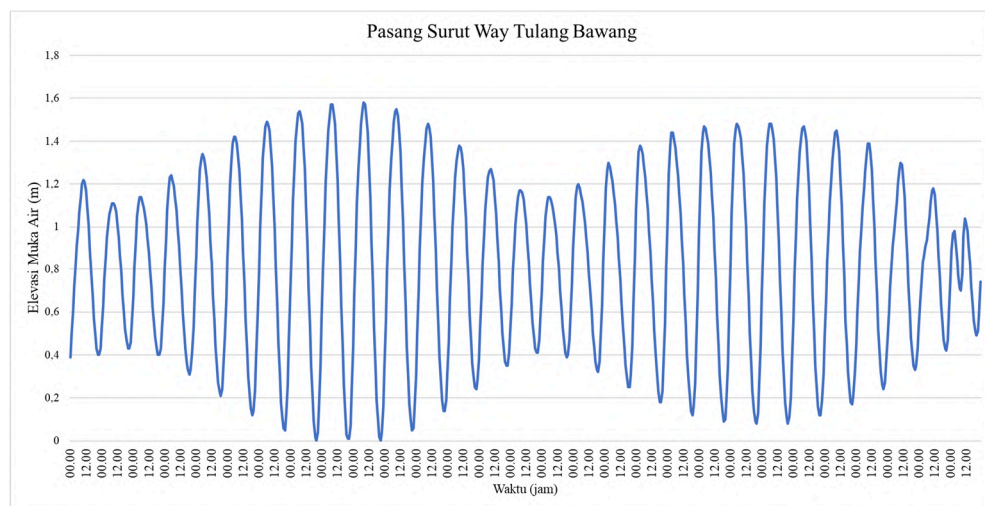
Gambar 17. Grafik hidrograf banjir rencana.

(Sumber: Hasil Analisa)

4.4. Analisis Pasang Surut

Pasang surut adalah fenomena periodik perubahan permukaan air yang diakibatkan oleh pengaruh gravitasi bulan dan matahari. Dalam penelitian ini, memahami dan menganalisis pasang surut adalah suatu hal yang wajib dikarenakan daerah Way Tulang Bawang terutama Rawa Pitu cenderung memiliki banyak sekali area berawa dan berhilir langsung ke lautan.

Berikut disajikan hasil analisis pasang surut menggunakan *software* WXTide32. Pada gambar 18 disajikan tampilan grafik pasang surut yang telah diolah dari *software* tersebut.



Gambar 18. Grafik pasang surut.

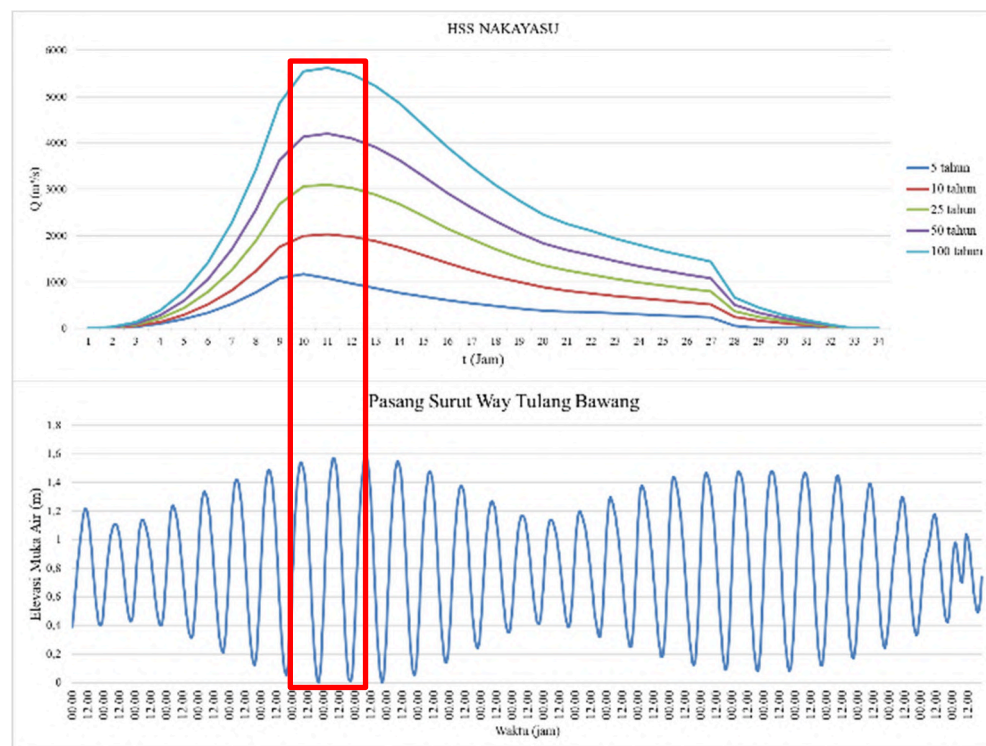
(Sumber: Hasil Analisa)

4.5. Pemodelan Hidrologi Menggunakan HEC-RAS

Tujuan dalam analisis hidraulika menggunakan HEC-RAS 6.5 yaitu mendapatkan tinggi muka air banjir pada titik Sungai dalam meninjau tinggi banjir Way Tulang Bawang. Salah satu input utama dalam analisis hidraulika yaitu debit banjir rencana yang sudah dihitung dengan metode HSS Nakayasu.

