

**PEMETAAN GENANGAN BANJIR
DI SUB DAS WAY KANDIS
DAS WAY SEKAMPUNG PROVINSI LAMPUNG
PADA BERBAGAI KALA ULANG**

(Tesis)

Oleh

**DIAH PERMATA SARI
NPM 2320011006**



**PROGRAM STARATA 2
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PEMETAAN GENANGAN BANJIR TDI SUB DAS WAY KANDIS DAS WAY SEKAMPUNG PROVINSI LAMPUNG PADA BERBAGAI KALA ULANG

Oleh

DIAH PERMATA SARI

Sub DAS Way Kandis merupakan salah satu wilayah dalam DAS Way Sekampung di Provinsi Lampung, yang memiliki kerentanan tinggi terhadap kejadian banjir akibat intensitas hujan ekstrem, serta kapasitas DAS yang terbatas, perubahan tata guna lahan, serta morfologi lahan yang mendukung aliran permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan persebaran genangan banjir pada berbagai kala ulang, sebagai upaya penanganan resiko banjir di Sub DAS Way Kandis. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data hidrologi, analisis debit kala ulang, menggunakan metode statistic, pemodelan hidraulika dengan perangkat lunak HEC-RAS, serta pemanfaatan ArcGIS untuk pemetaan spasial genangan. Analisis dilakukan untuk kala ulang 5,10,25,50 dan 100 tahun untuk melihat variasi luas genangan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memetakan sebaran genangan banjir di Sub DAS Way Kandis, bagian dari DAS Way Sekampung, Provinsi Lampung. Sub DAS Way Kandis merupakan kawasan yang strategis namun rentan terhadap bencana banjir akibat curah hujan tinggi dan perubahan tata guna lahan yang pesat. Analisis hidrologi dilakukan menggunakan data curah hujan harian maksimum selama 27 tahun. Curah hujan rencana dihitung menggunakan metode Log-Pearson Tipe III, sedangkan distribusi hujan jam-jaman disusun dengan metode Alternating Block Method (ABM). Pemodelan hidrodinamika untuk memetakan genangan banjir dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS pada berbagai periode ulang, yaitu 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Hasil penelitian menunjukkan luas sebaran dan kedalaman genangan banjir meningkat signifikan seiring dengan besarnya kala ulang, yang mengidentifikasi titik-titik rawan luapan di sepanjang aliran sungai. Peta genangan yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi instrumen bagi pemerintah dan masyarakat sebagai basis data mitigasi bencana dan penataan ruang berbasis risiko banjir di Sub DAS Way Kandis.

Kata kunci: Pemetaan, Banjir, HEC-RAS, Sub DAS, kala ulan

ABSTRACT

FLOOD INCUBATION MAPPING IN THE WAY KANDIS SUB-WATERSHED WAY SEKAMPUNG WATERSHED, LAMPUNG PROVINCE AT VARIOUS RETURN PERIODS

By

DIAH PERMATA SARI

The Way Kandis sub-watershed is one of the areas within the Way Sekampung watershed in Lampung Province, which is highly vulnerable to flooding due to extreme rainfall intensity, limited watershed capacity, land use changes, and land morphology that supports surface flow. This study aims to map the distribution of flood inundation at various return periods as an effort to manage flood risk in the Way Kandis sub-watershed. The methods used include hydrological data collection, analysis of return discharge using statistical methods, hydraulic modeling with HEC-RAS software, and the use of ArcGIS for spatial storage mapping. The analysis was conducted for return periods of 5, 10, 25, 50, and 100 years to examine variations in ecosystem extent.

This study aims to analyze and map flood distribution in the Way Kandis sub-watershed, part of the Way Sekampung watershed, Lampung Province. The Way Kandis sub-watershed is a strategic area but is vulnerable to flooding due to high rainfall and rapid land-use changes. Hydrological analysis was conducted using 27 years of maximum daily rainfall data. The planned rainfall was calculated using the Log-Pearson Type III method, while the hourly rainfall distribution was compiled using the Alternating Block Method (ABM). Hydrodynamic modeling for flood embankments was performed using HEC-RAS software at various return periods: 2, 5, 10, 25, 50, and 100 years. The results show that the extent and depth of floodwater increases significantly with the increase in return period, identifying flood-prone areas along the river. The resulting collection map is expected to serve as a tool for the government and community as a basis for disaster mitigation data and flood risk-based spatial planning in the Way Kandis sub-watershed.

