

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk dan kepadatan penduduk yang meningkat dengan pesat menimbulkan tekanan terhadap ketersediaan lahan untuk kebutuhan perumahan, kawasan industri/jasa dan fasilitas pendukungnya, yang selanjutnya mengubah lahan terbuka menjadi lahan terbangun. Perkembangan kawasan terbangun yang sangat pesat sering tidak terkendali dan tidak sesuai lagi dengan tata ruang maupun konsep pembangunan yang berkelanjutan, mengakibatkan banyak kawasan-kawasan rendah yang semula berfungsi sebagai tempat penampungan air sementara (*retarding pond*) dan bantaran sungai berubah menjadi tempat hunian penduduk.

Fenomena banjir akhir-akhir ini mengalami peningkatan, baik dari waktu frekuensi kejadiannya maupun dari rentang waktu kejadian. Tercatat 186 insiden di seluruh Indonesia dari awal tahun hingga Mei 2024 (Portal Pusdantinkom BNPB, diakses pada 10 Mei 2024). Curah hujan tinggi dengan intensitas yang lama, kondisi drainase yang buruk, alih fungsi lahan, dan peningkatan permukaan air laut, ini adalah beberapa karakteristik yang menjadi tanda akan terjadi banjir (Fauzi, A. & Hidayat, R., 2022).

Kabupaten Mamuju dengan bentang alam musim hujan pada Mei - Desember sangat rentang akan genangan banjir mengingat curah hujan mencapai 397,4 - 886 mm (Dinas PUPR Kab. Mamuju, 2022). Secara topografis Kota Mamuju disituasikan di ketinggian kisaran 24 m diatas muka air laut rerata. Pertumbuhan penduduk, pembangunan infrastruktur, dan pembangunan permukiman telah memperburuk fungsi layanan kota. Seiring dengan peningkatan mobilitas penduduk yang cepat diiringi dengan pertumbuhan infrastruktur yang sangat pesat mengakibatkan alih fungsi lahan menjadi pemukiman penduduk dan pembangunan sarana prasarana perkotaan. Kondisional tersebut menyebabkan lahan resapan berkurang drastis dan beresiko menimbulkan titik genangan banjir.

Kejadian banjir di Mamuju, khususnya di Sungai Karema, telah menjadi perhatian utama karena seringnya kejadian tersebut dalam beberapa tahun terakhir. Misalnya, pada bulan Maret 2018, hujan lebat selama lebih dari sepuluh jam menyebabkan Sungai Karema meluap

dan menggenangi enam desa di sekitarnya (BPBD Kabupaten Mamuju, 2024). Banyak rumah terendam dan puluhan lainnya hanyut terbawa arus. Hal ini menunjukkan betapa rentannya daerah tersebut terhadap bencana banjir. Hal serupa terjadi di Bulan Juni Tahun 2022, banjir kembali terjadi di daerah ini dengan jumlah kerugian materiil yang tidak kalah besarnya dengan banjir sebelumnya.

Bencana banjir yang melanda Kota Mamuju pada tahun 2018 dan 2022 tersebut di atas telah mengakibatkan kerugian yang signifikan, baik materiil maupun non-materiil. Sayangnya, data menunjukkan bahwa kerugian akibat banjir di tahun 2022 tidak menunjukkan penurunan yang berarti dibandingkan dengan tahun 2018. Hal ini mengindikasikan bahwa tindakan mitigasi bencana banjir yang telah dilakukan belum optimal dalam mengurangi dampak negatif banjir.

Oleh karena itu, penelitian pengurangan resiko bencana banjir menjadi sangat penting untuk dilakukan. Analisa hidrologi dan hidraulika merupakan analisa yang paling tepat dalam melakukan analisis mitigasi banjir di daerah penelitian, kedua metode ini akan mengantarkan kita pada alur logika penelitian, dimulai dari faktor-faktor yang mendorong terjadinya banjir, kemudian bagaimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi potensi banjir, dampak yang ditimbulkan, dan akhirnya bagaimana mitigasi banjir dapat berkontribusi pada pengurangan risiko bencana. *Software* HEC-RAS sangat sesuai untuk menganalisis potensi banjir karena kemampuannya dalam mensimulasikan genangan banjir dan memprediksi luasan daerah terdampak. Maka dengan ini diangkat judul **“Analisis Mitigasi Bencana Banjir Pada Sungai Karema Berbasis HEC-RAS”**.

1.2 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan fenomena masalah yang terurai pada latar belakang diatas, maka pertanyaan penelitian yang diangkat dalam penelitian ini yakni:

1. Bagaimana visualisasi area terdampak banjir di daerah penelitian hasil simulasi HEC-RAS?
2. Bagaimana mengembangkan peta rute evakuasi bencana banjir di daerah hilir Sungai Karema dengan mengintegrasikan peta terdampak banjir hasil simulasi HEC-RAS menggunakan analisis spasial?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penjabaran pertanyaan penelitian diatas, maka tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut;

1. Menganalisis upaya mitigasi dalam rangka pengurangan resiko

bencana berdasarkan peta daerah terdampak banjir dari hasil simulasi HEC-RAS;

2. Merumuskan model rute evakuasi bencana banjir pada Sungai Karema Bagian Hilir.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun penelitian ini diharapkan memiliki manfaat antara lain :

1. Hasil analisis dan pemetaan daerah terdampak banjir dapat memberikan informasi yang akurat dan komprehensif bagi pemerintah daerah dalam mengambil keputusan terkait perencanaan tata ruang, pengembangan infrastruktur, dan upaya mitigasi bencana banjir;
2. Peta daerah terdampak banjir dan rute evakuasi dapat digunakan untuk mengembangkan sistem peringatan dini yang lebih efektif, sehingga masyarakat dapat lebih siap menghadapi bencana banjir.
3. Dengan adanya peta rute evakuasi masyarakat dapat melakukan evakuasi secara lebih aman dan terarah, demi mengurangi risiko kerugian materiil

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian merupakan batasan tentang lingkup wilayah penelitian dan lingkup substansi penelitian yang terdiri dari ruang lingkup data, analisis dan waktu penelitian.

1. Analisis akan dilakukan pada sungai utama (main channel) Sungai Karema;
2. Penentuan batas wilayah penelitian akan mempertimbangkan data historikal genangan banjir dan karakteristik topografi;
3. Analisis dilakukan dengan 2 dimensi (2D) unsteady flow;
4. Data topografi yang digunakan menggunakan data DEMNAS;
5. Penelitian ini tidak menganalisis pengaruh pasang surut terhadap banjir Sungai Karema;
6. Analisis tidak memperhitungkan kondisi tutupan lahan.

1.6 Kebaruan Penelitian

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk menganalisis kerawanan banjir di Kabupaten Mamuju, sejauh ini, belum banyak penelitian yang secara khusus menganalisis daerah terdampak banjir di Sungai Karema dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS.

Iswanto, Rigel, Tahun 2023 melakukan penelitian tentang Pemetaan Tingkat Kerawanan Banjir dengan menggunakan metode overlay dan skoring berbasis SIG. Dalam penelitian ini, enam faktor penyebab (ketinggian lahan, curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, buffer sungai, dan penggunaan lahan) digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan banjir.

JNANALOKA, pada tahun 2021 melakukan penelitian terkait Analisis lokasi rawan banjir berdasarkan analisis faktor fisik. Dalam penelitian ini menggunakan data geospasial untuk menentukan wilayah yang rentan terhadap banjir.

Berdasarkan data tersebut di atas, metode yang digunakan dalam penelitian-penelitian sebelumnya menganalisis faktor geospasial dan faktor fisik seperti ketinggian lahan, curah hujan, dan penggunaan lahan, Namun, penelitian-penelitian tersebut belum sepenuhnya mengintegrasikan analisis hidrologi dan hidraulika, terutama dengan memanfaatkan pemodelan *software* HEC-RAS. Padahal, analisis hidrologi dan hidraulika sangat penting untuk memahami dinamika banjir, memprediksi luasan dan kedalaman genangan, serta melakukan pengembangan ke penyusunan rute evakuasi sebagai bentuk mitigasi untuk pengurangan dampak negatif dari banjir. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengisi *gap* tersebut dengan melakukan analisis mitigasi bencana banjir di Sungai Karema berbasis HEC-RAS.

1.7 Penelitian Terdahulu

Dalam upaya untuk memahami dan mengatasi permasalahan banjir di berbagai wilayah, banyak penelitian telah dilakukan oleh para ahli dan peneliti. Kajian-kajian tersebut mencakup berbagai aspek, mulai dari identifikasi faktor-faktor penyebab banjir, analisis hidrologi dan hidraulika, pemetaan daerah rawan banjir, hingga pengembangan strategi mitigasi dan evakuasi.

Anshar Amran, dkk (2021) melakukan penelitian akurasi koordinat horizontal yang dihasilkan oleh Google Earth, khususnya pada area pulau kecil di Kota Makassar, Indonesia. Hasil penelitian memperlihatkan masalah utama adalah ketidakakuratan data koordinat yang dapat mempengaruhi navigasi dan aplikasi teknis seperti survei dan pemetaan, sehingga rekomendasi untuk pengguna Google Earth agar lebih berhati-hati dalam menggunakan data koordinat untuk aplikasi yang memerlukan akurasi tinggi.

Mukhsan Putra Hatta dan S Yuni (2021) melakukan penelitian pada perubahan pola curah hujan dan debit di Daerah Aliran Sungai (DAS) Saddang, yang mencakup Sungai Buntu Batu, Sungai Mata Allo, dan Sungai Pekkabata. Hasil penelitian menunjukkan adanya tren penurunan curah hujan dan debit selama 10 tahun.

Mukhsan Putra Hatta, Muhammad Arsyad, dkk (2021) melakukan penelitian pemodelan distribusi sedimen di Teluk Ambon yang dipengaruhi oleh Sungai Way Rohu. Penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi arus dan reklamasi mempengaruhi pola distribusi sedimen di Ambon Bay, konsentrasi sedimen tersuspensi lebih tinggi tanpa reklamasi dibandingkan dengan kondisi dengan reklamasi.

Ichsan Rauf, dkk (2021) melakukan penelitian analisis bahaya banjir di Desa Amassing Kali dengan Hec-Ras 2D. Hasil dari penelitian ini adalah luas area yang berpotensi tergenang berdasarkan hasil simulasi Banjir beserta tinggi genangan banjir pada periode 2, 5, 10, dan 25 tahun. Hasil dari pemodelan ini kemudian menjadi dasar mengklasifikasi tingkat bahaya banjir di daerah penelitian.

Tedy Irawan, dkk (2022) melakukan penelitian genangan Banjir menggunakan Sistem Aplikasi Hec-Ras 5.0.7 pada Sub DAS Dengkeng. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis genangan banjir yang disebabkan oleh luapan Sungai Dengkeng menggunakan sistem aplikasi HEC-RAS 5.0.7. Hasil Simulasi Genangan Banjir: memperlihatkan tinggi genangan bervariasi antara 0,034 m hingga 3,204 m di berbagai dusun, dengan Luasan genangan banjir di Kecamatan Karangdowo sebesar 124,72 ha dan di Kecamatan Tawangsari sebesar 30,89 ha, kecepatan aliran banjir di berbagai lokasi berkisar antara 0,07 m/d hingga 1,521 m/d.

Meynarti Sinurat, dkk (2023) melakukan penelitian analisis spasial daerah banjir menggunakan Hec-Ras dan QGIS pada Sub DAS Babura. Data genangan banjir berdasarkan output dari aplikasi HEC-RAS yang dikonversi ke dalam bentuk shapefile untuk pemetaan spasial menggunakan QGIS. Hasil dari penelitian ini adalah luas area yang tergenang dan jumlah bangunan serta jalan yang terdampak banjir pada berbagai periode ulang (Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{20} , Q_{25} , Q_{50} , Q_{100}). serta identifikasi jalur evakuasi yang optimal bagi masyarakat saat terjadi banjir.

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Output	Outcome	Persamaan Rencana Penelitian	Perbedaan Rencana Penelitian
1	Muhammad Anshar Amran, Ira Nirwana, Nurfitri Sam, Ulfi Syamsiah, Amir Hamzah Muhiddin	Horizontal Coordinate Accuracy of Google Earth on the Coverage of Small Islands of Makassar City, Indonesia	Penelitian ini membahas akurasi koordinat horizontal yang dihasilkan oleh Google Earth, khususnya pada area pulau kecil di Kota Makassar, Indonesia. Masalah utama adalah ketidakakuratan data koordinat yang dapat mempengaruhi navigasi dan aplikasi teknis seperti survei dan pemetaan.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa Root Mean Square Error (RMSE) horizontal adalah 2.49 meter dan akurasi horizontal adalah 4.28 meter. Penelitian ini juga menentukan bahwa peta yang dihasilkan dari data koordinat Google Earth dapat digunakan dengan skala maksimum 1:10,000.	Penelitian ini memberikan bukti bahwa meskipun Google Earth memiliki akurasi yang terbatas, data koordinatnya masih dapat digunakan untuk pemetaan sumber daya di pulau kecil di Makassar. Rekomendasi untuk pengguna Google Earth agar lebih berhati-hati dalam menggunakan data koordinat untuk aplikasi yang memerlukan akurasi tinggi.	Menggunakan metode pengukuran lapangan untuk membandingkan data koordinat yang diperoleh dari sumber digital (seperti Google Earth).	Hasil penelitian menunjukkan pelayanan Dinas Pemadam Kebakaran masih kurang efektif perlu adanya penambahan pos pemadam, peningkatan kompetensi personal dan penambahan sarana dan prasarana penunjang
2	M P Hatta dan S S Yuni	Changes in rainfall and discharge in	Penelitian ini berfokus pada perubahan pola	Data curah hujan dan debit selama 10 tahun (2008-	Penurunan curah hujan dan debit di ketiga sungai	Fokus pada analisis perubahan curah	Tidak melakukan pengembangan ke

No	Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Output	Outcome	Persamaan Rencana Penelitian	Perbedaan Rencana Penelitian
		Saddang Watershed, South Sulawesi, Indonesia	curah hujan dan debit di Daerah Aliran Sungai (DAS) Saddang, yang mencakup Sungai Buntu Batu, Sungai Mata Allo, dan Sungai Pekkabata.	2017 untuk curah hujan dan 2003-2015 untuk debit) dianalisis menggunakan analisis regresi. Hasil menunjukkan penurunan curah hujan dan debit di ketiga sungai yang diteliti: Sungai Buntu Batu: Penurunan curah hujan sebesar 77,9% dalam 6 tahun. Sungai Mata Allo: Penurunan curah hujan sebesar 21,2% dan debit sebesar 176,8% dalam 10 tahun. Sungai Pekkabata: Penurunan curah hujan sebesar 34,5% dan debit	menunjukkan dampak dari perubahan iklim, khususnya fenomena El Niño. Rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut guna memahami penyebab penurunan curah hujan dan debit, serta pengaruh perubahan penggunaan lahan di daerah DAS Saddang.	hujan dan debit sungai.	analisis jalur evakuasi.

No	Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Output	Outcome	Persamaan Rencana Penelitian	Perbedaan Rencana Penelitian
				sebesar 1376% dalam 10 tahun.			
3	Ichsan Rauf, Imran, Idhar Sahdar	Analisis Spasial Tingkat Bahaya Banjir Desa Amasing Kali Dengan Hec-RAS 2D	Fenomena Banjir: Peningkatan frekuensi dan amplitudo banjir di berbagai belahan dunia, termasuk di Indonesia, disebabkan oleh perubahan iklim dan perubahan fungsi lahan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerawanan banjir di Desa Amasing Kali berdasarkan karakteristik banjir yang terjadi, termasuk debit, tinggi genangan, dan sebarannya. Metodologi: Penggunaan	Hasil Simulasi Banjir: Luas area yang berpotensi tergenang untuk periode ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun masing-masing adalah ± 22.57 ha, ± 37.11 ha, ± 41.81 ha, dan ± 47.27 ha. Tinggi Genangan: Variasi tinggi genangan antara 0.25 m hingga 1.50 m, dengan klasifikasi bahaya banjir dari rendah hingga tinggi.	Informasi untuk Mitigasi: Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi pemangku kepentingan dalam upaya pengendalian dan mitigasi bencana banjir di Desa Amasing Kali. Pemetaan Bahaya Banjir: Pemetaan sebaran banjir yang akurat sebagai dasar untuk kebijakan mitigasi dan pengendalian banjir.	Metode yang Digunakan: Penggunaan HEC-RAS untuk simulasi banjir dan pemetaan sebaran genangan. Pendekatan Kuantitatif: Menggunakan data hidrologi dan hidraulika untuk analisis.	Tidak melakukan analisis penentuan jalur evakuasi bencana banjir di daerah penelitian

No	Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Output	Outcome	Persamaan Rencana Penelitian	Perbedaan Rencana Penelitian
			HEC-RAS 2D untuk simulasi sebaran banjir dan pemetaan potensi genangan.				
4	Mukhsan Putra Hatta, Muhammad Arsyad Thaha, Marthen P Lakatua	Simulation Model Pattern Distribution Sediment at Ambon Bay, Indonesia	Penelitian ini membahas masalah sedimentasi di Ambon Bay yang disebabkan oleh aliran limbah dari Sungai Way Ruhu, yang mengakibatkan penyempitan mulut Ambon Bay. Fokus utama adalah menganalisis pola pergerakan arus dan distribusi sedimen di Ambon Bay dengan dua skenario: dengan	Hasil simulasi menunjukkan kecepatan arus tanpa reklamasi berkisar antara 0.0-0.4 m/s, sedangkan dengan reklamasi sedikit lebih tinggi, yaitu antara 0.0-0.6 m/s. Pola distribusi sedimen mengikuti pergerakan arus, dengan konsentrasi sedimen tersuspensi berkisar antara 0.002 kg/m ³ - 0.030 kg/m ³ .	Penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi arus dan reklamasi mempengaruhi pola distribusi sedimen di Ambon Bay. Ditemukan bahwa konsentrasi sedimen tersuspensi lebih tinggi tanpa reklamasi dibandingkan dengan kondisi dengan reklamasi, yang disebabkan oleh pengaruh kecepatan arus.	Menggunakan model numerik untuk simulasi dan analisis data.	Penelitian di Sungai Karema dapat mempertimbangkan faktor-faktor penggunaan lahan di sekitar sungai dan dampak pengaruh curah hujan.

No	Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Output	Outcome	Persamaan Rencana Penelitian	Perbedaan Rencana Penelitian
			dan tanpa reklamasi.				
5	Tedi Irawan, Zainul Faizien Haza, Lilik Hendro Widaryanto	Analisis Genangan Banjir Menggunakan Sistem Aplikasi Hec-Ras 5.0.7 (Studi Kasus Sub-DAS Sungai Dengkeng)	Sungai Dengkeng mengalami banjir hampir setiap tahun, terutama pada musim penghujan, yang menyebabkan kerugian bagi masyarakat di sekitarnya. Analisis Genangan Banjir: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis genangan banjir yang disebabkan oleh luapan Sungai Dengkeng menggunakan sistem aplikasi HEC-RAS 5.0.7. Data yang Digunakan: Penelitian ini	Hasil Simulasi Genangan Banjir: Tinggi genangan bervariasi antara 0,034 m hingga 3,204 m di berbagai dusun. Luasan genangan banjir di Kecamatan Karangdowo sebesar 124,72 ha dan di Kecamatan Tawangsari sebesar 30,89 ha. Kecepatan aliran banjir di berbagai lokasi berkisar antara 0,07 m/d hingga 1,521 m/d.	Informasi untuk Mitigasi Banjir: Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai dasar untuk perencanaan pengendalian banjir yang lebih efektif dan terpadu. Pemetaan Risiko Banjir: Pemetaan area yang terdampak genangan banjir untuk membantu masyarakat dan pemerintah dalam mengambil langkah mitigasi.	Penggunaan HEC-RAS untuk simulasi genangan banjir dan analisis hidrologi. Pendekatan Kuantitatif: Menggunakan data hidrologi dan hidraulika untuk analisis genangan banjir.	Luasan genangan banjir diperoleh dengan mengexport layer static meliputi (Layer Deepth, layer velocity, layer Water surface elevation) pada kondisi debit maksimal dalam bentuk KML dan dihitung menggunakan software Google Eart Pro dengan pengukuran polygon.