Pada penelitian ini dilakukan analisis hidraulika aliran tak tunak dua dimensi (*two-dimensional unsteady flow*) dengan HEC-RAS. Selain debit banjir rencana pada input analisis, diperlukan informasi lainnya seperti geometri sungai, kondisi batas dan kondisi pasang surut.

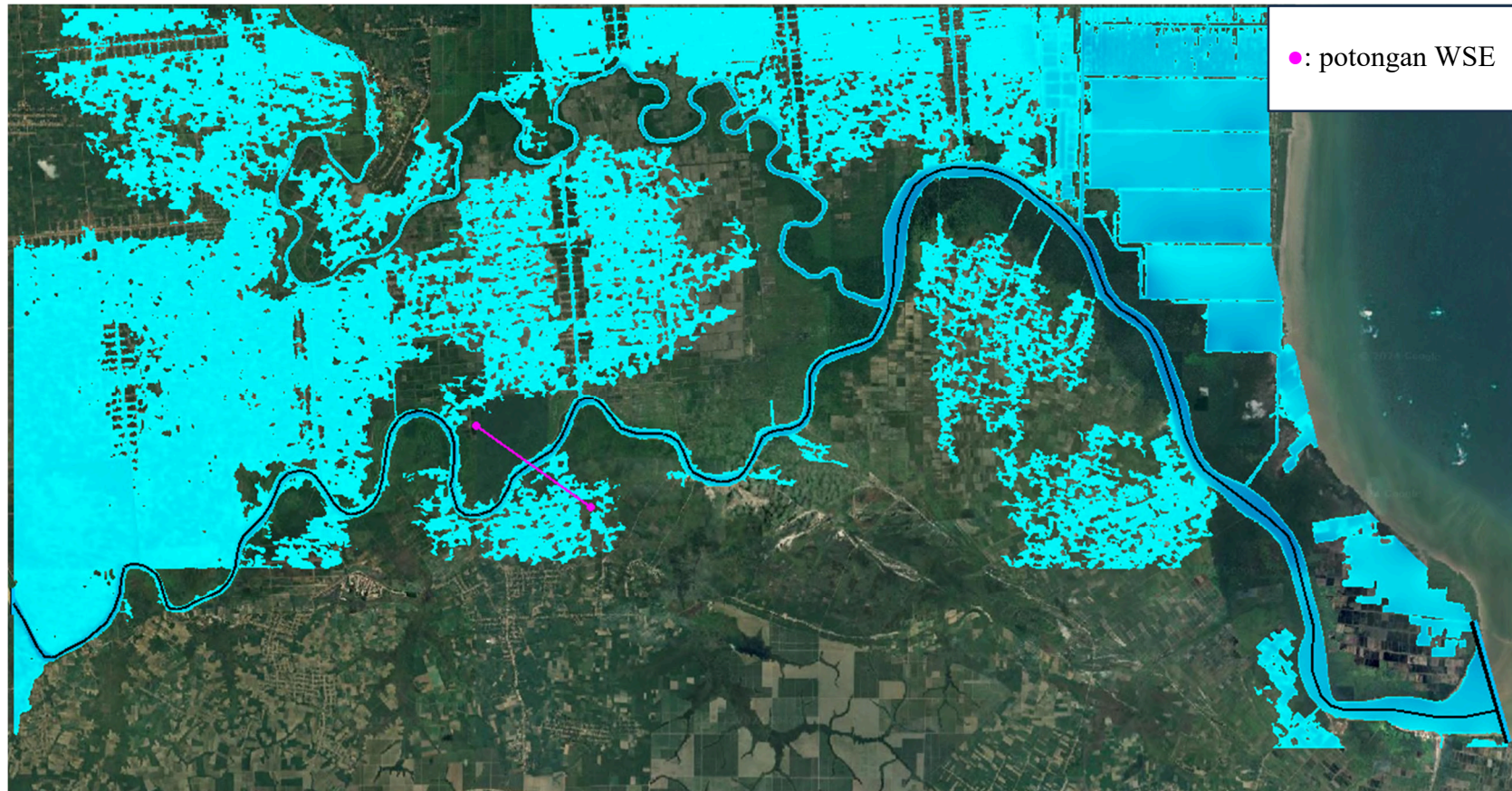
Berikut ditampilkan grafik hidrograf banjir rencana bersamaan dengan grafik pasang surut untuk memperlihatkan pada waktu kapan terjadinya intensitas hujan tertinggi dan pasang tertinggi yang dimasukkan ketika *running* program HEC-RAS.



Gambar 19. Kondisi maksimum grafik hidrograf dan grafik pasang surut.