Keywords: Mapping, Flood, HEC-RAS, Sub-watershed, return period

**PEMETAAN GENANGAN BANJIR
DI SUB DAS WAY KANDIS
DAS WAY SEKAMPUNG PROVINSI LAMPUNG
PADA BERBAGAI KALA ULANG**

Oleh

DIAH PERMATA SARI

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER LINGKUNGAN**

Pada

**Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung**



**PROGRAM STARATA 2
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul Tesis : Pemetaan Genangan Banjir Di Sub Das Way Kandis
Das Way Sekampung Provinsi Lampung
Pada Berbagai Kala Ulang
Nama Mahasiswa : Diah Permata Sari
Nomor Pokok Mahasiswa : 2320011006
Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan
Fakultas : Program Pascasarjana Multidisiplin

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Hanky mayaguezz, S.Pi., M.T
NIP 197505152002121007

Prof. Drs. Tugiyono, P,hD
NIP 196411191990031001

Dr. Qadar Hasani S.Pi. M. Si.
NIP 197901182002121002



2. Koordinator Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Universitas Lampung

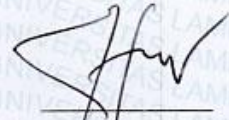


Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., Ph.D.
NIP. 196906011998021002


MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

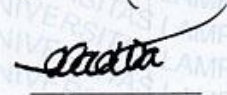
Ketua : Dr. Hanky mayaguezz, S.Pi., M.T



Sekretaris : Prof. Drs. Tugiyono, P.hD



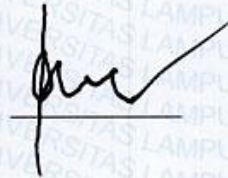
Anggota : Dr. Qadar Hasani S.Pi. M. Si.



**Penguji
Bukan Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si..



Anggota : Dr. Alimuddin Muehtar. M.Si.



2. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP.196403261989021001



Tanggal Lulus Ujian Tesis : 23 April 2026

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahawa:

1. Tesis dengan judul: **“PEMETAAN GENANGAN BANJIR DI SUB DAS WAY KANDIS DAS WAY SEKAMPUNG PROVINSI LAMPUNG PADA BERBAGAI KALA ULANG”** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya, saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 23 April 2026

Yang membuat pernyataan,



DIAH PERMATA SARI
NPM 2320011006

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Banyuasin pada hari senin tanggal 21 september 1998 sebagai anak Pertama dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Basar Dani dan Ibu Anita. Penulis menempuh pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 13 Tanjung Lago pada tahun 2005-2011, Sekolah Menengah Pertama Negeri 2 Tanjung Lago. pada tahun 2011-2014, dan Sekolah Menengah Atas

Negeri 1 Tanjung Lago pada tahun 2014-2017. Tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Di Universitas PGRI Palembang. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif mengikuti Organisasi Himpunan Mahasiswa Pendidikan Geografi, sebagai Ketua Devisi Mading tahun 2018/2019. Tahun 2020, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bangun Sari, Kecamatan Tanjung Lago, Kabupaten Banyuasin. Dan Penulis Melaksanakan Penelitian Di Desa Bangun Sari dengan judul “Upaya Anak Transmigrasi Mempertahankan Budaya Asal Terhadap Akulturasi Di Desa Bangun Sari Kecamatan Tanjung Lago Kabupaten Banyuasin”. Penulis menyelesaikan Pendidikan strata I dan mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan (S. Pd) pada februari 2022. Pada tahun 2025 penulis juga menyelesaikan pendidikan Profesi Guru (PPG) dan mendapatkan gelar Guru Profesional (Gr). Tahun 2023 peneliti tercatat sebagai mahasiswa Pascasarjana Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Lampung.

MOTTO

" Hijaukan Bumi, Jauhkan Banjir Dari Kami."

PERSEMBAHAN

*Kupersembahkan tulisan ini kepada almamaterku
Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Pascasarjana Universitas Lampung*

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“PEMETAAN GEGAN BANJIR DI SUB DAS WAY KANDIS DAS WAY SEKAMPUNG PROVINSI LAMPUNG PADA BERBAGAI KALA ULANG”** yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Lingkungan di Universitas Lampung. Dalam menyelesaikan tesis ini, penulis banyak mendapat masukan, bantuan, dorongan, bimbingan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Maka, dengan segala kerendahan penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung;
3. Dr. Candra Perbawati, S.H., M.H., selaku wakil Direktur Pascasarjana Bidang Akademik, Kemahasiswaan dan Alumni Universitas Lampung;
4. Dr. Fitra Dharma, S.E., M.Si., selaku Wakil Direktur Bidang Umum Universitas Lampung;
5. Bapak Hari Kaskoyo, S. Hut., M.P., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Hanky mayaguezz, S.Pi., M.T. selaku pembimbing utama yang telah bersedia membimbing, mengarahkan, memberikan saran, dukungan, waktu, serta tenaganya dalam proses menyelesaikan tesis ini;
7. Bapak Prof. Dr. Tugiyono, P.hD., selaku pembimbing kedua yang telah bersedia membimbing, memberikan arahan, nasihat, waktu, serta tenaganya dalam proses menyelesaikan tesis ini;
8. Bapak Dr. Qadar Hasani S. Pi. M. Si selaku pembimbing ketiga yang telah bersedia membimbing, memberikan saran, waktu, tenaga dalam proses penyelesaian tesis ini;