No	Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Output	Outcome	Persamaan Rencana Penelitian	Perbedaan Rencana Penelitian
			menggunakan data Digital Elevation Model (DEM), data debit sungai, dan data tinggi muka air untuk melakukan simulasi genangan banjir.				
6	Sudirman	Analisis Banjir Menggunakan Program HEC-RAS 5.0.7 (Studi Kasus Hilir Sungai Amassangan Kotamadya Palopo)	Fenomena Banjir: Peningkatan frekuensi dan intensitas banjir di daerah hilir Sungai Amassangan, Kotamadya Palopo, yang mengancam pemukiman warga dan infrastruktur. Analisis Debit Banjir: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui debit banjir dan potensi banjir berdasarkan	Hasil dari penelitian ini menghasilkan debit banjir rencana kala ulang 2,510,20,dan 50 tahun. Juga dihasilkan peta daerah terdampak	Rekomendasi Mitigasi: Penelitian ini memberikan rekomendasi untuk normalisasi palung sungai dan pinggiran sungai untuk mengoptimalkan fungsi sungai dan mengurangi risiko banjir. Informasi untuk Kebijakan: Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan oleh pemerintah	Metode yang Digunakan: Penggunaan HEC-RAS untuk simulasi debit banjir dan analisis hidrologi. Pendekatan Kuantitatif: Menggunakan data curah hujan dan data hidrologi untuk analisis.	Tidak melakukan analisis penentuan jalur evakuasi bencana banjir di daerah penelitian

No	Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Output	Outcome	Persamaan Rencana Penelitian	Perbedaan Rencana Penelitian
			rencana kala ulang tahunan di sekitar Sungai Amassangan. Dampak Sedimentasi: Penumpukan sedimentasi di palung sungai yang menyebabkan peningkatan debit banjir dan potensi genangan di area pemukiman.		daerah dalam perencanaan dan pengelolaan risiko banjir di Kotamadya Palopo.		
7	Kris Minaryo, Hanie Teki Tjendani, Esti Wulandai	Analisis Pengendalian Banjir Menggunakan Metode Hec-Ras Di Sungai Comoro Bagian Hilir, Timor-Leste	Fenomena Banjir di Dili: Kota Dili, yang dilalui oleh beberapa sungai termasuk Sungai Comoro, mengalami banjir besar pada 13 Maret 2020, 4 April 2021, dan 21 Februari 2022, yang menyebabkan	Hasil Analisis Debit Banjir: Debit banjir rancangan dengan kala ulang 25 tahun adalah 192.141 m ³ /detik. Rekomendasi untuk pembangunan tanggul dan normalisasi sungai sebagai	Rekomendasi Pengendalian Banjir: Pembangunan tanggul dan normalisasi sungai diharapkan dapat mengurangi risiko banjir di Sungai Comoro. Biaya Pembangunan: Total biaya yang	Metode yang Digunakan: Penggunaan HEC-RAS untuk simulasi banjir dan analisis hidrologi. Pendekatan Kuantitatif: Menggunakan data hidrologi dan hidraulika untuk analisis.	Tidak melakukan analisis penentuan jalur evakuasi bencana banjir di daerah penelitian

No	Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Output	Outcome	Persamaan Rencana Penelitian	Perbedaan Rencana Penelitian
			kerusakan infrastruktur yang signifikan. Analisis Debit Banjir: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit banjir yang terjadi di Sungai Comoro dan mengidentifikasi solusi pengendalian banjir yang efektif. Kondisi Lingkungan: Faktor-faktor seperti curah hujan tinggi, penurunan kapasitas sungai, dan kurangnya infrastruktur pengendalian banjir berkontribusi pada masalah ini.	solusi pengendalian banjir. Stabilitas Tanggul: Faktor keamanan terhadap stabilitas lereng tanggul adalah 7.55, menunjukkan bahwa tanggul yang direncanakan aman.	diperlukan untuk pembangunan tanggul dan normalisasi adalah USD 571,366.87. Peningkatan Kesadaran: Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat dan pemerintah tentang pentingnya pengendalian banjir.		

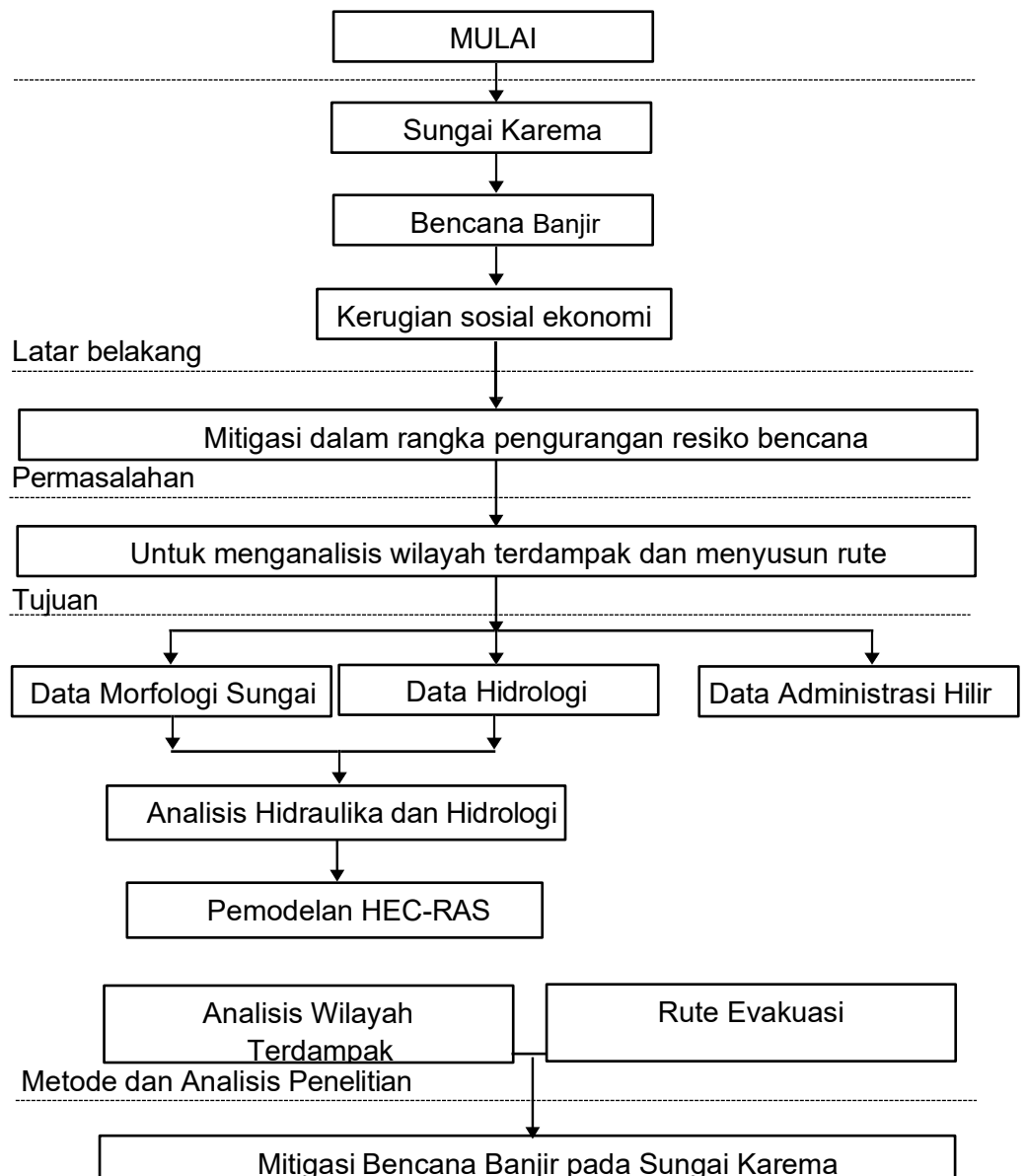
No	Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Output	Outcome	Persamaan Rencana Penelitian	Perbedaan Rencana Penelitian
8	Meinarty Sinurat, Ahmad Perwira Mlia, Muhammad Faisal	Analisis Spasial Daerah Banjir Menggunakan Hec-Ras Danqgis Untuk Sub Das Babura	Fenomena Banjir: Banjir merupakan bencana yang sering terjadi di daerah sekitar Sungai Babura, Medan, yang menyebabkan kerugian ekonomi, kesehatan, dan sosial bagi masyarakat. Analisis Kerugian Banjir: Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan prediksi kerugian banjir berdasarkan analisis curah hujan dan data LIDAR dengan data kuisisioner dari masyarakat sekitar. Kondisi Lingkungan: Penelitian ini juga	Hasil Simulasi Banjir: Data genangan banjir berdasarkan output dari aplikasi HEC-RAS yang dikonversi ke dalam bentuk shapefile untuk pemetaan spasial menggunakan QGIS. Luas area yang tergenang dan jumlah bangunan serta jalan yang terdampak banjir pada berbagai periode ulang (Q2, Q5, Q10, Q20, Q25, Q50, Q100). Pemetaan Jalur Evakuasi: Identifikasi jalur evakuasi yang optimal bagi	Hasil Simulasi Banjir: Data genangan banjir berdasarkan output dari aplikasi HEC-RAS yang dikonversi ke dalam bentuk shapefile untuk pemetaan spasial menggunakan QGIS. Luas area yang tergenang dan jumlah bangunan serta jalan yang terdampak banjir pada berbagai periode ulang (Q2, Q5, Q10, Q20, Q25, Q50, Q100). Pemetaan Jalur Evakuasi: Identifikasi jalur evakuasi yang optimal bagi	Metode yang Digunakan: Penggunaan HEC-RAS untuk simulasi banjir dan analisis hidrologi. Pendekatan Kuantitatif: Menggunakan data hidrologi dan hidraulika untuk analisis.	Tidak melakukan analisis penentuan jalur evakuasi bencana banjir di daerah penelitian

No	Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Output	Outcome	Persamaan Rencana Penelitian	Perbedaan Rencana Penelitian
			membahas jalur evakuasi dan dampak genangan banjir terhadap infrastruktur dan pemukiman.	masyarakat saat terjadi banjir.	masyarakat saat terjadi banjir.		
9	La Ode Munawal Akbar Idati, La Ode Muhama d Magribi, Irwan Lakawa	Analisis Banjir, Faktor Penyebab Dan Prioritas Penanganan Sungai Anduonuhu	Fenomena Banjir: Sungai Anduonuhu di Kendari, Sulawesi Tenggara, sering mengalami banjir dalam dekade terakhir, dengan kejadian signifikan pada tahun 2013 dan 2017. Banjir ini disebabkan oleh curah hujan ekstrem, perubahan penggunaan lahan, dan kondisi topografi yang mendukung genangan. Analisis Penyebab	Hasil Analisis Curah Hujan: Curah hujan ekstrem tercatat pada tahun 2013 dengan total 191.6 mm. Identifikasi faktor penyebab banjir, termasuk curah hujan tinggi dan perubahan penggunaan lahan. Rekomendasi Penanganan: Prioritas penanganan meliputi normalisasi sungai dan	Informasi untuk Mitigasi: Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan oleh pemerintah dan masyarakat untuk merencanakan tindakan mitigasi yang lebih efektif terhadap banjir. Peningkatan Kesadaran: Masyarakat diharapkan lebih sadar akan risiko banjir dan pentingnya pengelolaan lingkungan yang baik.	Metode yang Digunakan: Penggunaan analisis hidrologi dan hidraulika untuk memahami dinamika banjir. Pendekatan Kuantitatif: Menggunakan data curah hujan dan debit sungai untuk analisis.	Tidak melakukan analisis penentuan jalur evakuasi bencana banjir di daerah penelitian

No	Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Output	Outcome	Persamaan Rencana Penelitian	Perbedaan Rencana Penelitian
			Banjir: Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab banjir dan menentukan prioritas penanganan untuk mengurangi dampak banjir di daerah tersebut.	pembangunan tanggul untuk mengurangi risiko banjir di masa depan.			
10	Anita Limeria, Nomeritae, Raden Haryo Saputra	Penentuan Debit Banjir Dengan Hec-Hms Dan Kawasan Rawan Banjir Dipengaruhi Pasang Surut Dengan HEC-RAS 2D		Fenomena Banjir: Banjir merupakan bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, termasuk di Sungai Kapuas, yang mengakibatkan kerugian bagi masyarakat dan infrastruktur. Penelitian ini berfokus pada penyebab banjir yang dipengaruhi oleh curah hujan	Hasil Simulasi Debit Banjir: Debit puncak banjir untuk periode ulang 10 tahun = 3364 m ³ /s Debit puncak banjir untuk periode ulang 25 tahun = 3697.8 m ³ /s Debit puncak banjir untuk periode ulang 50 tahun = 3960.9 m ³ /s Debit puncak	Rekomendasi Mitigasi: Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan untuk merencanakan tindakan mitigasi yang lebih efektif, seperti pembangunan infrastruktur pengendalian banjir dan peningkatan sistem drainase. Informasi untuk Kebijakan: Memberikan	Metode yang Digunakan: Penggunaan HEC-HMS untuk analisis hidrologi dan HEC-RAS untuk analisis hidraulika. Pendekatan Kuantitatif: Menggunakan data curah hujan dan debit untuk analisis.

No	Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Output	Outcome	Persamaan Rencana Penelitian	Perbedaan Rencana Penelitian
				tinggi dan pasang surut. Analisis Debit Banjir: Penelitian bertujuan untuk menentukan debit banjir menggunakan HEC-HMS dan mengidentifikasi daerah rawan banjir dengan HEC-RAS 2D.	banjir untuk periode ulang 100 tahun = 4242.7 m ³ /s Pemetaan Daerah Rawan Banjir: Luas total daerah rawan banjir yang teridentifikasi adalah 89.3 ha, dengan dampak paling besar pada sisi kiri aliran sungai.	informasi yang berguna bagi pemerintah daerah dalam perencanaan dan pengelolaan risiko banjir.	

1.8 Kerangka Pikir



Gambar 1.1 Kerangka Pikir

BAB II

ANALISIS DAERAH TERDAMPAK BANJIR BERBASIS HEC-RAS PADA SUNGAI KAREMA

2.1 Abstrak

Sungai Karema terletak pada DAS Karema, Kecamatan Mamuju Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat, area ini didominasi kondisi topografi 15% (miring-terjal) sehingga, curah hujan yang jatuh di hulu akan cepat sampai di bagian hilir, yang berpotensi menimbulkan banjir genangan pada daerah pedataran, terutama pada daerah pedataran marin dan pedataran fluvial yang merupakan daerah dengan tingkat kepadatan penduduk relatif tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daerah terdampak banjir pada Sungai Karema. Metode yang digunakan ialah deskriptif kuantitatif dengan analisis HEC-RAS yang menghitung data curah hujan untuk mewakili Daerah Aliran Sungai di hulu Sungai Karema, yaitu stasiun curah hujan Simboro dan curah hujan rancangan. Hasil penelitian menunjukkan dari perhitungan Log Pearson III diperoleh curah hujan 258.443 mm periode kala ulang 25 tahun, untuk mendapatkan hujan netto jam-jaman digunakan metode PSA 007 (model genta). Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu digunakan untuk analisis banjir rancangan, diperoleh Q_{25} maksimum banjir 593.443 m³/dtk. Simulasi hidraulik banjir Sungai Karema dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 6.4.1 dengan analisis aliran tidak tunak 2D, diperoleh luas wilayah terdampak banjir dengan luasan 2.432989 km², dan kedalaman banjir rata-rata 4.4 – 4.9 m, banjir di Sungai Karema ini termasuk kedalam kelas bahaya tinggi.

Kata Kunci: Pemetaan Banjir, DAS Karema, SIG, Kerawanan Banjir, Mitigasi Bencana

2.2 Pendahuluan

Pada umumnya daerah-daerah yang memiliki potensi bahaya banjir adalah daerah dataran rendah sekitar sungai seperti dataran aluvial, dataran banjir, rawa belakang dan tanggul alam, serta daerah dataran pantai. Kabupaten Mamuju sebagian besar wilayahnya merupakan daerah perbukitan dan pegunungan dengan kelerengan diatas 15% (miring-terjal), hanya sebagian kecil dari wilayah ini yang

bertopografi datar. Daerah dengan topografi datar sebagian besar merupakan daerah yang memanjang sejajar garis pantai dengan lebar hanya sekitar 1,5 km. Dengan kondisi topografi demikian, maka curah hujan yang jatuh di hulu akan cepat sampai di bagian hilir, yang berpotensi menimbulkan banjir genangan pada daerah pedataran, terutama pada daerah pedataran marin dan pedataran fluvial yang merupakan daerah dengan tingkat kepadatan penduduk relatif tinggi.

Banjir adalah luapan air yang merendam daratan. Banjir diakibatkan oleh volume air di suatu badan air, seperti sungai atau danau, yang meluap atau menjebol bendungan sehingga air keluar dari batasan alaminya. (Sumber: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). Pedoman Teknis Pengendalian Banjir). Untuk mengurangi risiko dan jumlah kejadian banjir, diperlukan perencanaan sistem pengendalian banjir yang tepat dan terpadu. Kodoatie (2013) menjelaskan bahwa perencanaan sistem pengendalian banjir di suatu kawasan perlu adanya evaluasi dan analisis yang memperhatikan daerah atau cakupan genangan banjir. Karakteristik banjir berupa luasan/cakupan genangan, kedalaman genangan, dan kecepatan aliran perlu dipetakan untuk menjadi landasan dalam perencanaan pengendalian banjir. Peta banjir juga dibutuhkan dalam perencanaan suatu kawasan untuk menentukan asuransi dan jaminan banjir dari bangunan gedung, rumah, perkantoran, dan sebagainya.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini akan membahas pemodelan simulasi genangan banjir di Sungai Karema, Mamuju, menggunakan sistem aplikasi HEC-RAS.

2.3 Studi Literatur Peneliti Terdahulu

Bencana didefinisikan sebagai gangguan serius pada fungsi komunitas atau masyarakat dan menyebabkan hilangnya nyawa, material, ekonomi atau kerusakan lingkungan dan melebihi kemampuan masyarakat terdampak untuk menanggulangnya (ISDR, 2003). Sejalan dengan perkembangan wilayah perkotaan, terjadi alih fungsi lahan yang semula lahan terbuka menjadi kawasan terbangun. Adanya perubahan fungsi lahan di Kota Mamuju memberikan dampak pada aliran run off aliran air. Dari tahun-tahun, kawasan sekitar hilir Sungai Karema mengalami banjir yang berdampak negatif bagi masyarakat, dengan adanya pemetaan daerah terdampak dan pemodelan banjir di daerah ini

dapat menjadi acuan dalam penataan ruang di kawasan sempadan sungai (Yuniartanti, 2018).

Penelitian oleh Hatta dan Yuni (2019) menunjukkan bahwa tren penurunan curah hujan dan debit aliran di kawasan Saddang Watershed dipengaruhi oleh perubahan iklim global dan fenomena ENSO, yang berdampak terhadap potensi banjir maupun kekeringan di wilayah tersebut. Mereka juga menegaskan bahwa penurunan curah hujan yang signifikan menunjukkan pentingnya pemantauan jangka panjang terhadap variabel iklim sebagai dasar dalam pengembangan model risiko banjir. Pendekatan ini sangat relevan bila dikaitkan dengan analisis risiko banjir berbasis HEC-RAS, karena pemahaman terhadap tren perubahan hidrologi dapat meningkatkan akurasi simulasi dan efektivitas strategi mitigasi yang adaptif dan berkelanjutan. Sejalan dengan pemahaman ini, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengurangan risiko bencana banjir di Sungai Karema melalui pemanfaatan pemodelan HEC-RAS, dengan mempertimbangkan data hidrologi yang tersedia.