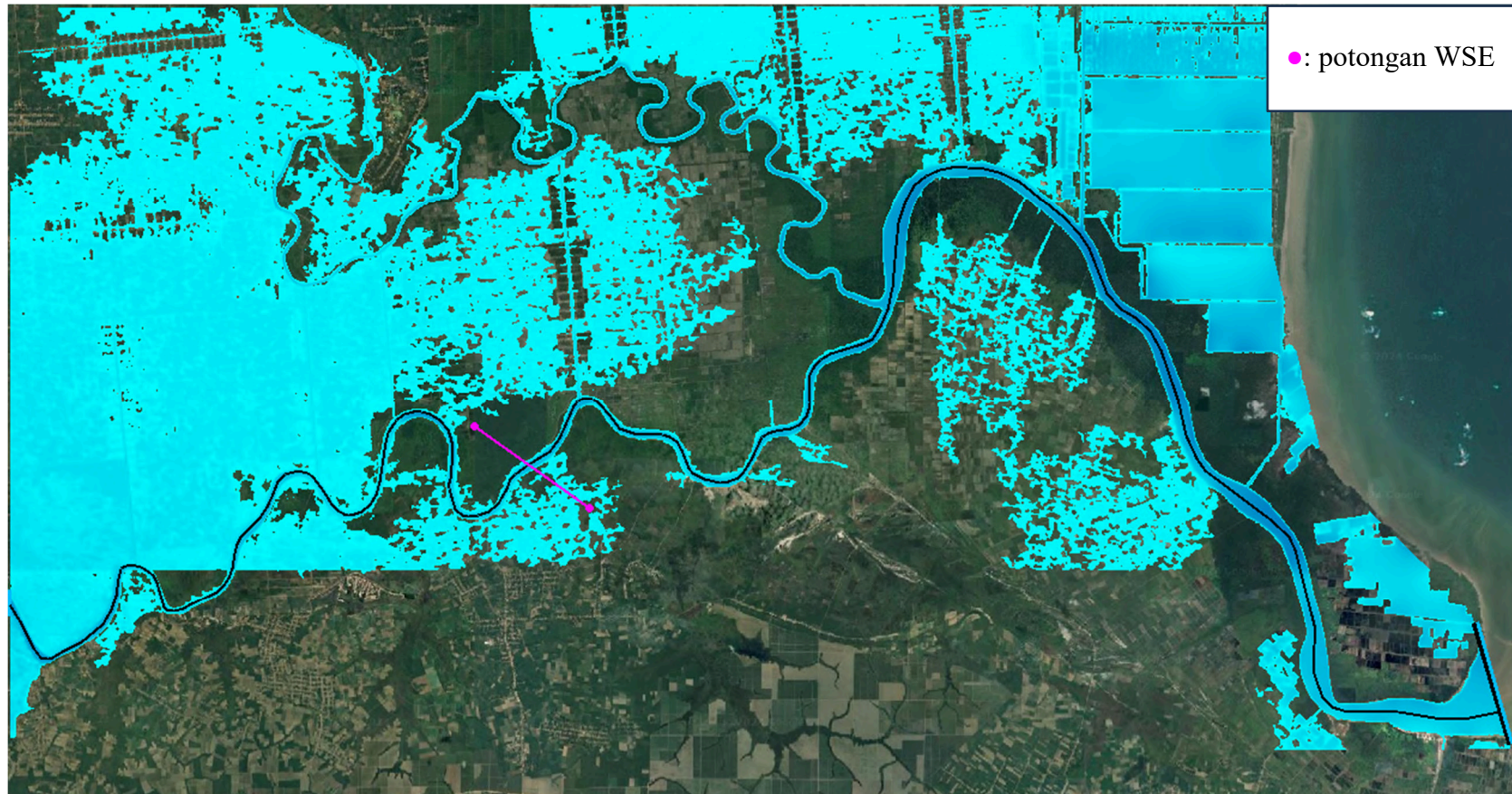
(Sumber: Hasil Analisa)

Berikut disajikan hasil analisis hidraulika 2D titik Sungai dalam meninjau tinggi banjir Way Tulang Bawang menggunakan aplikasi HEC-RAS untuk tiap periode ulang. Pada Gambar 19–22 disajikan tampilan banjir menggunakan google earth yang menunjukkan kedalaman banjir akibat intensitas hujan dan pasang surut yang terjadi.



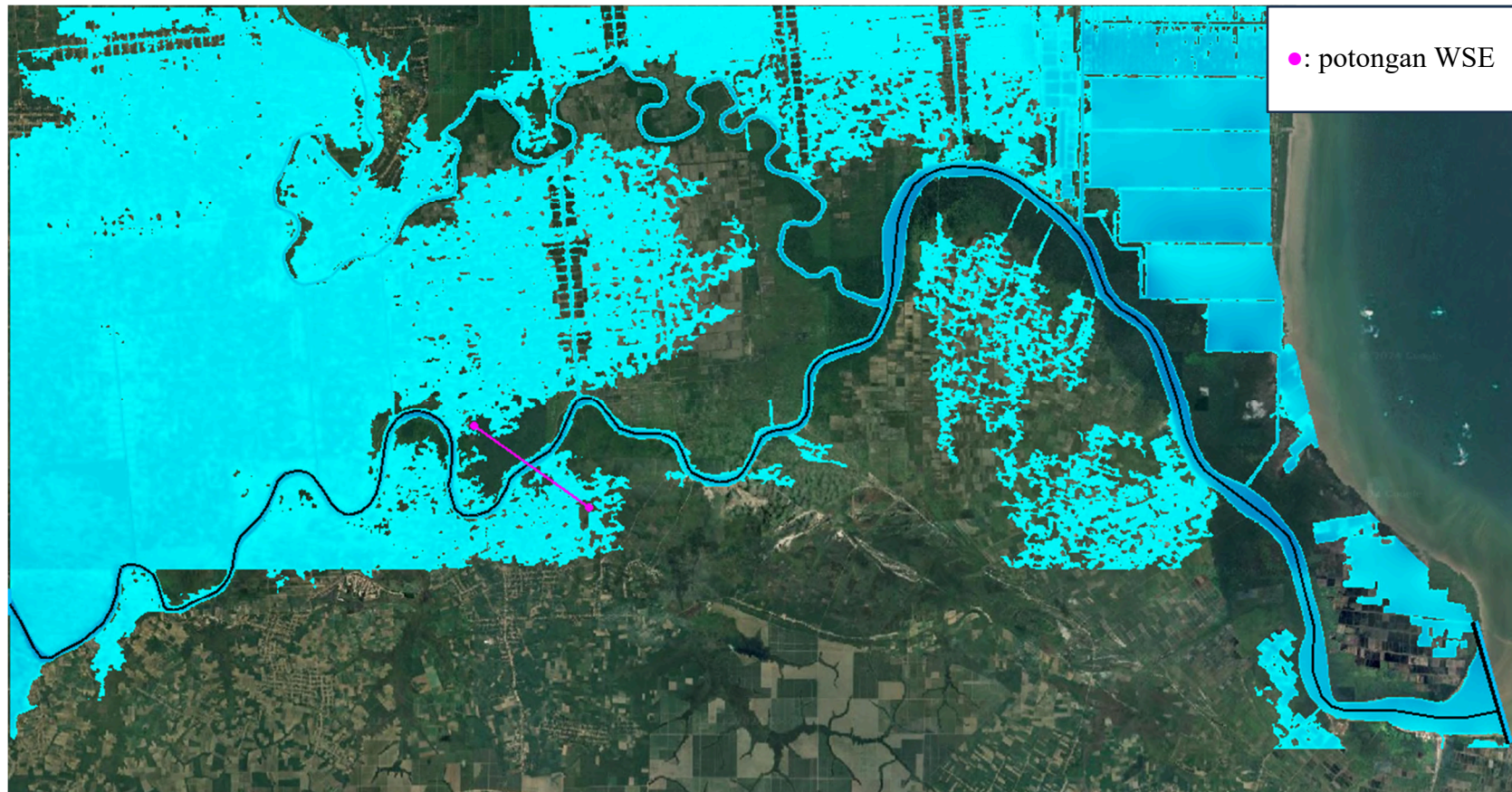
Gambar 20. Kedalaman banjir dengan kala ulang 5 tahun.

(Sumber: Hasil Analisa)



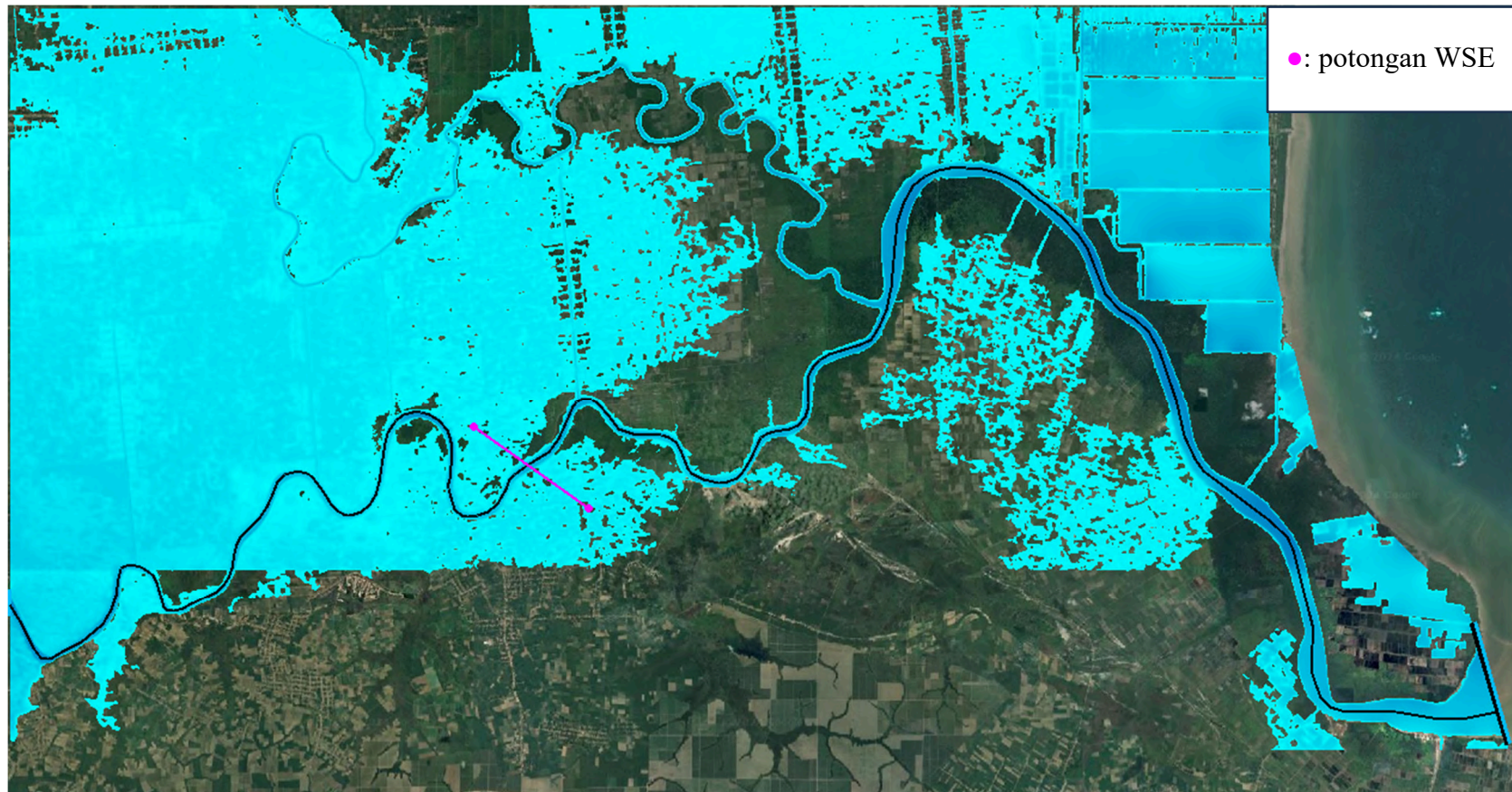
Gambar 21. Kedalaman banjir dengan kala ulang 10 tahun.