Haris dkk (2020) dalam penelitiannya terhadap pengaruh pasang surut terhadap volume air sungai, menyatakan bahwa pasang surut adalah faktor penting yang mempengaruhi kapasitas sungai dan meningkatkan risiko banjir, terutama saat bersamaan dengan curah hujan tinggi. Pasang surut air menyebabkan kenaikan permukaan air sungai, yang dapat memperburuk kondisi sungai ketika terjadi hujan ekstrem, sehingga kapasitas sungai menjadi terbatas dan potensi meluap meningkat. Dalam analisis risiko banjir, data pasang surut dapat digunakan sebagai variabel pendukung untuk memperkirakan waktu-waktu rawan banjir, serta membantu perencanaan pengelolaan sumber daya air dan mitigasi bencana secara lebih efektif. Merujuk pada penelitian ini, sehingga data pasang surut di sekitar perairan Sungai Karema ditampilkan untuk menjadi variabel pembanding dalam menentukan waktu rawan banjir.

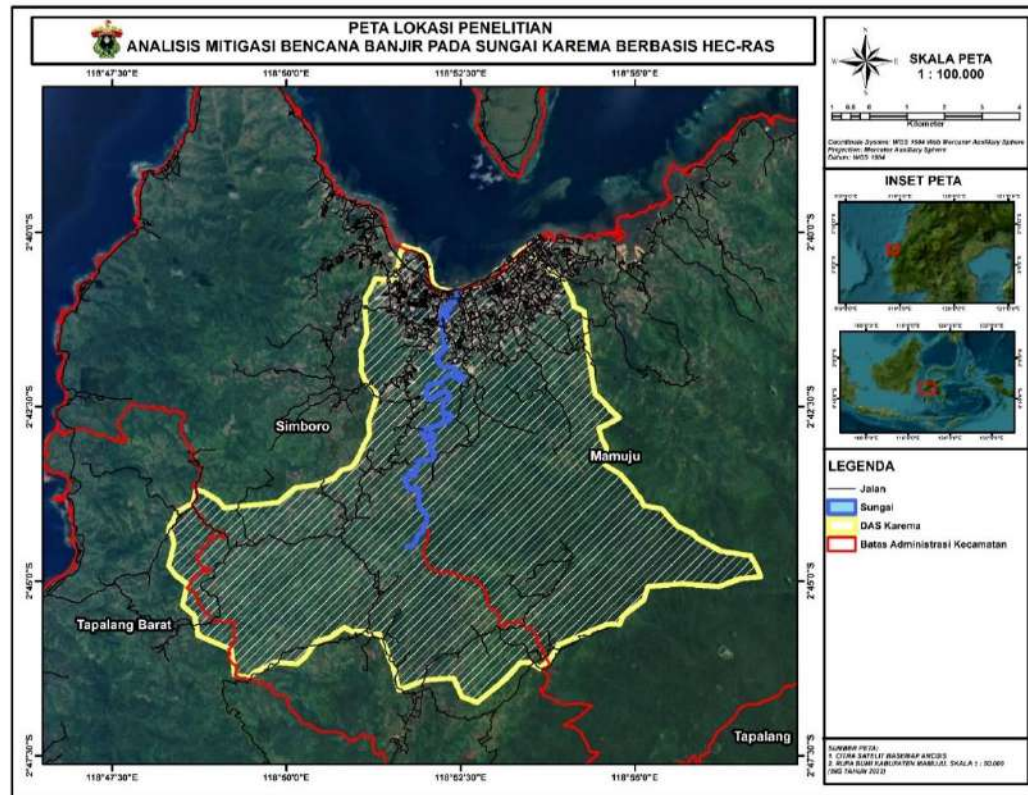
2.4 Metode Penelitian

Daerah penelitian berada di Sungai Karema DAS Karema seperti yang terlihat pada gambar 1, posisi geografis $118^{\circ}51'E-118^{\circ}56'E$ dan $02^{\circ}40'S-04^{\circ}44'S$. Penelitian akan dilaksanakan selama 3 (tiga Bulan) yang meliputi pengambilan data primer dan data sekunder.

Alat yang di gunakan dalam penelitian ini antara lain : Program excel, Program Globbal Mapper, Program HEC-RAS 6.4.1, Program Arcgis Pro.

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian meliputi :

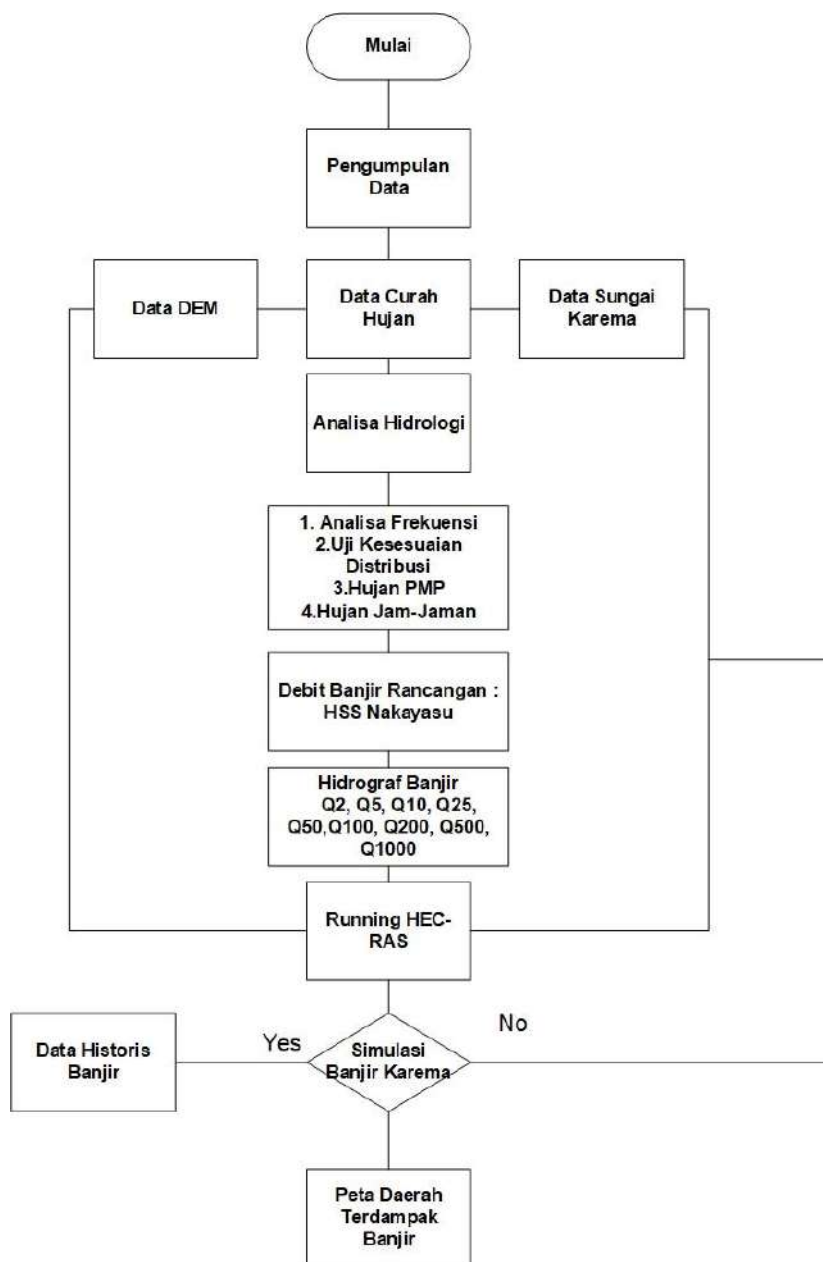
1. Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan survei untuk mengetahui kondisi yang terjadi di lapangan.
2. Pengumpulan data sekunder :
 - a. Data Geometri Sungai Karema berasal dari Data DEM yang diunduh dari DEMNAS;
 - b. Peta Daerah Aliran Sungai Karema dari Balai Wilayah Sungai V Kalukku-Karama.
 - c. Data curah hujan harian maksimum tahunan periode tahun 2014 – 2024 dari Pos Hujan Simboro/Simkep, Pos hujan kerjasama BMKG dan Pemerintah Kabupaten Mamuju.
 - d. Data pasang surut air laut



Gambar 2.1 Peta Lokasi Sungai Karema dalam DAS Karema
Sumber: Hasil analisis, 2025

Tahapan penelitian dalam rangka menjawab rumusan masalah melakukan analisa daerah terdampak banjir pada Sungai Karema, terdiri atas :

1. Survey lapangan dengan melakukan observasi historis banjir di sekitar Sungai Karema.
2. Pengumpulan data-data penelitian.
3. Analisa curah harian maksimum tahunan.
4. Analisa uji distribusi
5. Selanjutnya dilakukan uji Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov untuk menguji kecocokan distribusi data, untuk mengetahui data tersebut memenuhi syarat untuk perencanaan atau tidak Selanjutnya dilakukan uji Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov untuk menguji kecocokan distribusi data, untuk mengetahui data tersebut memenuhi syarat untuk perencanaan atau tidak.
6. Menghitung distribusi hujan jam-jaman dengan Metode PSA 007 (Model genta).
7. Analisa dan perhitungan debit banjir rancangan digunakan metode hidrograf satuan sintetik HSS Nakayasu
8. Memasukkan data DEMNAS
9. Melakukan analisis wilayah terdampak dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 6.4.1:
 - a. Membuka RAS Mapper untuk memasukan data DEM
 - b. Membuka geometric data:
 - c. Membuat polygon mesh komputasi
 - d. Menentukan batas hulu dan hilir pada mesh
 - e. Penentuan nilai n manning
 - f. Membuka 2D unsteady flow data dengan memasukan hidrograf banjir
 - g. Running program HEC-RAS
 - h. Mengolah hasil simulasi HEC-RAS pada perangkat lunak ArcGIS 10.6.
10. Melakukan verifikasi pemodelan.



Gambar 2.2 Tahapan Penelitian

2.5 Hasil Penelitian

2.5.1 Kondisi Fisik Wilayah Penelitian

Secara administratif DAS Karema berada di wilayah administrasi Kecamatan Mamuju yang memiliki luas wilayah 21.45 Km² yang terbagi atas 6 Kelurahan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Luas Wilayah Menurut Kelurahan di Wilayah Perkotaan Kecamatan Mamuju

Desa	Luas/Total Area (Km ²)	Prosentase Terhadap Kecamatan
Binanga	48,36	19,64
Mamun yu	40,37	16,40
Tadui	28,75	11,68
Karampuang	6,14	2,49
Rimuku	33,9	13,77
Karema	41,2	16,73
Batuppannu	23,4	9,36
Mamuju	246,22	100

Sumber : BPS Kabupaten Mamuju, 2023

1. Topografi dan Geologi

DAS Karema yang berada di wilayah Kawasan Perkotaan Mamuju bertopografi datar dan berbukit. Daerah yang bertopografi datar hingga bergelombang menempati 40% dari Kawasan Perkotaan yang memanjang sejajar garis pantai dengan lebar hanya sekitar 1 km sampai dengan 1,5 km dengan kisaran kemiringan lereng 0 - 2% dan 0 - 5%, sedangkan daerah yang bertopografi berbukit menempati 60% dari Kawasan Perkotaan Mamuju. Secara lebih rinci daerah perbukitan dapat dibagi lagi atas tiga sub-satuan, yakni:

- Perbukitan landai dengan kemiringan lereng antara 5% - 15% dan memperlihatkan relief halus;
- Perbukitan sedang dengan kemiringan lereng berkisar antara 15% - 40% dan memperlihatkan relief sedang; dan
- Daerah perbukitan terjal dengan kemiringan lebih dari 40% dan memperlihatkan relief kasar.

Berdasarkan batuan penyusun daerah Kawasan perkotaan yang dijumpai secara litostratigrafi disusun oleh sebaran

batuan gunungapi dan batuan sedimen laut. Urutan litostratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda dengan kesebandingan Peta Geologi Lembar Mamuju Sulawesi oleh Ratman, N. dan Atmawinata (1993) adalah sebagai berikut:

1. Batuan Gunungapi Adang (Tma)

Terdiri dari tufa lapili, breksi dan lava basal leusit. Satuan ini menjemari dengan Formasi Mamuju dan diduga menjemari pula dengan Batuan gunungapi Talaya. Berumur Miosen Tengah-Miosen Akhir.

2. Formasi Mamuju (Tmm)

Terdiri dari napal, kalkarenit dan batugamping koral bersisipan tufa dan batupasir, setempat dijumpai konglomerat di bagian bawah. Umur formasi ini Miosen Akhir dan diendapkan pada lingkungan inner-outer sublitoral.

3. Aluvium (Qa)

Terdiri dari Bongkah, kerakal, kerikil, pasir, lanau, lempung dan lumpur; setempat mengandung sisa-sisa tumbuhan. Satuan ini menindih tak selaras satuan yang ada di bawahnya. Umurnya adalah Holosen.

Struktur utama di Lembar Mamuju adalah sesar normal dan sesar naik yang mempunyai arah umum Utara Timurlaut-Selatan Baratdaya. Beberapa sesar berarah hampir Barat-Timur dan Utara Baratlaut-Selatan Tenggara. Struktur lipatan di Lembar ini berkembang cukup baik. Pembentukan struktur tersebut disebabkan oleh aktivitas tektonik dan pembentukan gunungapi.

2. Kondisi Tata Guna Lahan

Karakteristik tutupan lahan sebuah Daerah Aliran Sungai (DAS) memegang peranan vital dalam menentukan respons hidrologis dan tingkat risiko banjirnya. Visualisasi Peta Tutupan Lahan DAS Karema pada Gambar 2.5 memperlihatkan adanya pola penggunaan lahan yang khas, di mana area hilir yang dekat dengan badan sungai utama banyak dimanfaatkan untuk permukiman dan tambak. Sementara itu, kawasan tengah hingga hulu lebih didominasi oleh mozaik pertanian lahan kering serta sisa-sisa hutan sekunder. Gambar ini pula digunakan sebagai dasar untuk identifikasi visual sebaran tipe permukaan yang berbeda, yang secara kualitatif menjadi acuan awal dalam penentuan nilai koefisien kekasaran Manning (n) untuk dataran banjir.

Pola spasial ini memiliki implikasi langsung terhadap tingkat kerentanan wilayah terhadap bencana banjir. Konsentrasi permukiman dan lahan pertanian di dataran rendah yang rawan banjir tidak hanya menempatkan masyarakat pada posisi rentan secara fisik, tetapi juga berpotensi mengubah tata air. Konversi lahan menjadi area kedap air seperti permukiman akan mengurangi laju infiltrasi, yang pada gilirannya dapat meningkatkan volume limpasan

permukaan (runoff) dan mempercepat waktu tiba puncak banjir di kawasan hilir.

Kondisi eksisting tata guna lahan DAS Karema dengan ditumpang tindih data RTRW Provinsi Sulawesi Barat 2014-2034, diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 2.2 Tata Guna Lahan DAS Karema

No.	Jenis Penggunaan Lahan	Luas Lahan (Ha)
1	Hutan mangrove sekunder	15.530
2	Hutan sekunder	1329.4
3	Pemukiman	110.3
4	Pertanian lahan kering	6309.3
5	Pertanian lahan kering campur	6474.75
No.	Jenis Penggunaan Lahan	Luas Lahan (Ha)
6	Semak/Belukar	628.911
7	Tanah Terbuka/Kosong	46.083
Jumlah Total		14914.274

Sumber : Hasil olahan penulis

3. Kondisi Hidrogeologi

Kondisi hidrogeologi daerah DAS Karema secara garis besar dapat diklasifikasikan pada 3 klasifikasi akuifer berdasarkan kondisi aliran air tanah yang didapatkan di daerah tersebut. Klasifikasi akuifer daerah tersebut adalah :

1. Akuifer dengan aliran melalui ruang antar butir.
 - a. Akuifer produktif, penyebaran luas Akuifer ini terdapat di daerah pantai Kabupaten Mamuju. Akuifer pada umumnya berupa hasil rombakan batuan, berukuran halus sampai kasar, terdiri atas pasir lempungan, pasir, kerikil dan kerakal. Kedudukan muka air tanah bebas kurang dari 3 meter di bawah muka tanah setempat. Debit sumur gali diperkirakan dapat mencapai 5 (lima) liter/detik.
 - b. Akuifer setempat dengan produktifitas sedang Akuifer merupakan tipikal akuifer yang mendominasi daerah penelitian. Akuifer tidak menerus, tipis, terdiri atas pasir lempungan, pasir, kerikil dan kerakal. Kedudukan muka air tanah bebas lebih dari 5 (lima) meter di bawah muka tanah

setempat. Pemunculan air tanah umumnya mempunyai debit kurang dari 10 (sepuluh) liter per detik

2. Akuifer dengan aliran celah.

- a. Akuifer dengan produktivitas kecil Akuifer ini berada bagian tengah daerah penelitian. Berada di daerah lembah atau di daerah pelapukan batuan padu masih dapat diperoleh air tanah dalam jumlah terbatas. Kedudukan muka air tanah bebas mengikuti bentuk topografi. Pemunculan mata air mempunyai debit beragam, di daerah sesar mencapai 30 liter perdetik.
- b. Daerah air tanah langka Akuifer ini menempati bagian sebagian kecil bagian barat daerah penelitian. Daerah merupakan letak sedimen terlipat, batuan terobosan dan batuan malihan. Umumnya merupakan daerah aliran permukaan. Pada WS Kalukku-Karama didominasi oleh akuifer dengan aliran celah.

4. Demografi

Jumlah penduduk Kecamatan Mamuju berdasarkan Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kabupaten Mamuju tahun 2023 adalah 65.402 jiwa yang terdiri atas 33.206 jiwa penduduk laki-laki dan 32.196 jiwa penduduk perempuan. Sementara itu, besarnya angka rasio jenis kelamin tahun 2023 penduduk laki-laki terhadap penduduk perempuan sebesar 103,14.

Kepadatan penduduk di Kecamatan Mamuju tahun 2023 mencapai 265,62 jiwa/km². Kepadatan penduduk di 8 desa cukup beragam dengan kepadatan penduduk tertinggi terjadi di Kelurahan Karampuang dengan kepadatan sebesar 549,67 jiwa/Km², dan terendah di Desa Batu Pannu 78,78 jiwa/Km². Jumlah dan laju pertumbuhan penduduk serta sex ratio penduduk di Kabupaten mamuju ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kecamatan Mamuju

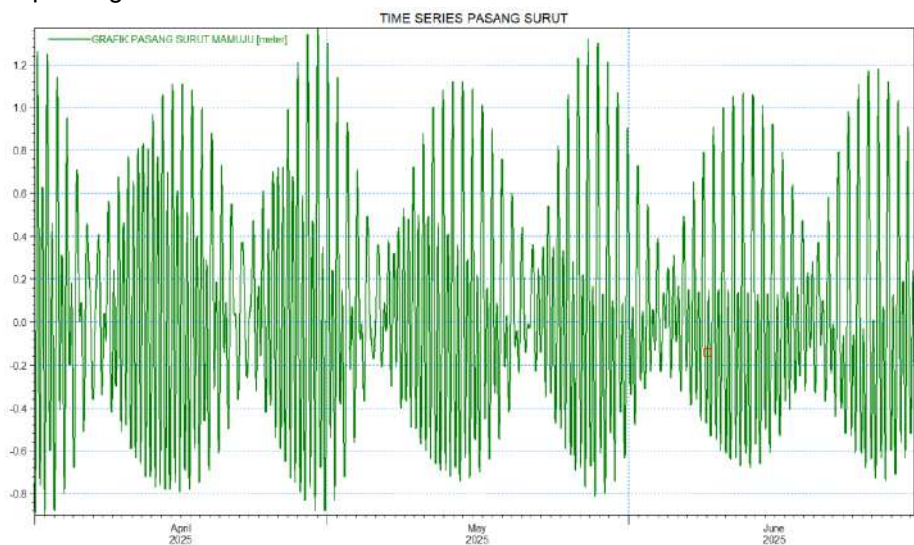
Desa	Jumlah Penduduk	Persentase Penduduk	Kepadatan Penduduk (per Km ²)	Rasio Jenis Kelamin
Binanga	19145	29,27	395,89	102,4
Mamunuyu	7.710	11,79	190,98	107,09
Tadui	3.905	5,97	135,83	103,7
Bambu	4.849	7,41	198,24	104,69

Karampuang	3.375	5,16	549,67	102,46
Rimuku	11.813	18,06	348,87	99,88
Karema	12.790	19,56	310,44	104,12
Batu Pannu	1.815	3,78	78,78	105,8
Total	65.402	100	265,62	103,14

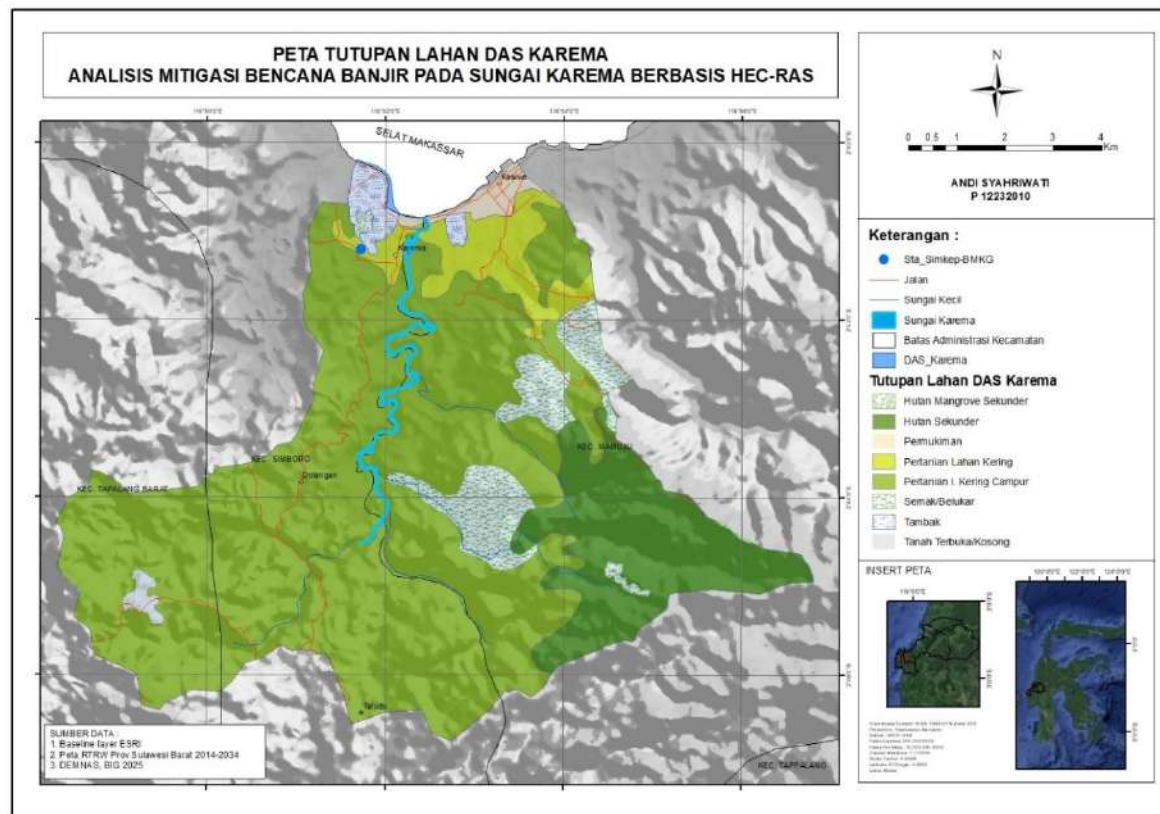
Sumber data : BPS Kabupaten Mamuju, 2024

5. Pasang Surut Air Laut

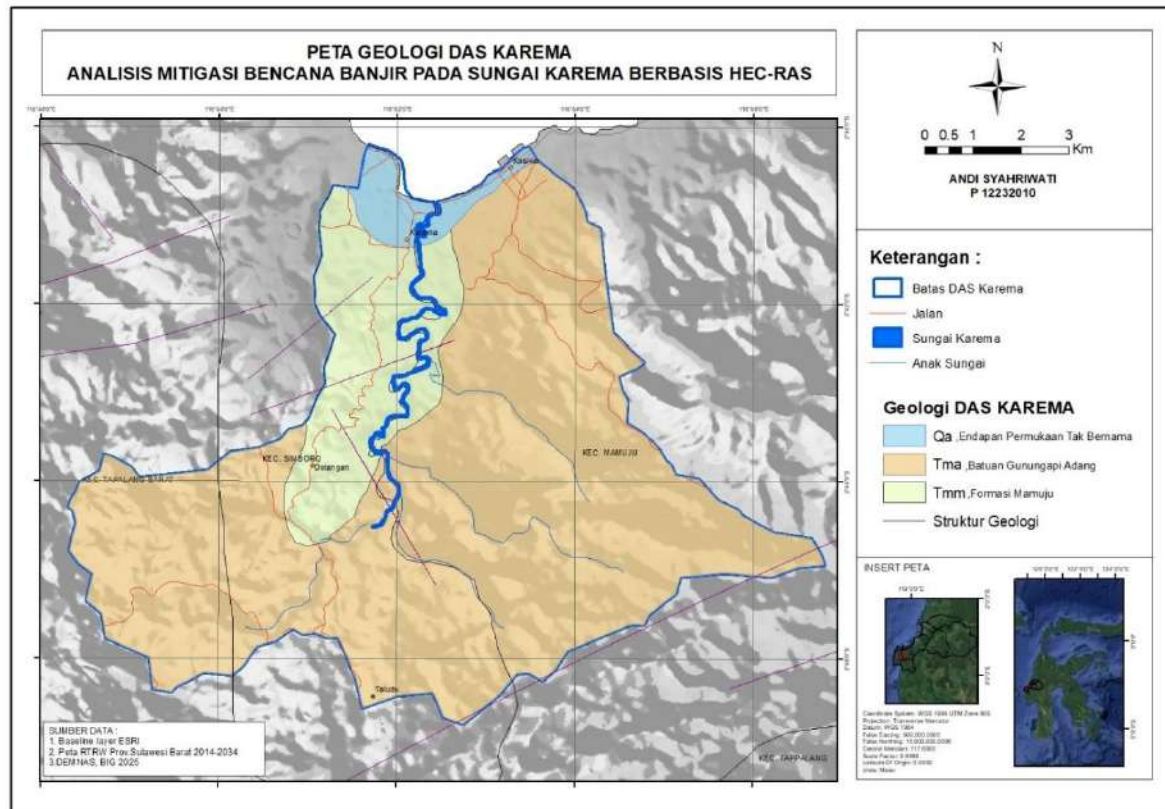
Data pasang surut Mamuju periode April - Juni 2025 yang didapatkan dari BMKG untuk melihat pola pasang surut di daerah penelitian. Pasang tertinggi dalam periode tersebut terjadi sekitar akhir bulan April 2025, mencapai ketinggian lebih dari 1.2 meter. Sementara itu, surut terendah terlihat terjadi beberapa kali, dengan titik terendah mencapai di bawah -0.8 meter, yang teramati pada awal April dan pertengahan Mei 2025.



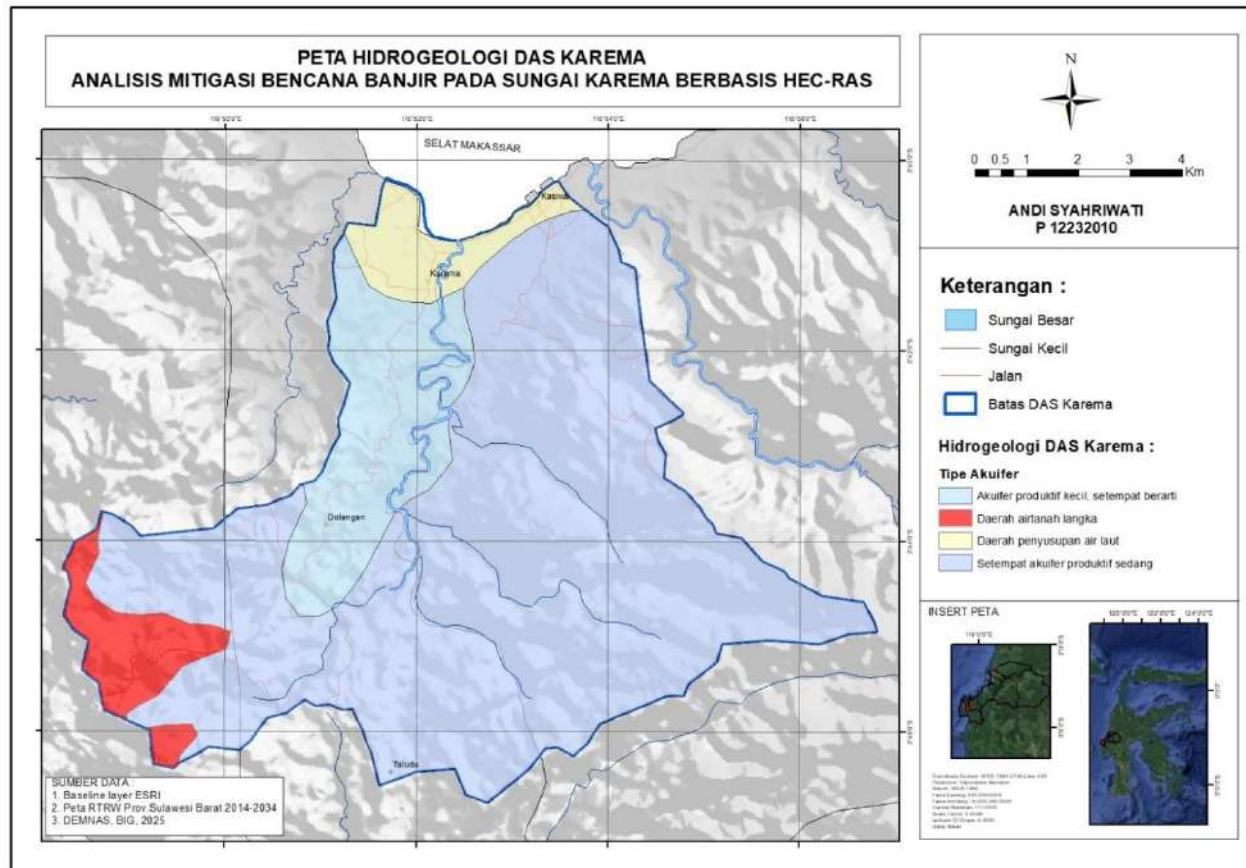
Gambar 2.3 Grafik Pasang Surut Perairan Mamuju (Hasil analisis, 2025)



Gambar 2.5 Peta Tutupan Lahan Daerah Penelitian
Sumber: Hasil Analisis, 2025



Gambar 2.6 Peta Geologi Daerah Penelitian
Sumber : Hasil Analisis, 2025



Gambar 2.7 Peta Hidrogeologi Daerah Penelitian

Sumber: Hasil Analisis, 2025

2.5.2 Analisis Hidrologi Data Curah Hujan DAS Karema

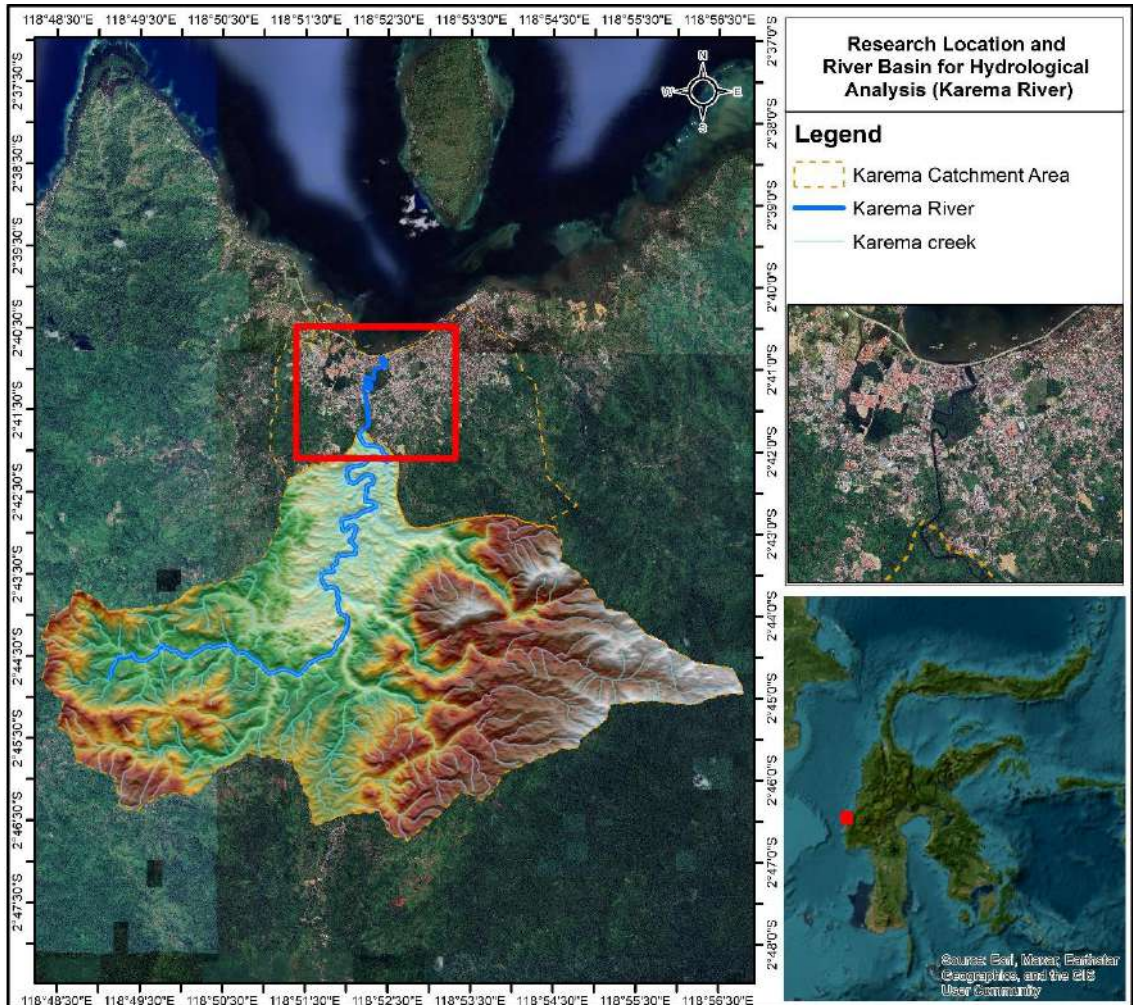
Daerah penelitian Sungai Karema yang terletak di dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Karema, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.8 dan Gambar 2.9, memiliki beberapa stasiun pencatat curah hujan. Namun, dari semua stasiun yang ada, hanya satu stasiun yang memiliki data seri curah hujan yang lengkap dan kontinu selama periode 10 tahun, yaitu dari tahun 2015 hingga 2024. Data curah hujan maksimum tahunan dari stasiun inilah yang kemudian disajikan pada Tabel 2.4 dan menjadi dasar utama untuk analisis hidrologi dalam penelitian ini. Kelengkapan data selama satu dekade ini sangat krusial karena memungkinkan analisis tren dan perhitungan statistik yang lebih andal dibandingkan dengan data yang terputus-putus atau memiliki rentang waktu yang lebih pendek.

Penggunaan data curah hujan dengan periode 10 tahun dianggap memadai untuk analisis hidrologi, terutama untuk studi pendahuluan atau pada DAS yang tidak memiliki catatan data historis yang panjang. Meskipun periode yang lebih panjang, seperti 20-30 tahun seringkali lebih disukai untuk menangkap variabilitas iklim yang lebih luas, rentang waktu 10 tahun sudah cukup untuk mengidentifikasi pola curah hujan tahunan dan menghitung debit banjir rancangan dengan tingkat keandalan yang dapat diterima untuk berbagai keperluan rekayasa hidrologi.

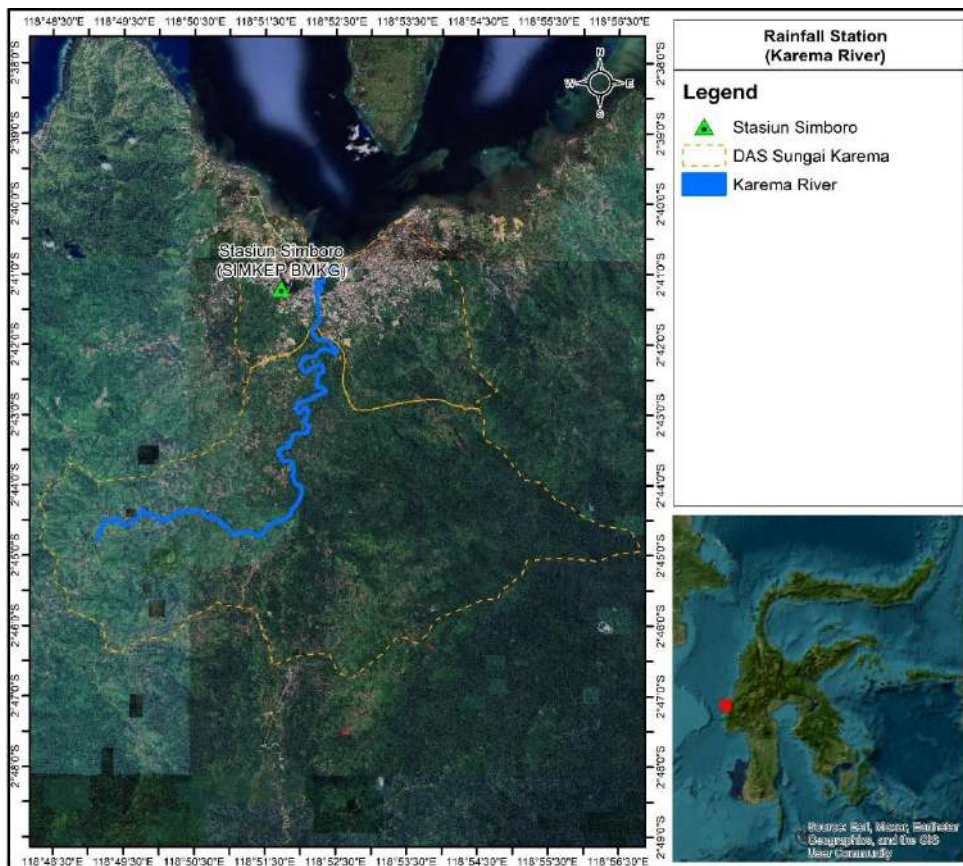
Tabel 2.4 Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (mm) Stasiun Simboro

No.	Tahun	Stasiun Simboro
1	2015	59
2	2016	50
3	2017	63
4	2018	167
5	2019	90.8
6	2020	65
7	2021	71
8	2022	201
9	2023	99
10	2024	201

Sumber: SIMKEP – BMKG kelas II Tampa Padang



Gambar 2.8 Lokasi Penelitian
Sumber: Hasil Analisis, 2025



Gambar 2.9 Daerah Aliran Sungai Karema dan Lokasi Stasiun Curah Hujan
Sumber: Hasil Analisis, 2025

2.5.2.1 Uji Persyaratan Statistik

Pembahasan mengenai karakteristik hidrologi Sungai Karema memerlukan analisis terhadap data curah hujan yang tercatat. Tabel 2.5 dan 2.6 menyajikan rangkuman parameter statistik deskriptif dari data curah hujan Sungai Karema yang diuji kesesuaiannya dengan beberapa distribusi probabilitas umum, yaitu Normal, Gumbel, Log Normal, dan Log Pearson Type III. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengidentifikasi distribusi probabilitas yang paling sesuai untuk memodelkan perilaku curah hujan di wilayah Sungai Karema.