(Sumber: Hasil Analisa)



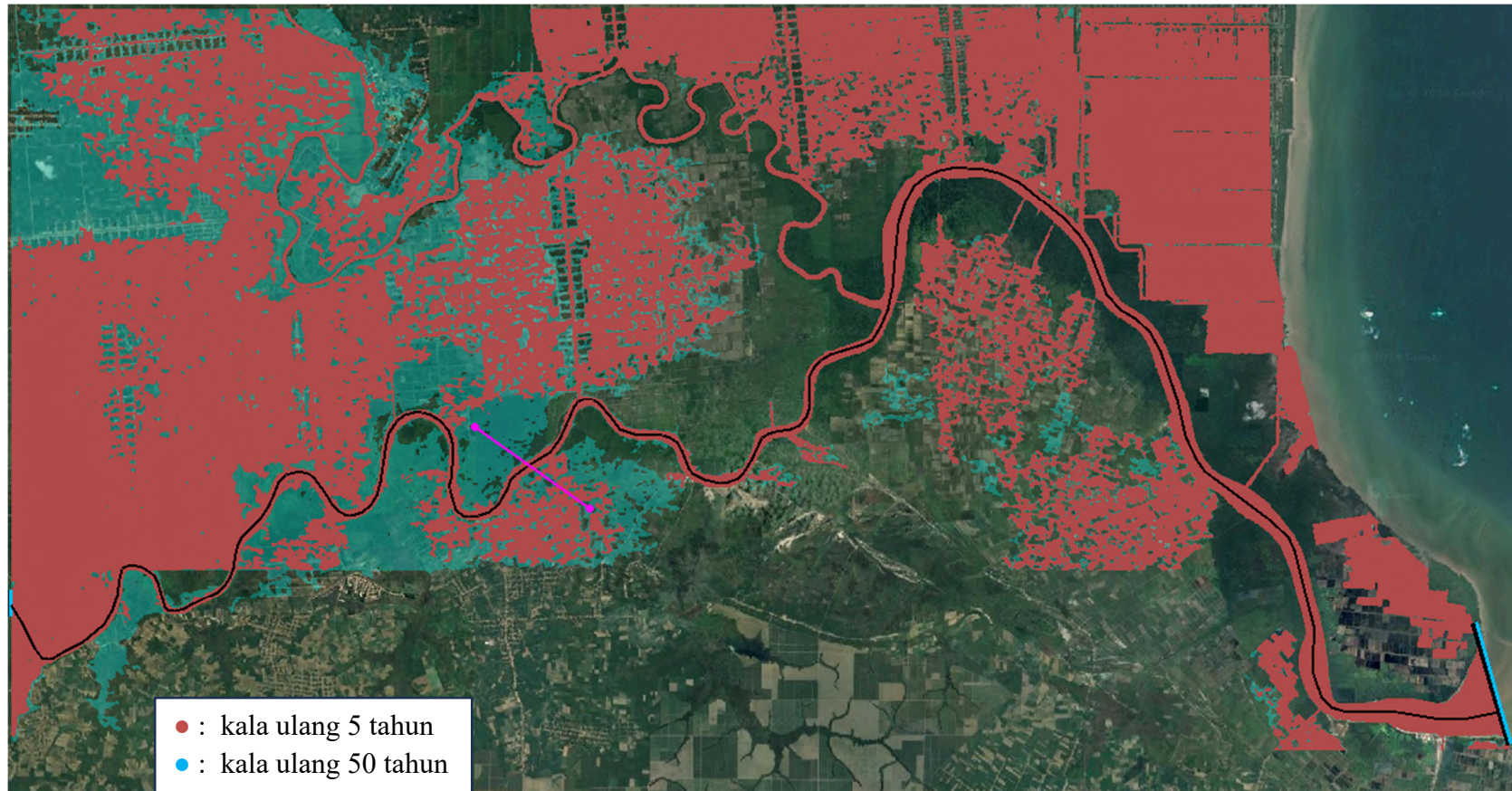
Gambar 22. Kedalaman banjir dengan kala ulang 25 tahun.

(Sumber: Hasil Analisa)



Gambar 23. Kedalaman banjir dengan kala ulang 50 tahun.

(Sumber: Hasil Analisa)

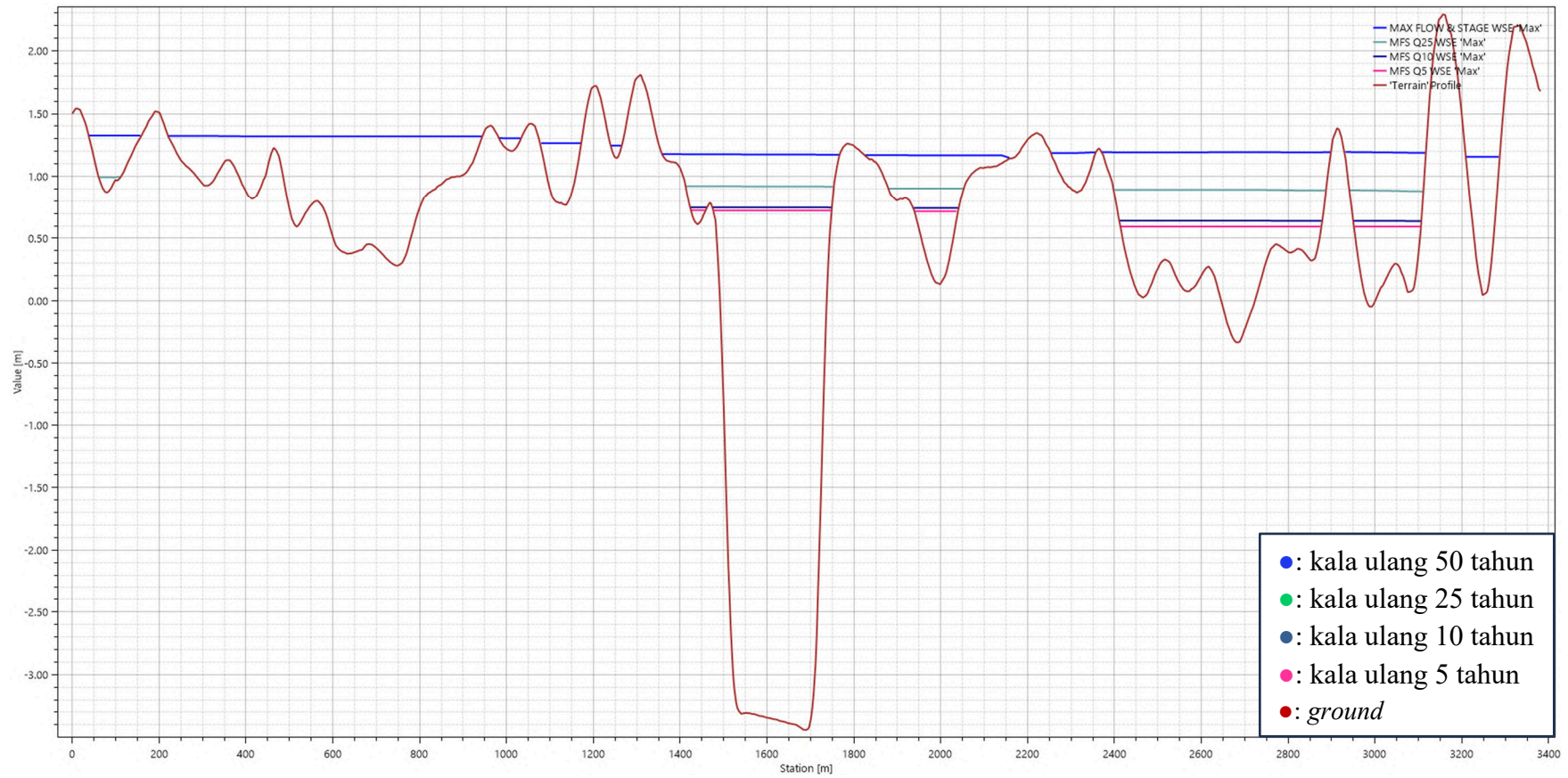


Gambar 24. Perbandingan kedalaman air pada kala ulang 5 tahun dan 50 tahun.

(Sumber: Hasil Analisa)

Seperti yang bisa dilihat pada gambar 20–23, banjir cenderung meluap dari area hulu menuju hilir, hal ini dapat terjadi karena intensitas hujan yang terjadi disertai dengan kondisi pasang surut yang terjadi di wilayah Way Tulang Bawang. Lalu di gambar 24 dapat dilihat perbandingan kedalaman air pada kala ulang 5 tahun dan 50 tahun.