Analisis frekuensi dapat diterapkan untuk data debit sungai atau data hujan. Data yang digunakan adalah data debit atau hujan maksimum tahunan, yaitu data terbesar yang terjadi selama satu tahun, yang terukur selama beberapa tahun.

Parameter yang di gunakan dalam Distribusi Log Person Type III adalah:

1. Rata-rata Logaritma

$$\overline{\log x} = \frac{1}{n} \times (\sum \log x)$$

2. Standar Deviasi logaritma

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\log x_i - \overline{\log x})^2}{(n-1)}}$$

3. Koefisien Skewness

$$C_s = \frac{n \times \sum (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(s)^2}$$

4. Logaritma debit dengan waktu balik yang dikehendaki dengan rumus:

$$\log X = \log \bar{X} + K \cdot S_d$$

5. Nilai anti Log X untuk mendapatkan debit banjir rancangannya

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

dimana K adalah variable standar (standardized variable) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan atau skewness.

Tabel 2.5 Parameter Statistik

No.	Parimeter statistik	Normal dan Gumbel	Log Normal dan Log Pearson Type III
1	Jumlah data (n)	10	10
2	Hujan rata -rata ($\bar{X}$)	106.662	1.971
3	Standar deviasi (Sd)	59.791	0.228
4	Koefisien skewness (Cs)	0.910	0.573
5	Koefisien Variasi (Cv)	0.561	0.116
No.	Parimeter statistik	Normal dan Gumbel	Log Normal dan Log Pearson Type III
6	Koefisien Kurtosis (Ck)	0.152	0.136

Sumber: Hasil perhitungan 2025

Tabel 2.6 Uji Persyaratan Parameter Statistik

No.	Jenis distribusi	Hitung	Persyaratan	Syarat	Keterangan	Kesimpulan
1	Normal	Cs : 0.910	Cs $\approx$ 0	0	Tidak memenuhi	Tidak memenuhi
		Ck : 0.152	Ck $\approx$ 3	3	Tidak memenuhi	
2	Log Normal	Cs : 0.573	Cs = 3 . Cv + Cv ³	0.34902	Tidak memenuhi	Tidak memenuhi
		Ck : 0.136	Ck = Cv ⁸ + 6 . Cv ⁶ + 15 . Cv ⁴ + 16 . Cv ² + 3	3.21736	Tidak memenuhi	
3	Gumbel	Cs : 0.910	Cs $\leq$ 1.14	1.14	Memenuhi	Memenuhi
		Ck : 0.152	Ck $\leq$ 5.4002	5.4002	Memenuhi	
4	Log Pearson Type III	Cs : 0.573	Selain dari nilai diatas	Cs $\neq$ 0	Memenuhi	Memenuhi

Sumber: Hasil perhitungan 2025

Berdasarkan hasil uji parameter statistik diperoleh untuk Gumbel dan Log Person Type III memenuhi syarat untuk analisis frekuensi.

2.5.2.2 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi curah hujan selanjutnya menggunakan metode Distribusi Gumbel dan Log Person III untuk mengestimasi besaran curah hujan pada berbagai periode ulang 2,5,10, 25, 50,100, 200, 500, 1000 tahun.

2.5.2.2.1 Distribusi Gumbel

Metode distribusi Gumbel ini disebut juga dengan metode distribusi ektrim. Umumnya digunakan untuk analisa data maksimum. Persamaan yang digunakan pada metode distribusi Gumbel sebagai berikut:

$$Y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right]$$

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

$$X_{\text{rancangan}} = \bar{X} + K \cdot S_d$$

Dimana:

$X_{\text{rancangan}}$ = Hujan Rancangan

$\bar{X}$ = Hujan rerata

Y_T = Reduced variate, merupakan fungsi dari probabilitas

Y_n = Reduced variate mean, rata-rata Y_T

S_n = Reduced variate standard deviation

S_d = Standard deviation

n = Jumlah data

Tabel 2.7 Hubungan nilai Y_n dan S_n

n	Y_n	S_n
8	0.4843	0.9043
9	0.4902	0.9288
10	0.4952	0.9497

Sumber: Triatmodjo (2010)

Tabel 2.8 Hujan Rancangan Distribusi Gumbel

Tr	YT	K	K . Sd	Xrancangan (mm)
2	0.367	-0.151	-9.057	97.605
5	1.500	0.879	52.5281	159.190
10	2.250	1.560	93.3028	199.964
25	3.199	2.422	144.822	251.483
50	3.902	3.061	183.041	289.703
100	4.600	3.696	220.979	327.641
200	5.296	4.328	258.778	365.440
500	6.214	5.162	308.647	415.308
1000	6.907	5.792	346.336	452.998
Jumlah				2559.332

Sumber: Hasil perhitungan 2025

2.5.2.2.2 Distribusi Log Pearson Type III

Rumus yang digunakan dalam Log Person Type III, sebagai berikut :

1. Standar deviasi

$$Sd \text{ Log} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}}$$

2. Menghitung nilai kemencengan

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

3. Menghitung logaritma debit dengan waktu balik

Dengan nilai K Log Person Type III

$$\text{Log } X = \text{Log } \bar{X} + K \cdot \text{Log } sd$$

4. Mencari nilai Anti Log X sebagai debit rancangannya

$$X_{\text{rancangan}} = 10^{\text{Log } X}$$

Tabel 2.9 Hujan Rancangan Distribusi Log Pearson Type III

Tr	Pr (%)	K	K . Sd	Log X	Xrancangan (mm)
2	50	-0.095	-0.0216	1.9498	89.0830
5	20	0.802	0.1832	2.1546	142.7485

10	10	1.327	0.3029	2.2743	188.0726
25	4	1.931	0.4409	2.4123	258.4333
50	2	2.346	0.5357	2.5071	321.4178
100	1	2.736	0.6248	2.5962	394.6273
200	0.5	3.107	0.7095	2.6809	479.6274
500	0.2	3.412	0.7791	2.7505	563.0475
1000	0.1	3.921	0.8952	2.8666	735.5524
Jumlah					3172.610

Sumber: Hasil perhitungan 2025

2.5.2.3 Uji Distribusi Frekuensi

2.5.2.3.1 Uji Chi Square

Uji Chi Square dilakukan untuk uji kesesuaian distribusi data pengamatan terhadap data teoritis ke arah vertikal. Rumus Chi Square sebagai berikut :

$$X_{hitung}^2 = \sum_{j=1}^n \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j}$$

Dimana :

X_{hitung}^2 = Parameter *Chi-Square* terhitung

N = Jumlah sub kelompok dalam satu grup

O_j = Frekuensi pengamatan kelas j, atau yang terbaca pada kelas yang sama

E_j = Frekuensi teoritis kelas j, atau frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

1. Uji Chi Square untuk distribusi Gumbel

Tabel 2.10 Hasil Perhitungan Chi Square Distribusi Gumbel

Tabel kisaran kelas				Jumlah data		$(O_j - E_j)^2/E_j$
Kelas	Distribusi Gumbel			E_j	O_j	
1	0	↔	58.148	2.381	1	0.801
2	58.148	↔	97.956	2.381	5	2.881

3	97.956	↔	148.459	2.381	1	0.801
4	148.459	↔	∞	2.381	3	0.161
Jumlah					10	4.644
X ² hitung				<	X ² tabel	Keterangan
4.644				5%	3.841	Tidak Ok
				1%	6.635	Ok

Sumber: Hasil perhitungan 2025

2. Uji Chi Square untuk distribusi Log Pearson Type III

Tabel 2.11 Hasil Perhitungan Chi Square Distribusi Log Pearson Type III

Tabel kisaran kelas				Jumlah data		(Oj - Ej) ² /Ej
Kelas	Distribusi Log Pearson III			Ej	Oj	
1	0	↔	62.391	2.381	2	0.061
2	62.391	↔	89.083	2.381	3	0.161
3	89.083	↔	121.987	2.381	2	0.061
4	121.987	↔	∞	2.381	3	0.161
Jumlah					10	0.444
X ² hitung				<	X ² tabel	Keterangan
0.444				5%	3.841	Ok
				1%	6.635	Ok

Sumber: Hasil perhitungan 2025

2.5.2.3.2 Uji Smirnov - Kolmogorov

Uji *Smirnov-Kolmogorov* merupakan uji kesesuaian distribusi terhadap penyimpangan data kearah horizontal untuk mengetahui suatu data sesuai/tidak, dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih. Sebelumnya dilakukan plotting data dengan tahapan, sebagai berikut:

1. Menyusun data hujan harian maksimum tahunan dari yang terbesar ke yang terkecil, kemudian menghitung probabilitas masing-masing data dengan rumus weibull.

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

Dimana :

P = Probabilitas (%)

M = Nomor urut data

N = jumlah data

2. Memplotting data debit X dengan probabilitas P
3. Menarik garis durasi dengan memilih 2 titik pada metode Gumbel (garis teoritis berupa garis lurus) dan 3 titik pada metode Log Pearson III (Garis teoritis berupa garis lengkung kecuali untuk $C_s = 0$, garis teoritis berupa garis lurus dan disebut sebagai Log Normal). Persamaan yang digunakan :

$$\Delta_{maks} = (P_e - P_t)$$

Dimana :

Δ_{maks} = Selisih data probabilitas dan empiris

P_t = Peluang teoritis

P_e = Peluang empiris

1. Uji Smirnov – Kolmogorov untuk Distribusi Gumbel

Tabel 2.12 Hasil Perhitungan Smirnov Kolmogorov Distribusi Gumbel

No.	X (mm)	Pe	K	YT	Tr (tahun)	Pr	Pt	Pe - Pt	5%	1%
									0.409	0.486
1	49.538	0.091	-0.955	-0.477	1.250	80.022	0.19978	0.109	Ok	Ok
2	59.000	0.182	-0.797	-0.312	1.343	74.4846	0.25515	0.073	Ok	Ok
3	63.289	0.273	-0.725	-0.237	1.392	71.8496	0.2815	0.009	Ok	Ok
4	65.000	0.364	-0.697	-0.207	1.413	70.7821	0.29218	0.071	Ok	Ok
5	71.000	0.455	-0.596	-0.103	1.493	66.9891	0.33011	0.124	Ok	Ok
6	90.790	0.545	-0.265	0.242	1.838	54.3999	0.456	0.089	Ok	Ok
7	99.000	0.636	-0.128	0.385	2.025	49.3717	0.50628	0.130	Ok	Ok
8	167.000	0.727	1.009	1.569	5.318	18.8043	0.81196	0.085	Ok	Ok
9	201.000	0.818	1.578	2.161	9.187	10.8845	0.89115	0.073	Ok	Ok
10	201.000	0.909	1.578	2.161	9.187	10.8845	0.89115	0.018	Ok	Ok
Δ_{maks} .								0.130	Ok	Ok

Sumber: Hasil perhitungan 2025

2. Uji Smirnov – Kolmogorov untuk Distribusi Log Pearson Type III

Tabel 2.13 Hasil Perhitungan Smirnov Kolmogorov Distribusi Log Pearson Type III

No.	Tahun	X (mm)	Pe	Log X	K	Pr (%)	Pt	$\Delta_{maks} <$ (Pe - Pt)	Level of significance α (%)	
									5%	1%
									0.409	0.486
1	2015	49.538	0.091	1.695	-1.211	92.651	0.073	0.017	Ok	Ok
2	2016	59.000	0.182	1.771	-0.878	83.793	0.162	0.020	Ok	Ok
3	2017	63.289	0.273	1.801	-0.745	81.252	0.187	0.085	Ok	Ok
4	2018	65.000	0.364	1.813	-0.694	75.322	0.247	0.117	Ok	Ok
5	2019	71.000	0.455	1.851	-0.526	70.492	0.295	0.159	Ok	Ok
6	2020	90.790	0.545	1.958	-0.059	48.579	0.514	0.031	Ok	Ok
7	2021	99.000	0.636	1.996	0.106	42.097	0.579	0.057	Ok	Ok
8	2022	167.000	0.727	2.223	1.101	2.947	0.971	0.243	Ok	Ok
9	2023	201.000	0.818	2.303	1.453	-10.928	1.109	0.291	Ok	Ok
10	2024	201.000	0.909	2.303	1.453	-10.928	1.109	0.200	Ok	Ok
$\Delta_{maks.}$								0.291	Ok	Ok

Sumber: Hasil perhitungan 2025

2.5.2.4 Rekap Hujan Rancangan Gumbel dan Log Pearson Type III

Tabel 2.14 Rekap Hujan Rancangan Gumbel dan Log Pearson Type III

No.	Tr	Xrencangan (mm)	
		Gumbel	Log Pearson III
1	2	97.605	89.083
2	5	159.190	142.748
3	10	199.964	188.073
4	25	251.483	258.433
5	50	289.703	321.418

6	100	327.641	394.627
7	200	365.440	479.627
8	500	415.308	563.048
9	1000	452.998	735.552
Jumlah		2559.332	3172.610
Syarat pemilihan Jenis distribusi			
		Gumbel	Log Pearson III
10	Cs hitung	0.910	0.573
11	Cs syarat	≤ 1.139	$\neq 0$
12	Ck hitung	0.152	
13	Ck syarat	$\leq 5,4$	
		Diterima	Diterima
Uji Chi Square X^2 hitung < X^2 hitung			
		Gumbel	Log Pearson III
14	Chi Square hitung	4.644	0.444
15	Chi Square kritis	3.841	3.841
16	Derajat kebebasan (dk)	1	1
17	Derajat signifikan (a%)	5%	5%
		Tidak diterima	Diterima
Uji Smirnov Kolmogorov $\Delta_{max} < \Delta_{kritis}$			
		Gumbel	Log Pearson III
18	Δ_{max}	0.130	0.291
19	Δ_{kritis}	0.409	0.409
20	Derajat signifikan (a%)	5%	5%
		Diterima	Diterima

Sumber: Hasil perhitungan 2025

Berdasarkan hasil Tabel 2.14 menunjukkan Log Person Type III dapat diterima pada uji distribusi Chi- Square, sedangkan pada uji Smirnov - Kolmogorov, uji distribusi Gumbel dan Log Person Tipe III

dapat diterima. Sehingga hujan rancangan Log Person Tipe III yang akan dipergunakan sebagai hujan rancangan di daerah penelitian.

2.5.2.5 Distribusi Hujan Jam-Jaman Metode PSA 007 (Model Genta)

Analisis distribusi hujan jam-jaman bertujuan untuk mengetahui bagaimana sebaran curah hujan terdistribusi dalam interval waktu per jam selama suatu kejadian hujan. Tujuan utamanya adalah untuk memperkirakan persentase dari total curah hujan yang jatuh pada setiap jamnya. Salah satu metode yang umum digunakan di Indonesia untuk analisis ini adalah metode PSA 007 (Model Genta). Metode ini secara spesifik dijelaskan dalam pedoman yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum (1985) dan menjadi acuan standar dalam berbagai analisis hidrologi untuk perencanaan sistem drainase dan bangunan air lainnya.

Tabel 2.15 Hubungan Antara Durasi dan Kedalaman Curah Hujan 24 jam

Durasi hujan (jam)	Durasi hujan (%)	Kala ulang (tahun)								
		2	5	10	25	50	100	200	500	1000
1	4	48	48	45	43	42	41	41	40	39
2	8	59	59	57	55	53	52	51	50	49
3	13	66	66	64	63	61	60	59	58	57
4	17	70	70	68	67	65	64	63	62	61
5	21	74	74	72	71	69	68	67	66	65
6	25	78	78	76	75	73	72	71	70	69
8	33	81.3	81.3	80	79	78	77	76.6	76	75
12	50	88	88	88	88	88	88	88	88	88
16	67	92	92	92	92	92	92	92	92	92
20	83	96	96	96	96	96	96	96	96	96
24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Sumber: Hasil perhitungan 2025

Tabel 2.16 Distribusi Hujan untuk Durasi 6 Jam

Durasi hujan (jam)	Durasi hujan (%)	Kala ulang (tahun)								
		2	5	10	25	50	100	200	500	1000
1	17	70	70	68	67	65	64	63	62	61
2	33	81	81	80	79	78	77	77	76	75
3	50	88	88	88	88	88	88	88	88	88
4	67	92	92	92	92	92	92	92	92	92
5	83	96	96	96	96	96	96	96	96	96
6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Sumber: Hasil perhitungan 2025

Tabel 2.17 Selisih Distribusi Durasi Hujan

Durasi hujan (jam)	Durasi hujan (%)	Kala ulang (tahun)								
		2	5	10	25	50	100	200	500	1000
1	17	70	70	68	67	65	64	63	62	61
2	33	11	11	12	12	13	13	14	14	14
3	50	7	7	8	9	10	11	11	12	13
4	67	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	83	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	100	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Sumber: Hasil perhitungan 2025

Tabel 2.18 Distribusi Hujan dengan Durasi 6 Jam dalam Bentuk Genta

Durasi hujan (jam)	Durasi hujan (%)	Kala ulang (tahun)								
		2	5	10	25	50	100	200	500	1000
1	17	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	33	11	11	12	12	13	13	14	14	14
3	50	70	70	68	67	65	64	63	62	61
4	67	7	7	8	9	10	11	11	12	13

5	83	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	100	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Sumber: Hasil perhitungan 2025

Tabel 2.19 Perhitungan Hujan Efektif

Kala ulang (tahun)	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
Hujan Rancangan (mm)	89.083	142.748	188.073	258.433	321.418	394.627	479.627	563.0475	735.5524
Koefisien pengaliran	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Hujan efektif (mm)	66.8122	107.061	141.054	193.825	241.063	295.97	359.721	422.2856	551.6643

Sumber: Hasil perhitungan 2025

Tabel 2.20 Perhitungan Hujan Netto Jam-Jaman

No	Jam ke t-	Kala ulang (tahun)								
		2	5	10	25	50	100	200	500	1000
1	1	2.672	4.282	5.642	7.753	9.643	11.839	14.389	16.891	22.067
2	2	7.572	12.134	16.927	23.905	31.338	39.463	49.162	59.120	79.072
3	3	46.769	74.943	95.917	129.863	156.691	189.421	226.624	261.817	336.515
4	4	4.454	7.137	11.284	16.798	24.106	31.570	40.768	50.674	69.877
5	5	2.672	4.282	5.642	7.753	9.643	11.839	14.389	16.891	22.067
6	6	2.672	4.282	5.642	7.753	9.643	11.839	14.389	16.891	22.067

Sumber: Hasil perhitungan 2025

2.5.2.5.1 Banjir Rancangan Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Hidrograf satuan digunakan dalam analisa menentukan banjir rancangan jika data yang tersedia merupakan data hujan. Metode ini relatif sederhana, mudah penerapannya, data yang diperlukan sederhana, dan hasil rancangan yang diberikan cukup teliti (Triatmojo, 2010). Hidrograf satuan sintetis biasanya digunakan pada sungai-sungai yang tidak mempunyai hidrograf banjir pengamatan. Hidrograf satuan >sintetis yang telah dikembangkan oleh para pakar antara lain HSS

Snyder, HSS Nakayasu, HSS Gama I, HSS Limantara, dan lain- lain (Montarcih, 2010). Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu berasal dari jepang dengan parameter-parameter sebagai berikut:

- Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf, T_p
- Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf, T_g
- Tenggang waktu hidrograf, T_B
- Luas daerah pengaliran, CA
- Panjang alur sungai utama terpanjang, L

Dengan rumus sebagai berikut :