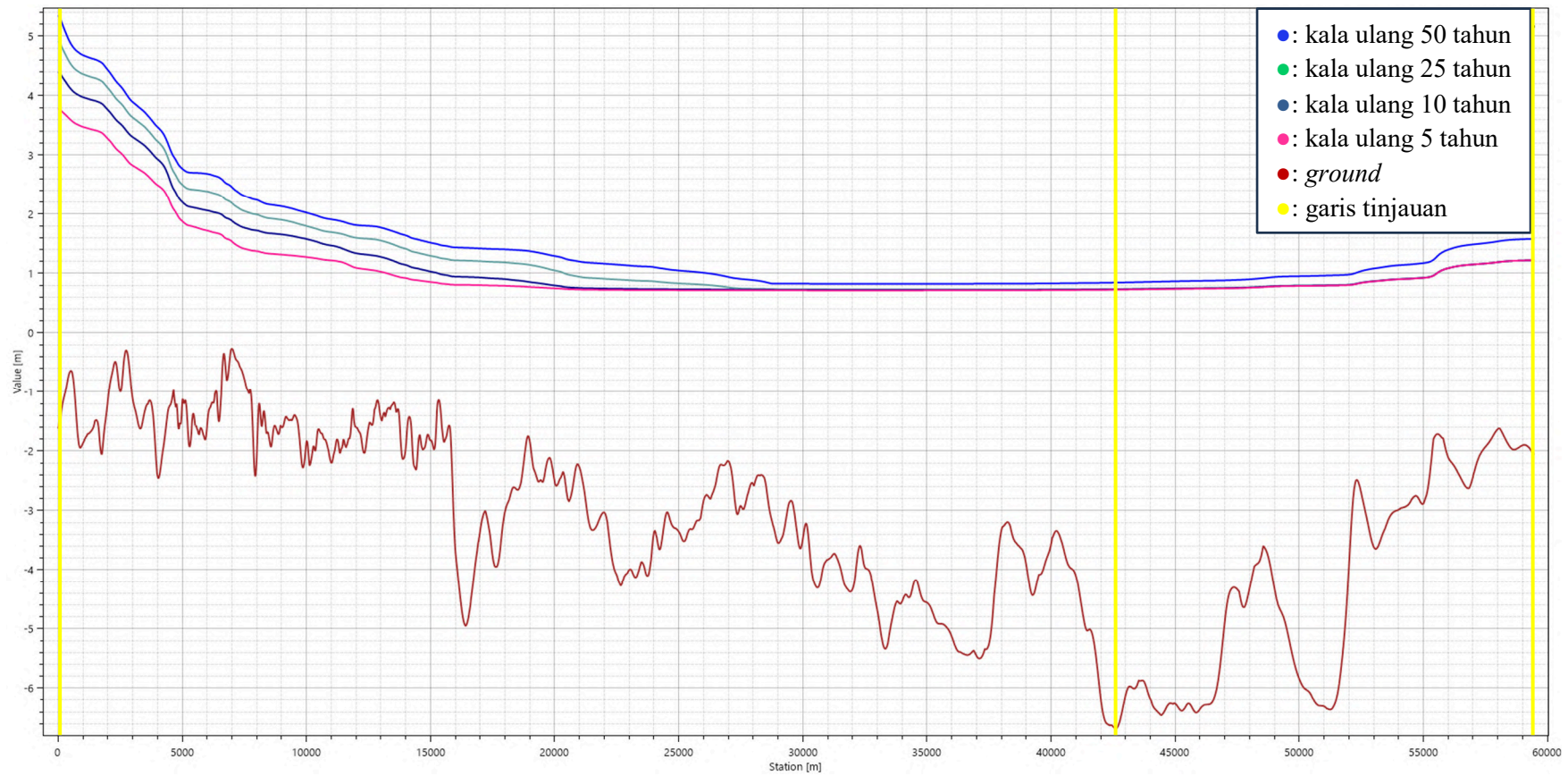
Pada Gambar 24 dapat dilihat bahwa dalam berbagai kala ulang menunjukkan variasi kedalaman air yang berbeda di potongan berwarna ungu yang telah ditentukan. Selanjutnya disajikan variasi ketinggian muka air banjir (Water Surface Elevation) pada bagian hulu, tengah, dan hilir Sungai Way Tulang Bawang akibat intensitas hujan dan pasang surut yang terjadi.



Gambar 25. WSE (Water Surface Elevation) kala ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun.

(Sumber: Hasil Analisa)

Pada Gambar 25 dapat dilihat bahwa dalam berbagai kala ulang menunjukkan variasi kedalaman air yang berbeda. Selanjutnya disajikan LS WSE (*Long Section Water Surface Elevation*) Pada gambar 25 disajikan variasi ketinggian muka air banjir pada bagian hulu, tengah, dan hilir Way Tulang Bawang akibat intensitas hujan dan pasang surut yang terjadi disertai garis tinjauan berwarna kuning.



Gambar 26. LS WSE (*Long Section Water Surface Elevation*) dengan kala ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun.

(*Sumber: Hasil Analisa*)

4.6. Analisis Banjir Way Tulang Bawang Menggunakan HEC-RAS

Pada hasil hidraulika menggunakan *software* HEC-RAS diperoleh kedalaman air Way Tulang Bawang pada daerah hulu, tengah, dan hilir. Untuk daerah tengah ditinjau daerah dengan *ground* terendah. Pada kala ulang 5 tahun yaitu +5,4 m; +7,4 m; dan +3,28 m. Lalu pada kala ulang 10 tahun yaitu +6,02 m; +7,4 m; dan +3,28 m. Selanjutnya pada kala ulang 25 tahun yaitu +6,54m; +7,4 m; dan 3,28 m. Terakhir pada kala ulang 50 tahun yaitu +6,97m; +7,5 m; dan 3,64 m sehingga dapat dikatakan banjir pada penelitian. Berikut ditampilkan tabel yang diperoleh dari HEC-RAS dengan kala ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun pada tabel sebagai berikut.