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

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

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

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } 1 t_g$$

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

$$Q_p = \frac{1}{3,6} + \left(\frac{A \cdot R_0}{210,3 T_p + T_{0,3}} \right)$$

$$Q_b = 0.475 \cdot A^{0,6444} \cdot x D^{0,943}$$

Dimana :

t_g = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang sungai utama (km)

$T_{0,3}$ = Waktu dari puncak banjir sampai 0.3 kali debit puncak (jam)

t_r = Satuan waktu dari curah hujan (jam)

α = Koefisien karakteristik DAS atau parameter hidrograf

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

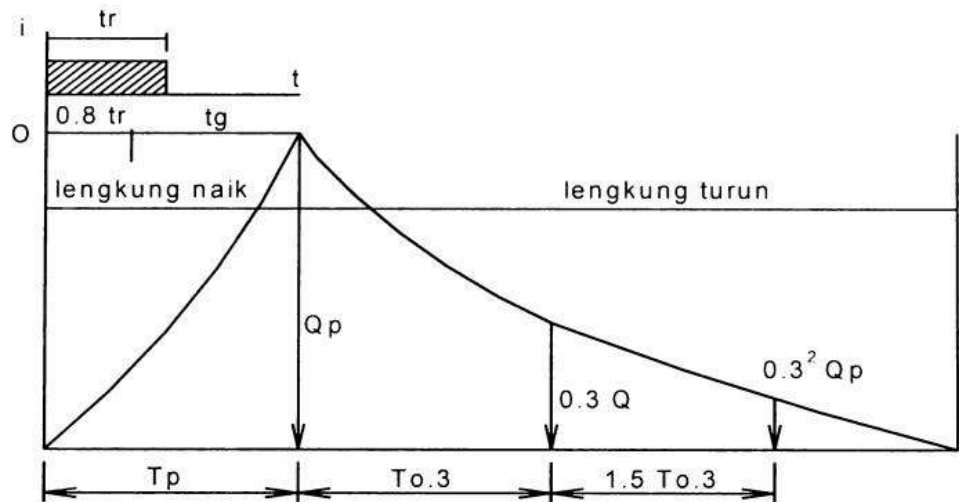
Q_p = Debit puncak banjir (m^3/det)

A = Luas DAS (km^2)

R_0 = Hujan satuan atau hujan efektif (mm)

Q_b = Base flow (m^3/det)

D = Panjang Sungai/Luas DAS



Gambar 2.10 Grafik Hidrograf Nakayasu

Sumber: Triatmojo, 2010

Persamaan hidrograf satuan, sebagai berikut :

- Pada kurva naik

$$Q_t = Q_{maks} \left(\frac{1}{T_p} \right)^{2.4}$$

- Pada kurva turun

$$T_p \leq t < (T_p + T_{0.3}) \rightarrow Q_t = Q_{maks} \cdot 0.3^{\frac{t-T_p}{T_{0.3}}}$$

$$(T_p + T_{0.3}) \leq t < (T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}) \rightarrow Q_t = Q_{maks} \cdot 0.3^{1 - \frac{t-T_p}{1.5 T_{0.3}}}$$

$$t \geq (T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}) \rightarrow Q_t = Q_{maks} \cdot 0.3^{\frac{0.5 T_{0.3}}{2 T_{0.3}} - \frac{t-T_p}{2 T_{0.3}}}$$

$$\text{Koreksi ordinat, Hujan efektif} = \frac{\text{Jumlah volume hidrograf}}{\text{Luas DAS}}$$

Tabel 2.21 Parameter HSS Nakayasu

No.	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Nama Sungai	Karema	-
2	Luas DAS Karema (A)	72.025	km ²
3	Panjang sungai dari hulu Sungai Karema	16.067	Km
4	Waktu kelambatan (tg)	1.332	Jam
5	Waktu lama hujan (tr)	0.999	Jam
6	Waktu puncak (tp)	2.131	Jam
7	Waktu 0,3 (t0,3)	3.996	Jam
8	Debit puncak (Qp)	4.317	m ³ /dt
9	Base flow	1.817	m ³ /dt

Sumber: BWS V Kalukku-Karama, 2019. Hasil perhitungan 2025

Tabel 2.22 Karakteristik Lengkung Waktu HSS Nakayasu

No.	Karakteristik	Notasi	Awal		Akhir	
			Notasi	Nilai	Notasi	Nilai
1	Lengkung naik	Qa	0	0	Tp	2.131
2	Lengkung turun tahap 1	Qd1	Tp	2.131	Tp + T0.3	6.127
3	Lengkung turun tahap 2	Qd2	Tp + T0.3	6.127	Tp + T0.3 + 1.5T0.3	12.120
4	Lengkung turun tahap 3	Qd3	Tp + T0.3 + 1.5T0.3	12.120	-	-

Sumber: Hasil perhitungan 2025

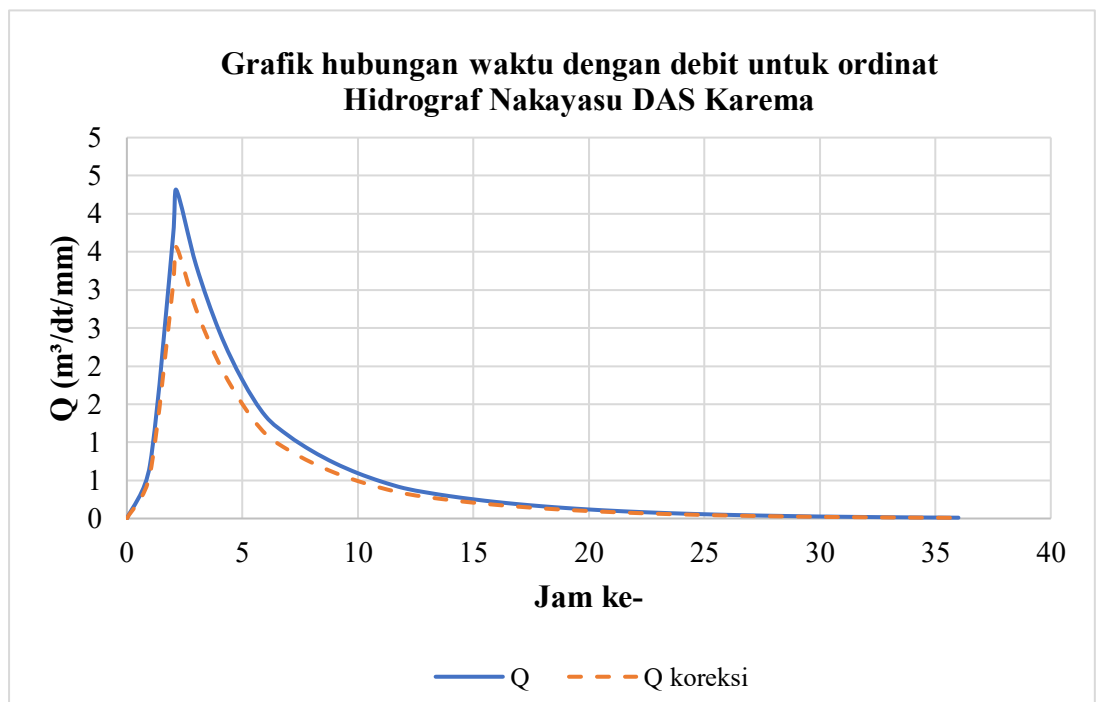
Tabel 2.23 Ordinatat Hidrograf Nakayasu Sungai Karema

T	Q	Ket.	V	Q koreksi	V koreksi
(jam)	(m ³ /dt/mm)		(m ³)	(m ³ /dt/mm)	(m ³)
0.00	0.000	Qa	0.000	0.000	0.000
1.00	0.702		2528.210	0.580	2088.563
2.00	3.707		13343.974	3.062	11023.504

2.131	4.317	Qp	15539.445	3.566	12837.191
3.00	3.322	Qd1	11959.803	2.744	9880.036
4.00	2.458		8848.384	2.030	7309.682
5.00	1.818		6546.421	1.502	5408.022
6.00	1.345		4843.328	1.111	4001.090
7.00	1.087	Qd2	3911.783	0.898	3231.538
8.00	0.889		3199.888	0.734	2643.439
9.00	0.727		2617.548	0.601	2162.366
10.00	0.595		2141.188	0.491	1768.843
11.00	0.487		1751.518	0.402	1446.935
12.00	0.398		1432.764	0.329	1183.611
13.00	0.340	Qd3	1224.956	0.281	1011.940
14.00	0.293		1053.636	0.242	870.412
15.00	0.252		906.276	0.208	748.678
16.00	0.217		779.526	0.179	643.969
17.00	0.186		670.502	0.154	553.904
18.00	0.160		576.727	0.132	476.436
19.00	0.138		496.067	0.114	409.803
20.00	0.119		426.688	0.098	352.488
21.00	0.102		367.012	0.084	303.190
22.00	0.088		315.682	0.072	260.786
23.00	0.075		271.531	0.062	224.313
24.00	0.065		233.556	0.054	192.941
25.00	0.056		200.891	0.046	165.957
26.00	0.048		172.795	0.040	142.746
27.00	0.041		148.628	0.034	122.782
28.00	0.036		127.841	0.029	105.610
29.00	0.031		109.961	0.025	90.839

30.00	0.026	94.582	0.022	78.135
31.00	0.023	81.354	0.019	67.207
32.00	0.019	69.976	0.016	57.808
33.00	0.017	60.189	0.014	49.723
34.00	0.014	51.771	0.012	42.769
35.00	0.012	44.531	0.010	36.787
36.00	0.011	38.303	0.009	31.642
Jumlah volume (V)				87187.235
Faktor koreksi (f)				1.211

Sumber: Hasil perhitungan 2025



Gambar 2.11 Grafik Hubungan Waktu dengan Debit untuk Ordinat
Hidrograf Nakayasu
DAS Karema

Sumber: Hasil analisis, 2025

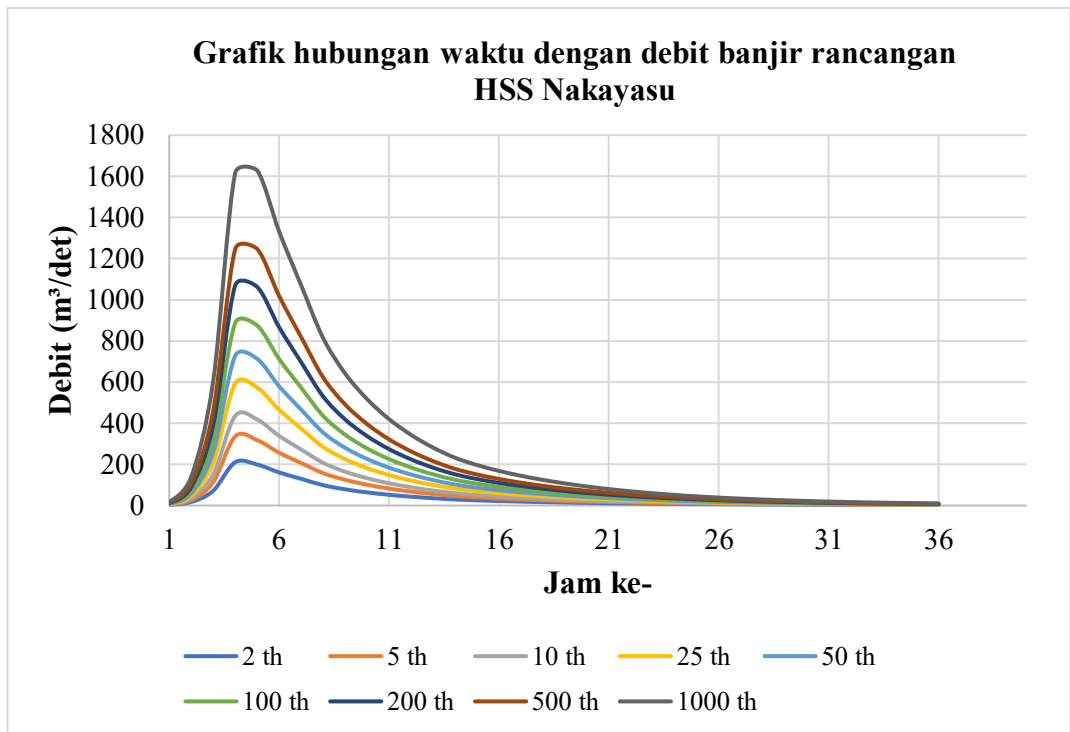
Berdasarkan Tabel 2.20 hujan netto jam-jaman dan ordinat koreksi hidrograf Nakayasu Tabel 2.23, dijadikan masukan untuk analisis banjir rancangan dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, dengan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 2.29 dan lampiran 1 sampai lampiran 5, serta pada Gambar 2.11, untuk debit maksimum untuk Q_2 : 210.02 m³/det, Q_5 : 335.453 m³/det, Q_{10} : 435.37 m³/det, Q_{25} : 593.443 m³/det, Q_{50} : 727.358 m³/det, Q_{100} 886.308 m³/det, Q_{200} 1069.155, Q_{500} 1245.795 dan Q_{1000} 1615.164.

Tabel 2.24 Rekap Debit Banjir Rancangan Hidrograf Nakayasu Sungai Karema

T (jam)	Debit limpasan langsung (m ³ /det)								
	2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th	200 th	500 th	1000 th
0.00	1.82	1.82	1.82	1.817	1.817	1.817	1.817	1.817	1.817
1.00	3.69	4.82	5.78	7.261	8.588	10.131	11.922	13.679	17.313
2.00	17.04	26.21	34.62	47.342	59.566	73.413	89.676	105.946	139.140
3.00	71.61	113.65	150.66	207.381	260.052	320.449	390.998	460.939	604.546
4.00	210.02	335.45	435.37	593.443	727.358	886.308	1069.155	1245.795	1615.164
5.00	199.05	317.86	418.12	573.807	713.057	874.962	1062.918	1247.338	1628.762
6.00	160.71	256.44	338.30	464.894	579.504	712.158	866.467	1018.386	1331.843
7.00	129.69	206.72	272.53	374.334	466.417	573.034	697.037	819.089	1070.964
8.00	98.89	157.37	207.40	284.756	354.818	435.899	530.222	623.093	814.702
9.00	78.73	125.06	164.50	225.566	280.611	344.428	418.607	491.549	642.179
10.00	63.78	101.10	132.85	182.021	226.315	277.680	337.379	396.072	517.292
11.00	52.08	82.37	108.12	148.016	183.954	225.629	274.065	321.686	420.038
12.00	42.90	67.65	88.70	121.301	150.673	184.733	224.319	263.239	343.620
13.00	35.46	55.73	72.97	99.671	123.725	151.618	184.038	215.911	281.740
14.00	29.49	46.16	60.35	82.325	102.138	125.106	151.805	178.060	232.277
15.00	25.28	39.42	51.42	70.021	86.753	106.166	128.724	150.892	196.690
16.00	21.87	33.95	44.20	60.095	74.385	90.968	110.235	129.169	168.286
17.00	19.00	29.36	38.15	51.769	64.018	78.232	94.747	110.976	144.506

18.00	16.59	25.50	33.05	44.767	55.299	67.520	81.721	95.674	124.504
19.00	14.53	22.19	28.69	38.760	47.819	58.331	70.545	82.548	107.345
20.00	12.75	19.34	24.93	33.593	41.385	50.427	60.933	71.257	92.586
21.00	11.22	16.89	21.70	29.149	35.851	43.628	52.665	61.545	79.891
22.00	9.91	14.78	18.92	25.326	31.091	37.781	45.553	53.191	68.972
23.00	8.77	12.97	16.52	22.038	26.997	32.751	39.437	46.006	59.580
24.00	7.80	11.41	14.47	19.210	23.475	28.424	34.175	39.826	51.501
25.00	6.96	10.07	12.70	16.777	20.446	24.703	29.649	34.510	44.552
26.00	6.24	8.91	11.18	14.685	17.841	21.502	25.757	29.938	38.575
27.00	5.63	7.92	9.87	12.885	15.599	18.749	22.409	26.005	33.434
28.00	5.09	7.07	8.74	11.337	13.672	16.381	19.529	22.622	29.012
29.00	4.63	6.33	7.77	10.006	12.014	14.344	17.051	19.712	25.209
30.00	4.24	5.70	6.94	8.860	10.588	12.592	14.921	17.209	21.937
31.00	3.90	5.16	6.22	7.875	9.361	11.085	13.088	15.056	19.123
32.00	3.61	4.69	5.61	7.028	8.306	9.789	11.512	13.205	16.703
33.00	3.36	4.29	5.08	6.299	7.398	8.674	10.156	11.612	14.621
34.00	3.14	3.94	4.62	5.672	6.618	7.715	8.989	10.242	12.830
35.00	2.96	3.65	4.23	5.133	5.946	6.890	7.986	9.064	11.290
36.00	2.80	3.39	3.89	4.669	5.369	6.180	7.123	8.050	9.965

Sumber: Hasil perhitungan 2025

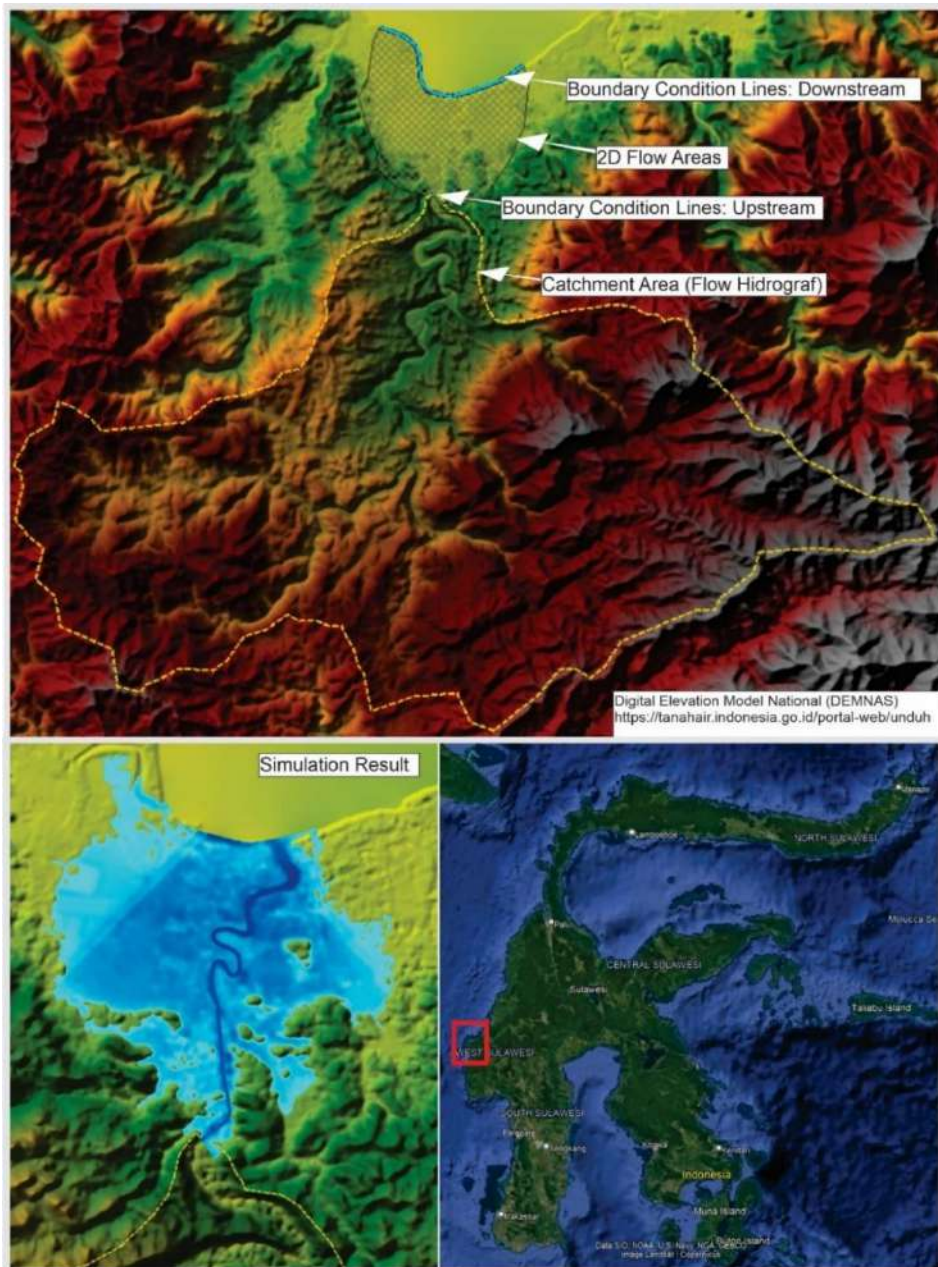


Gambar 2.12 Grafik Hubungan Waktu Dengan Debit HSS Nakayasu
DAS Karema

2.5.3 Analisis Wilayah Terdampak Banjir pada Sungai Karema

Hasil pemodelan HEC-RAS pada daerah penelitian yang dihasilkan berdasarkan data hidrograf yang dimasukkan dalam software kemudian disajikan dalam debit banjir rancangan pada beberapa kala ulang (lampiran 1 – 5) akan memberikan gambaran kuantitatif mengenai karakteristik genangan banjir di beberapa wilayah terdampak Sungai Karema.

Dalam menyusun skenario mitigasi, upaya mengidentifikasi luas dan lokasi dampak banjir pada kondisi eksisting merupakan hal yang sangat penting. Banyak penelitian menggunakan Q_{25} untuk tujuan ini. Hidayat (2020), dalam analisisnya di DAS Pesanggrahan, menjalankan simulasi Q_{25} untuk memetakan area rawan genangan. Pendekatan ini penting karena Q_{25} merepresentasikan kejadian yang tidak terlalu ekstrem namun cukup sering terjadi untuk menyebabkan gangguan sosio-ekonomi, sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai acuan realistis untuk perencanaan tata ruang dan program mitigasi jangka menengah.

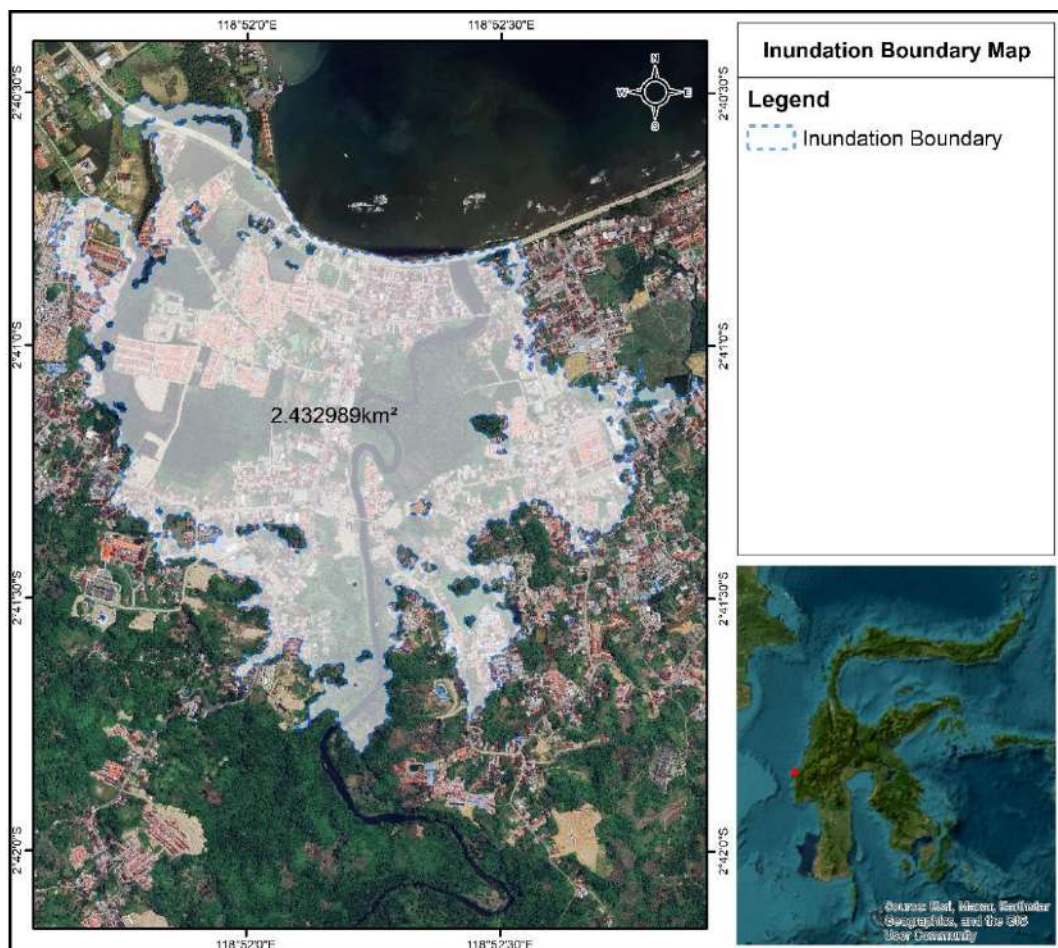


Gambar 2.13 Analisis Hidraulika dengan Computational Fluid Dynamic (CFD) (Hec-RAS) 2D unsteady flow data
Sumber: Hasil Analisis, 2025

Adapun luas wilayah terdampak banjir dengan luasan 2.432989 km² digambarkan dalam gambar berikut:

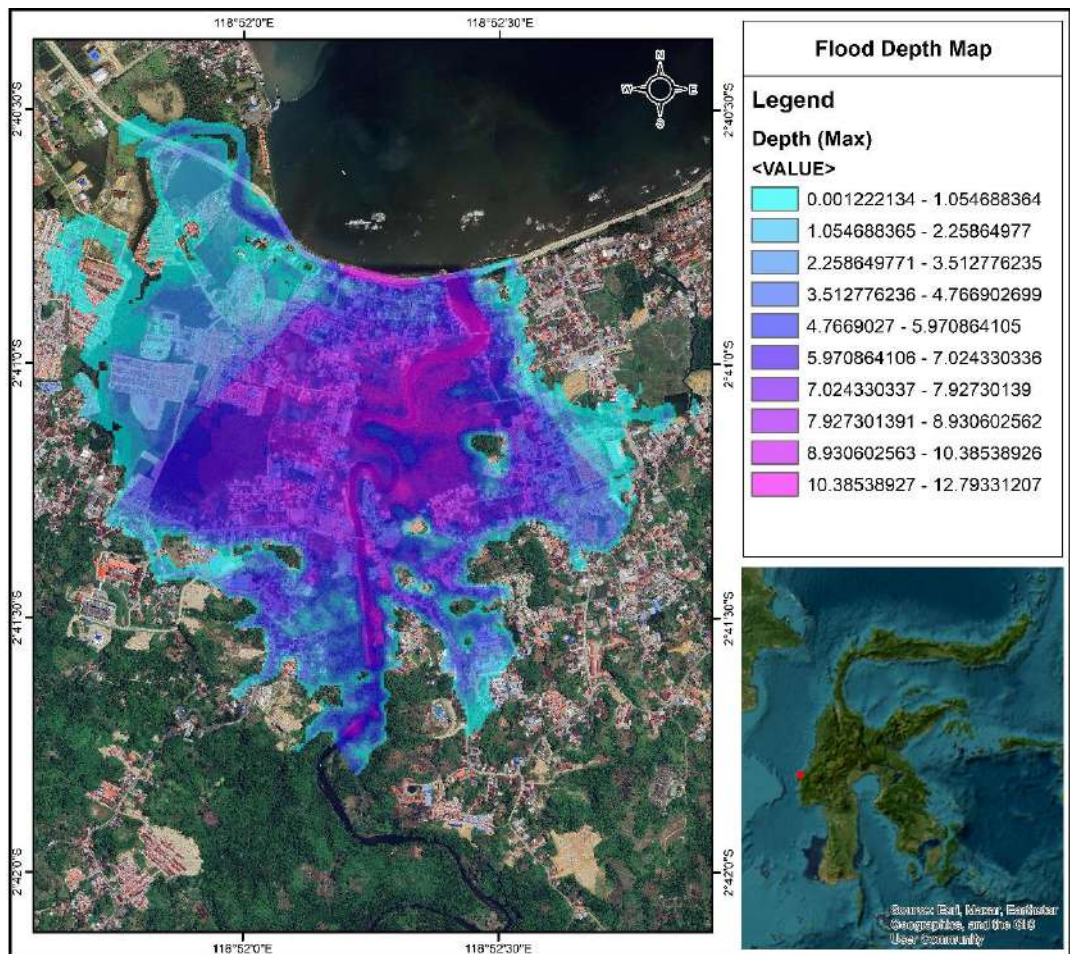
Tabel 2.25 Wilayah Terdampak Banjir

No	Kelurahan	Luas Wilayah Terdampak (Km ²)	Lokasi Genangan
1	Karema	0.820	Sempadan sungai, pemukiman penduduk
2	Simboro	1.609	Sempadan sungai, pemukiman penduduk

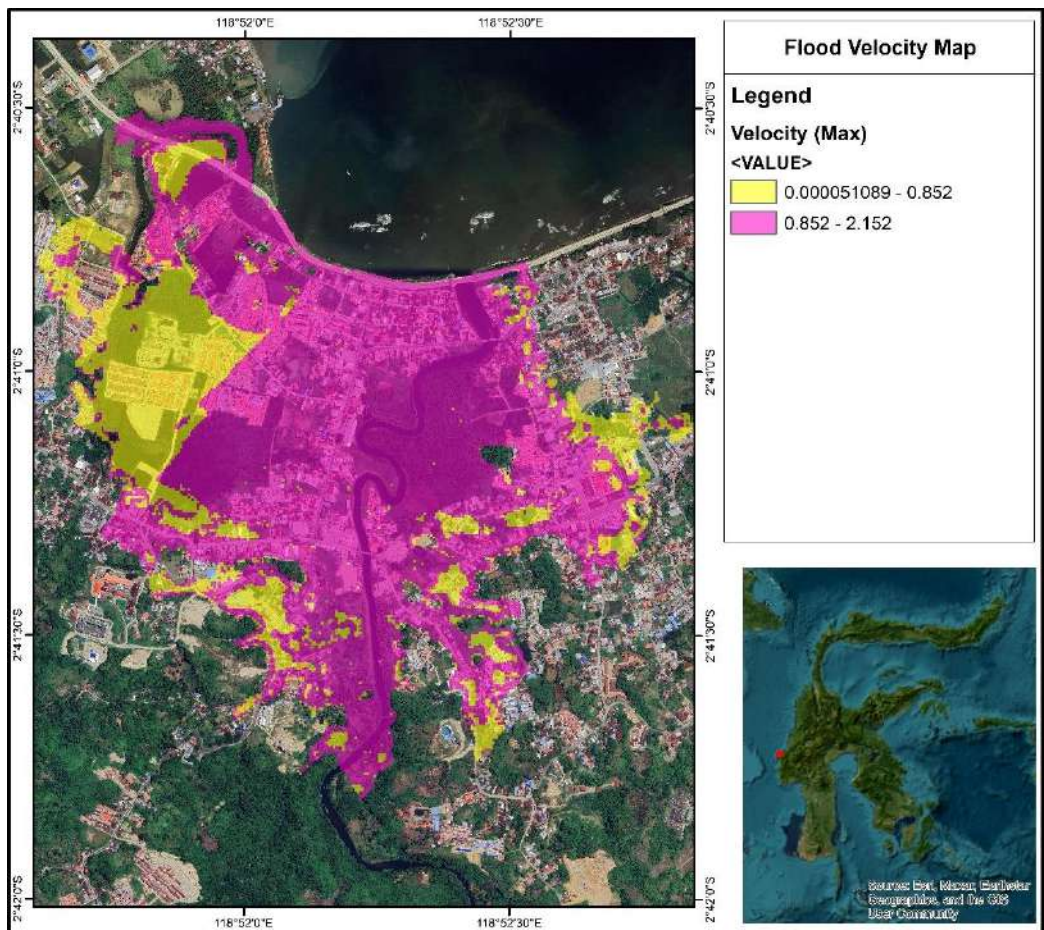


Gambar 2.14 Peta Wilayah Terdampak Banjir
Sumber: Hasil Analisis, 2025

Kecepatan minimum 0.000051089 m/det dan maksimum 2.152 m/det, detail kecepatan banjir daerah penelitian dapat ditunjukkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.15 Peta Kedalaman Banjir
Sumber: Hasil Analisis, 2025



Gambar 2.16 Peta Kecepatan Banjir
Sumber : Hasil analisis, 2025

Tabel 2.26 Kedalaman Banjir

No	Kelurahan	Kedalaman Banjir (meter)			Lokasi Genangan
		Maks	Minimum	Rata-rata	
1	Karema	12,64	0,001	4,9	Sempadan sungai, pemukiman penduduk
2	Simboro	12,7	0,001	4,4	Sempadan sungai, pemukiman penduduk

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Untuk menerjemahkan hasil pemodelan hidraulik menjadi informasi yang terukur dan dapat digunakan dalam manajemen risiko bencana, maka hasil berupa kedalaman genangan perlu diklasifikasikan ke dalam tingkat bahaya. Di Indonesia, acuan utama yang digunakan untuk pengkajian risiko dan klasifikasi bahaya bencana adalah peraturan yang dikeluarkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Pendekatan untuk mengklasifikasikan tingkat bahaya banjir di wilayah penelitian ini sejalan dengan metodologi yang diterapkan oleh peneliti sebelumnya. Studi oleh Firmansyah dkk. (2021) juga menggunakan klasifikasi dari Perka BNPB No. 2 Tahun 2012 untuk mengubah data kuantitatif kedalaman air menjadi data kualitatif tingkat bahaya, yang lebih mudah dipahami oleh para pemangku kepentingan.

Tabel 2.27 Kelas Banjir Daerah Penelitian Berdasarkan Pemodelan

No	Kelurahan	Rata-rata kedalaman	Kelas Banjir berdasarkan Kedalaman Air (Perka BNPB, 2012)			Lokasi Genangan
			Rendah <0,5 meter	Sedang 0,5 - 1,5 meter	Tinggi > 1,5 meter	
1	Karema	4,9				Sempadan sungai, pemukiman penduduk
2	Simboro	4,4				Sempadan sungai, pemukiman penduduk

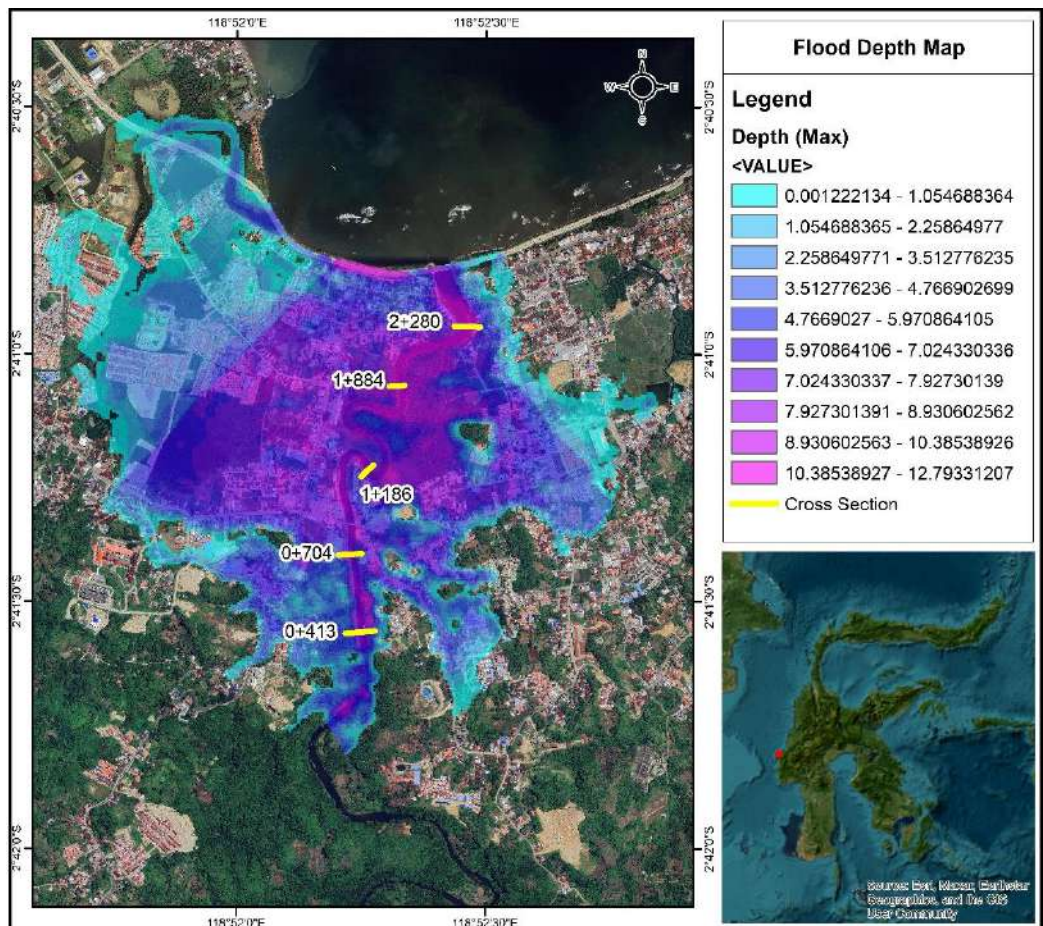
Sumber: Hasil Analisis, 2025

2.5.4 Analisis Profil Hidraulik Sungai Karema

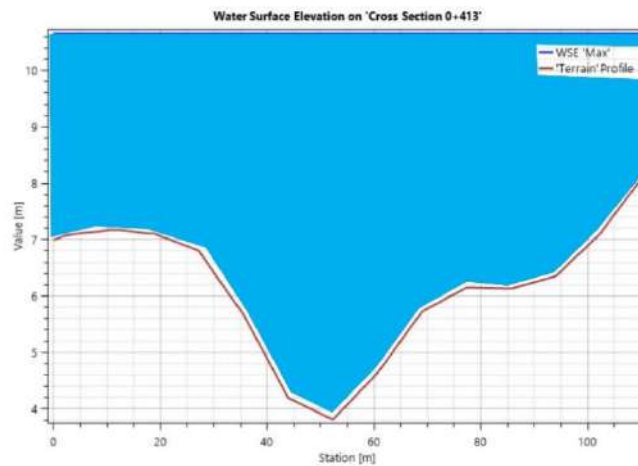
Untuk memvisualisasikan dampak debit banjir rancangan Q25 terhadap alur sungai, analisis profil penampang melintang dilakukan pada beberapa titik kritis menggunakan HEC-RAS. Gambar-gambar berikut menyajikan perbandingan antara profil dasar sungai existing ('*Terrain Profile*') dengan elevasi muka air maksimum ('WSE Max') hasil simulasi.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.18 sampai Gambar 2.20 sebagai keterwakilan profil sungai bagian hulu, tengah dan hilir sungai area penelitian. Elevasi muka air maksimum hasil simulasi melampaui bibir sungai di kedua sisi. Kondisi overtopping (luapan) inilah yang

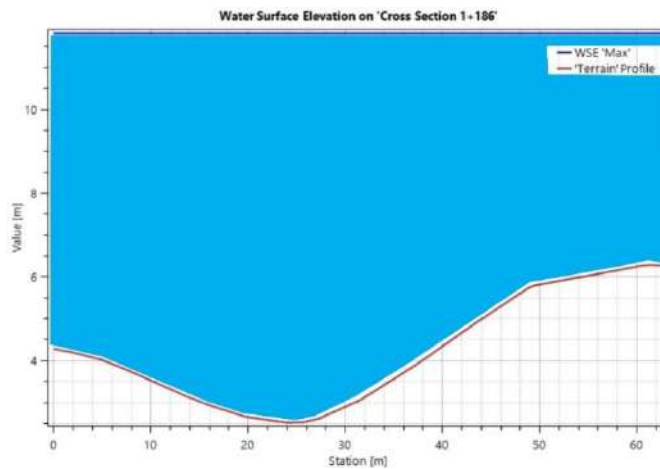
menjadi penyebab utama terjadinya genangan banjir di wilayah pemukiman sekitar, seperti yang telah dipetakan pada Gambar 2.14.