Tabel 19. Hasil WSE (*Water Surface Elevation*) Way Tulang Bawang

Tabel WSE (<i>Water Surface Elevation</i>)			
Kala Ulang (tahun)	Kedalaman (m)		
	Hulu	Tengah	Hilir
5	5,4	7,4	3,28
10	6,02	7,4	3,28
25	6,54	7,4	3,28
50	6,97	7,5	3,64

(Sumber: Hasil Analisa)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini. Maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Diperoleh nilai debit banjir untuk kala ulang adalah 1166,0139 m³/s; 2025,6221 m³/s; 3102,9706 m³/s; dan 4200,4235 m³/s untuk kala ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun. Pada kala ulang 5 tahun, debit banjir mencapai 1166,0139 m³/s. Kala ulang 10 tahun mencatat debit banjir sebesar 2025,6221 m³/s. Pada kala ulang 25 tahun, debit banjir meningkat menjadi 3102,9706 m³/s. Terakhir pada kala ulang 50 tahun, diperoleh nilai debit yang lebih tinggi lagi yaitu 4200,4235 m³/s. Analisis ini penting untuk perencanaan infrastruktur dan mitigasi risiko banjir, memberikan gambaran volume air yang harus diantisipasi pada berbagai kala ulang.
2. Dari hasil WSE (*Water Surface Elevation*) Way Tulang Bawang, kedalaman air pada daerah hulu, tengah, dan hilir adalah +5,4 m; +7,4 m; dan +3,28 m untuk kala ulang 5 tahun. Lalu +6,02 m; +7,4 m; dan +3,28 m untuk kala ulang 10 tahun. Selanjutnya +6,54m; +7,4 m; dan 3,28 m untuk kala ulang 25 tahun. Terakhir +6,97m; +7,5 m; dan 3,64 m untuk kala ulang 50 tahun. Data ini penting untuk perencanaan pengelolaan air dan mitigasi risiko banjir.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Disarankan menggunakan data topografi/*Digital Elevation Model* (DEM) yang memiliki resolusi lebih rapat agar mendapatkan geometri sungai yang lebih detail untuk simulasi yang lebih akurat.
2. Disarankan pada penelitian selanjutnya untuk memeriksa pengaturan desimal pada perangkat komputer karena program HEC-RAS menggunakan desimal dengan tipe dot (.).
3. Disarankan pada penelitian selanjutnya untuk melakukan analisis 2D pada *software* HEC-RAS 6.5 atau HEC-RAS versi terbaru untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
4. Diperlukan penelitian lanjutan dalam pemodelan hidrologi di daerah aliran sungai sekitar untuk mencapai model hidrologi terpadu.
5. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan dan penerapan model serupa menggunakan berbagai perangkat lunak, sehingga ilmu hidroteknik terus berkembang.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2020). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Dapertemen Pekerjaan Umum. (2004). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air*. Jakarta: Dep PU.
- Dingman, L. (2015). *Physical Hydrology*. Waveland Press.
- Fildzah Tasya, N.H., Lasminto, U. (2021). Kalibrasi Model Numerik Sungai Bengawan Solo untuk Pembangunan Bendung Gerak Karangnongko dengan Parameter Nilai Kekasaran Manning Menggunakan Program Bantu HEC-RAS. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19 (4), 379–386.
- Harto, S. (1993). Analisis Hidrologi. Jakarta. Gramedia Pustaka Utama.
- Istiarto. (2014). *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS Jenjang Dasar: Simple Geometry River*. 1–204.
- HEC-RAS. 2010b. *HEC-RAS River analysis system*. Hydraulic reference manual. US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center. California (US) : US Department of Defense, Army Corps of Engineers.
- Kementerian PUPR, Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. (2017). Modul 8 tentang Dasar-Dasar Perencanaan Alur dan Bangunan Sungai. Bandung.
- Parse, F. A. (2018). Perencanaan Saluran Drainase Dengan Analisis Debit Banjir Metode Rasional (Studi Kasus Desa Petapahan Kecamatan Gunung Toar). *Jurnal Perencanaan, Sains, Teknologi dan Komputer*, 31-43.
- Rejekiningrum, P. (2009). Peluang pemanfaatan air tanah untuk keberlanjutan sumber daya air. *Jurnal sumber daya lahan*, 3(2).
- Saputra, E.A., Wahono, E.P., Zakaria, A. (2021). Analisis Perbandingan Kedalaman Gerusan Lokal (Local Scouring) di Hilir Bangunan Pelimpah (Ogee and Stepped Spillway) dengan Model Fisik 2D. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 9 (3), 523–532.
- Sudjarwadi. (1987). Teknik Sumber Daya Air. Yogyakarta. Diklat, PAU Ilmu Teknik UGM.
- Sumaryatno, B. F. (2014). Penggunaan Metode Soil Conservation Service - Curve Number (SCS-CN) Dalam Menduga Limpasan Permukaan di DAS Ciliwung. Bogor: Insitut Pertanian Bogor.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Suyono, & Takeda, D. (1993). Perbaikan dan Pengaturan Sungai. Jakarta. PT. Pradnya Paramita.

- Syahputra, I. (2015). KAJIAN HIDROLOGI DAN ANALISA KAPASITAS TAMPANG SUNGAI KRUENG LANGSA BERBASIS HEC-HMS DAN HEC-RAS. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 15-28.
- Talumepa, M. Y., Tanudjaja, L., & Sumarauw, J. S. (2017). Analisis debit banjir dan tinggi muka air sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10).
- Triadmodjo, B. (1993). *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Tugiyono, & Buchori, H. (2005). Klasifikasi Air Sungai Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Sekampung Provinsi Lampung. *Prosiding seminar hari air sedunia*, 101-109.
- Ven te Chow. (1989). *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.
- Wahono, E.P. (2010) *Kursus Dasar HEC-RAS*. Bandar Lampung