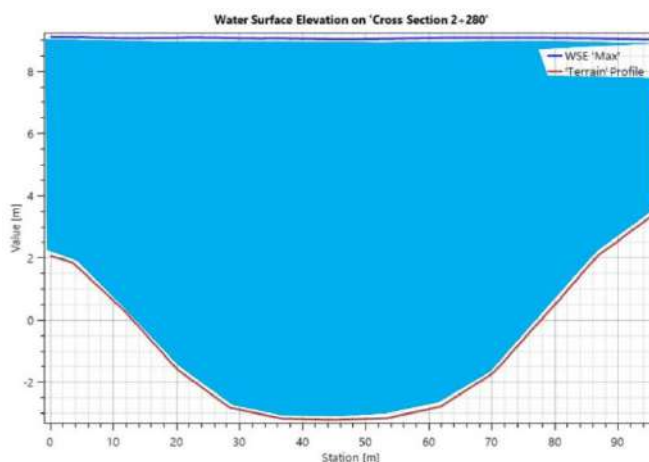
Gambar 2.17 Cross Section Visualisasi Banjir Sungai Karema
Sumber : Hasil Analisis, 2025



Gambar 2.18 Penampang Profil Sungai pada cross section pada stasiun 0+413
Sumber : Hasil Analisis, 2025



Gambar 2.19 Penampang profil sungai pada cross section pada stasiun 1+186
Sumber : Hasil Analisis, 2025



Gambar 2.20 Penampang profil sungai pada *cross section 2+280*
Sumber : Hasil Analisis, 2025

2.5.5 Verifikasi dan Validasi Daerah Terdampak Banjir

Dalam pemodelan hidraulik, validasi dan verifikasi adalah dua tahapan penting untuk menguji keandalan model. Validasi adalah proses kuantitatif yang membandingkan hasil simulasi misalnya, tinggi muka air atau luas genangan dengan data observasi lapangan dari kejadian banjir historis. Namun, dalam banyak DAS (Daerah Aliran Sungai) di Indonesia, data historis terukur semacam itu seringkali tidak tersedia atau tidak lengkap. Dalam kondisi keterbatasan data tersebut, dilakukan tahap verifikasi, yaitu proses kualitatif atau semi-kuantitatif untuk memastikan bahwa hasil model masuk akal (*plausible*). Pendekatan yang diambil dalam penelitian ini, dimana verifikasi wilayah terdampak digunakan sebagai pengganti validasi kuantitatif, sejalan dengan metodologi yang diterapkan dalam kondisi data terbatas. Nugroho dan Prayogo (2021), misalnya, berhasil menunjukkan bahwa perbandingan hasil model dengan laporan kebencanaan dan pengetahuan lokal dapat menjadi metode untuk menilai kewajaran sebuah model hidraulik.

Kegiatan verifikasi dilakukan pada analisis daerah terdampak. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara mendalam pada 12 titik yang tersebar di 2 kelurahan terdampak. Narasumber yang dipilih adalah warga yang telah lama bermukim dan mengalami langsung kejadian banjir pada tahun 2018 dan 2022. Responden diminta untuk menunjukkan lokasi spesifik dan memperkirakan kedalaman banjir pada

saat puncak kejadian di titik tersebut (misalnya, 'setinggi pinggang orang dewasa', 'setinggi lutut', atau perkiraan dalam sentimeter/meter jika memungkinkan). Data kualitatif ini kemudian dikuantifikasi dan dibandingkan dengan data kedalaman air hasil simulasi HEC-RAS pada titik koordinat yang sama.

Tabel 2.28 Tabel perbandingan kedalaman banjir hasil simulasi HEC-RAS dan Wawancara

No	Lokasi Spesifik/Titik Wawancara	Koordinat	Responden	Kedalaman Banjir (wawancara) (cm)	Kedalaman Banjir (Model HEC-RAS) (cm)	Selisih (cm)
1	Jl.Martadinata, Belakang Hotel Tamborang	118.871591 -2.691156	Warga A dan B	160 - 220	230 - 376	70 - 156
2	Jl.Martadinata, Depan SPBU H.Laumma	118.869811 -2.689067	Warga C, D dan E	250 - 300	840 - 1000	590 - 700
3	SPBU H.Laumma	118.869178 -2.688385	Petugas SPBU A	87 - 90	840 - 1000	753 - 910
4	Jl.Martadinata Belakang Hotel Berkah	118.870884 -2.687548	Warga F	67	642 - 742	575
5	Jalan Trans Mamuju-Topoyo,Belakang Bank Mandiri	118.869660 -2.686451	Warga G	100	516 - 642	416
6	Jl.Mustafa Katjo, Jalan kompleks Graha Nusa	118.868263 -2.684145	Warga H	80 - 90	842 - 1003	762 - 913
7	Jalan Gatoto Subroto, lingk.Simbuang	118.86921 -2.69316	Warga I	Dalam rumah setinggi dada orang dewasa (140 - 150 cm)	110 - 230	30 - 80

8	Jalan Trans Mamuju-Topoyo,Belakang Mahadewa Computer	118.87295 -2.6828	Warga J	50 - 70 cm	842 - 1003	792 - 933
9	Jalan Diponegoro, Sempadan Sungai Karema	118.874696 -2.682690	Warga K	30 - 40	642 - 742	612 - 702
10	Jalan Diponegoro, Sempadan Sungai Karema	118.874212 -2.683085	Warga L	50 - 60	516 - 642	466 - 582
11	Jalan Diponegoro, Belakang Diponegoro Residence	118.87461 -2.683991	Warga M	30 - 40	642 - 742	612 - 732
12	Perumahan H.Basir	118.866402 -2.688133	Warga L	Setinggi lutut orang dewasa (40 - 50)	642 - 742	602 - 692

Sumber : Hasil Wawancara, 2025

Proses verifikasi model melalui pendekatan dua tingkat. Verifikasi tingkat pertama adalah verifikasi spasial, yang berfokus pada perbandingan pola sebaran genangan antara hasil simulasi HEC-RAS dengan wilayah terdampak banjir berdasarkan laporan warga pada kejadian banjir 2018 dan 2022. Hasilnya menunjukkan konsistensi lokasi yang tinggi, di mana area yang dikonfirmasi warga terdampak, juga tergenang dalam simulasi.

Selanjutnya, verifikasi tingkat kedua adalah analisis kuantitatif pendukung yang disajikan dalam Tabel 2.28. Tabel ini membandingkan kedalaman genangan antara laporan warga dan hasil model. Peran data ini bukanlah untuk mencari kesamaan angka yang presisi, melainkan untuk memverifikasi bahwa skala atau magnitudo banjir yang disimulasikan adalah realistis. Terbukti bahwa di titik-titik dengan laporan genangan dalam, model juga menghasilkan kedalaman yang signifikan, yang mengonfirmasi tingkat keparahan banjir.

Perbedaan antara simulasi pemodelan hidraulik dengan hasil wawancara masyarakat dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang menyebabkan adanya selisih, misalnya subjektivitas memori dan resolusi DEM. Akan tetapi, karena model telah terbukti andal dalam menentukan lokasi yang benar dan skala keparahan yang wajar, maka model ini dapat disimpulkan memiliki tingkat kepercayaan yang tinggi. Kombinasi kedua level verifikasi ini menegaskan bahwa model HEC-RAS yang dibangun mampu merepresentasikan karakteristik hidraulik di daerah penelitian.



Gambar 2.21 Verifikasi Lapangan Daerah Terdampak Banjir 1, Lokasi : Belakang Hotel Tamborang. *Sumber: Dok. Pribadi, 2025*



Gambar 2.22 Verifikasi Lapangan Daerah Terdampak Banjir 2, Lokasi : SPBU H.Laumma Dan Sekitarnya. *Sumber: Dok. Pribadi, 2025*



Gambar 2.23 Kondisi Eksisting Sempadan Sungai Karema,
Lokasi: Jembatan Karema Arah Foto N 221°
Sumber: Dok. Pribadi, 2025



Gambar 2.24 Kondisi banjir Tahun 2018,
Lokasi: Jalan Gatot Subroto Depan Bulog
Sumber: Berita online, 2018



Gambar 2.25 Kondisi banjir Tahun 2018,
Lokasi: Jalan Martadinata, Depan SPBU H.Laumma
Sumber: Kompas.com, 2018

2.5.6 Analisis Mitigasi Bencana Banjir Pada Sungai Karema

Pengendalian risiko banjir secara efektif di suatu daerah aliran sungai, seperti Sungai Karema, menuntut adanya pendekatan terpadu yang menggabungkan analisis hidrologi yang akurat dengan perkuatan infrastruktur fisik. Sebagaimana diuraikan oleh Ansori et al. (2023), unsur utama dari mitigasi modern adalah peningkatan akurasi model prediksi debit puncak melalui pemanfaatan berbagai metode simulasi hidrologi. Pemanfaatan perangkat lunak seperti HEC-RAS 2D menjadi penting untuk pengembangan sistem peringatan dini yang efektif.

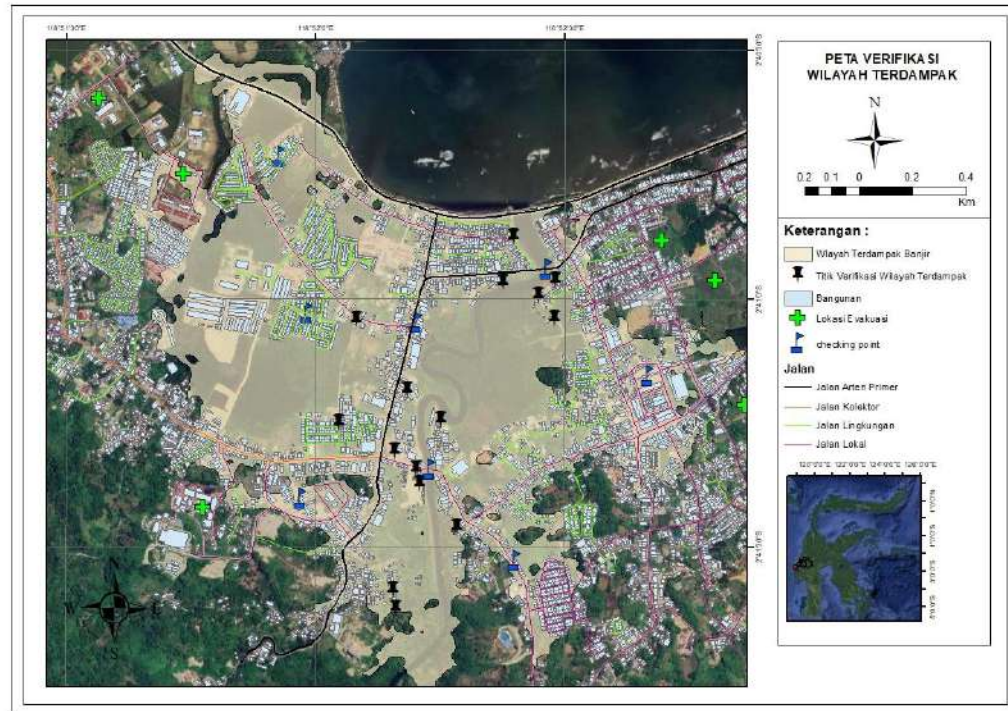
Perumusan strategi mitigasi banjir untuk wilayah Sungai Karema dapat merujuk pada beberapa peneliti terdahulu dengan studi kasus serupa. Pendekatan yang paling efektif adalah yang mengintegrasikan rekayasa fisik (struktural) dengan rekayasa kebijakan dan sosial (non-struktural). Upaya mitigasi struktural berfokus pada intervensi fisik untuk mengendalikan aliran dan luapan air. Berdasarkan studi oleh Prastica dkk. (2021) di Wilayah Sungai Toba-Asahan, salah satu strategi utama adalah normalisasi sungai, di mana efektivitasnya dalam menurunkan limpasan banjir. Studi ini juga menyoroti pentingnya pembangunan

bendungan sebagai alternatif jangka panjang yang terbukti mampu mereduksi puncak banjir secara signifikan. Lebih lanjut, penelitian di Kota Kendari oleh Wahid (2023) melengkapi pendekatan ini dengan menunjukkan pentingnya pembangunan infrastruktur pendukung seperti tanggul sungai (beton maupun timbunan tanah), kolam retensi banjir, serta perbaikan sistem drainase perkotaan secara masif. Menariknya, kajian di Kendari juga mengungkapkan bahwa mitigasi struktural tidak hanya domain pemerintah, tetapi juga inisiatif masyarakat. Adaptasi mandiri yang dilakukan warga meliputi modifikasi bangunan rumah, seperti meninggikan pondasi atau membangun rumah model panggung, hingga membuat tanggul pribadi di sekeliling properti untuk mencegah masuknya air.

Strategi non-struktural membangun ketahanan jangka panjang dengan berfokus pada kebijakan, sistem, dan kapasitas manusia. Pada tataran kebijakan dan kelembagaan, penelitian oleh Wulan dkk. (2022) di Dayeuhkolot, Bandung, menekankan urgensi penyusunan regulasi kebencanaan yang spesifik di tingkat daerah serta pentingnya harmonisasi peraturan yang ada untuk menghindari tumpang tindih. Studi tersebut juga mengusulkan pembentukan forum penanganan bencana multi-pihak dengan model pentahelix untuk memastikan koordinasi yang efektif antar lembaga.

Dari sisi peningkatan kapasitas masyarakat, studi kasus di Dayeuhkolot merekomendasikan agar pendidikan kebencanaan diintegrasikan ke dalam kurikulum pendidikan formal di semua tingkatan. Langkah ini diperkuat oleh implementasi di Kendari, yang telah menjalankan program Satuan Pendidikan Aman Bencana (SPAB) di sekolah-sekolah serta membentuk Kelompok Siaga Bencana (KSB) di level komunitas. Sosialisasi dan pelatihan kebencanaan kepada masyarakat, termasuk pertolongan pertama, juga menjadi program rutin yang esensial.

Terakhir, terkait pengendalian lingkungan dan perilaku, penelitian di Toba-Asahan menyarankan promosi infrastruktur hijau seperti pembuatan biopori dan sistem pemanenan air hujan. Sementara itu, studi di Dayeuhkolot dan Kendari menyoroti pentingnya kegiatan konservasi seperti reboisasi, pembuatan Ruang Terbuka Hijau (RTH), serta pembersihan rutin sungai dan drainase dari sampah. Untuk mengubah perilaku masyarakat, Wulan dkk. (2022) mengusulkan agar komunikasi mitigasi diinternalisasikan ke dalam kegiatan rutin warga seperti rapat RT, kerja bakti, dan PKK, sehingga kesadaran bencana menjadi bagian dari budaya lokal.



Gambar 2.26 Peta verifikasi wilayah terdampak Banjir

Sumber : Hasil Analisis, 2025

2.6 Kesimpulan

Simulasi hidraulik banjir pada Sungai Karema *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dengan perangkat lunak HEC-RAS 6.4.1, dengan analisis aliran tidak tunak 2D, dari hasil simulasi didapatkan:

1. Kecepatan rambat banjir rata – rata 0.000051089 – 2.152 meter/detik.
2. Kedalaman banjir rata-rata 4.9 – 4.4 m dan genangan air banjir pada wilayah hilir Sungai Karema seluas 2.432989 km² yang mencakup 2 kelurahan, Kelurahan Karema 0.820 Km², Kelurahan Simboro 1.610 Km².
3. Klasifikasi bahaya banjir dari 2 kelurahan terdampak, masuk kelas bahaya tinggi.
4. Model hidraulik HEC-RAS yang dikembangkan untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) Karema menunjukkan kapabilitas yang andal dalam memprediksi sebaran spasial genangan banjir. Hal ini dibuktikan melalui proses verifikasi spasial, di mana hasil simulasi genangan menunjukkan kesesuaian pola yang tinggi dengan data wilayah terdampak yang diperoleh dari wawancara masyarakat dan dokumentasi pemberitaan online untuk kejadian banjir historis.

2.7 Daftar Pustaka

Ansori, M. B., Lasminto, U., & Kartika, A. A. G. (2023). *Flood hydrograph analysis using synthetic unit hydrograph, HEC-HMS, and HEC-RAS 2D unsteady flow precipitation on-grid model for disaster risk mitigation*. International Journal of GEOMATE, 25(107), 50–58.

Balai Wilayah Sungai Kalukku-Karama. 2019. *Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Kalukku-Karama Tahun 2020*. Mamuju: Balai Wilayah Sungai Kalukku-Karama.

Hatta, M. P., & Yuni, S. S. (2019, February). Changes in rainfall and discharge in Saddang Watershed, South Sulawesi, Indonesia.

In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 235, No. 1, p. 012037). IOP Publishing.

Lavell, A. (2008, August). *Community and local level disaster risk management: considerations as regards relations with poverty alleviation. A Contribution to the 2009 ISDR Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. Lavell, A. (2008, August). *Community and local level disaster risk management: considerations as regards relations with poverty alleviation. A Contribution to the 2009 ISDR Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*.

Nugroho, A. Y., & Prayogo, T. (2021). Penilaian kewajaran hasil pemodelan hidraulik 2D aliran lahar menggunakan laporan kebencanaan dan pengetahuan lokal (Studi kasus: Kali Putih, Magelang). Dalam D. B. P. Shrestha, N. R. Hanifa, & A. W. Budi (Eds.), *Bunga rampai kebencanaan: Berkontribusi dalam pengurangan risiko bencana di Indonesia* (hlm. 43–57). UGM Press.

Prastica, R. M. S., Widyatmoko, A., & Kurniawan, R. (2021). Mitigasi banjir struktural menggunakan model HEC-RAS dan Geo-Studio pada wilayah Sungai Toba-Asahan, Sumatera Utara. *Teras Jurnal*, 11(2), 399–412.

Retongga, N., Hayatuzzahra, S., Wijaya, N. P., Anwar, A., Samsun, S., Fiqri, A. H., ... & Munandar, A. (2024). Mitigasi Struktural dan Non-Struktural Bencana Banjir Sebagai Dasar Meningkatkan Ketahanan Masyarakat di Daerah Karanggayam dan Sekitarnya, Kabupaten Kebumen, Indonesia. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 5(2), 1725-1729. Maharani, R. A. K., Wicaksono, S. D., Suharyanto, S., & Kodoatie, R. J. (2013). Pengendalian Banjir Sistem Bendung Pucang Gading–Dombo Sayung Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 2(1), 258-267.

Ratman, N., & Atmawinata, S. (1993). Geological map of the Mamuju Quadrangle, Sulawesi, (scale 1: 250.000). *Geological Research and Development Centre. Bandung*.

Triadmodjo, B., (2008), Hidrologi

Wahid, K. A. (2023). Kajian upaya mitigasi struktural dan nonstruktural bencana banjir di Kota Kendari. *Journal of Geographical Sciences and Education*, 01(1), 20–29.

Wulan, Y. R., Mulyadi, D., & Nurliawati, N. (2022). Model mitigasi non struktural bencana banjir di Kecamatan Dayeuhkolot Kabupaten Bandung. *Jurnal Media Administrasi Terapan*, 03(1), 90–108.

Yuniartanti, R. K. (2018). Rekomendasi adaptasi dan mitigasi bencana banjir di Kawasan Rawan Bencana (KRB) banjir Kota Bima. *Journal Of Regional And Rural Development Planning (Jurnal Perencanaan Pembangunan Wilayah Dan Perdesaan)*, 2(2), 118-132.