9. Bapak Prof. Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si. selaku penguji I yang memberikan arahan, masukan, saran membangun dalam menyempurnakan tesis ini;
10. Bapak Dr. Ir. Alimudin Muchtar. M.Si. selaku penguji II yang memberikan arahan, masukan, saran membangun dalam menyempurnakan tesis ini;
11. Seluruh Dosen dan keluarga besar Magister Ilmu Lingkungan Universitas Lampung dan admin pasca mas heri atas segala ilmu yang diberikan baik dalam perkuliahan dan yang lainnya, dukungan, dan bantuan kepada penulis selama ini;
12. Keluargaku Bapak, Ibu, Adik-adik tercinta yang tidak henti-hentinya memberikan doa, dukungan, semangat dan nasihat selama menjalani perkuliahan sampai dengan selesai;
13. Teman perjalananku, Indra Hartawan yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat, nasihat, dan bantuan dalam perkuliahan sampai menyelesaikan tesis ini;
14. Teman sejak di Magister Ilmu Lingkungan Errica Setiawati Millenium dan Widia Natasya dan Angkatan 2023 yang selalu memberikan doa, bantuan, dukungan, semangat dan motivasi serta menemani suka maupun duka selama perkuliahan hingga penyelesaian tesis ini.
15. Untuk teman Keluarga cemara yang telah memberikan semangat, dukungan, nasihat dan do'a selama menjalani perkuliahan sampai memperoleh gelar.

Penulis menyadari tesis ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan baru kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, 23 April 2026

Diah Permata Sari

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian.....	6
1.4. Manfaat Penelitian.....	6
1.5. Kerangka Pemikiran	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
2.2. Banjir	9
2.3. Daerah Aliran Sungai (DAS) Dan Sub DAS.....	12
2.4. Analisis Hidrologi	14
2.5. Debit Banjir Rencana	23
2.6. Analisis Hidraulika.....	26
2.7. Pemodelan Banjir Menggunakan HEC-RAS	28
III. METODE PENELITIAN	30
3.1. Lokasi Penelitian	30
3.2. Pendekatan Penelitian.....	33
3.3. Pengumpulan Data.....	35
3.4. Jenis, Sumber Data Dan Pengumpulan Data	37
3.5. Analisis Hidrologi	37
3.6. Analisis HEC RAS	41
3.7. Rekomendasi Titik Tanggul Pengendali Banjir	45
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Hasil Penelitian.....	47

4.2. Output Hec Ras.....	56
4.3. Pemetaan Genangan	65
4.4. Rekomendasi	66
V. KESIMPULAN DAN SARAN	67
Daftar Pustaka	69

DAFTAR TABEL

Table 1 Penelitian terdahulu.....	8
Table 2. Distribusi.....	18
Tabel 3. Faktor K (Variabel Standar) Log-Pearson Tipe III.....	23
Tabel 4. Jenis data dan sumber data.....	37
Tabel 5. Stasiun Hujan Yang Berpengaruh.....	48
Tabel 6. Luas pengaruh stasiun hujan.....	51
Table 7. Hasil Bobot Thiessen.....	52
Table 8. Table kala ulang debit curah hujan.....	55
Tabel 9. Ketinggian dan luas Gengan Banjir.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kerangka Pemikiran.....	7
Gambar 2. Gambar 2. Batas daerah aliran sungai (Sumber: Lapak GIS, 2019) ...	14
Gambar 3. Siklus hidrologi (sumber: Tanika et al., 2016).....	15
Gambar 4 Lokasi Penelitian Sub DAS Way Kandis.....	32
Gambar 5. Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 6. Input Data DEM Sub Das Way Kandis.....	41
Gambar 7. Input Data Curah hujan di HEC-RAS	42
Gambar 8.. Contoh tampilan genangan banjir di DAS pada sofwere HEC-RAS .	43
Gambar 9. Contoh Peta Gengan Banjir Di ARC GIS	45
Gambar 10. Peta sebaran stasiun hujan Pada Sub DAS Way Kandis.....	50
Gambar 11. Potensi Genangan Banjir Debit Kala Ulang 5tahun.....	57
Gambar 12. Potensi Gennagan Banjir Debit Kala Ulang 10tahun.....	57
Gambar 13. Potensi Gennagan Banjir Debit Kala Ulang 25tahun.....	58
Gambar 14. Potensi Gennagan Banjir Debit Kala Ulang 50tahun.....	58
Gambar 15. Potensi Gennagan Banjir debit Kala Ulang 100tahun.....	59
Gambar 16. Gambar Peta Genangan Banjir Kala Ualang 5 Tahun.....	60
Gambar 17. Gambar Peta Genangan Banjir Kala Ualang 10 Tahun.....	61
Gambar 18. Gambar Peta Gengan Banjir Kala Ualang 25 Tahun	62
Gambar 19. Gambar Peta Gengan Banjir Kala Ualang 50 Tahun	63
Gambar 20. Gambar Peta Gengan Banjir Kala Ualang 100 Tahun	64

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir merupakan bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi di Indonesia dan memberikan dampak signifikan terhadap aspek sosial, ekonomi, hingga kerusakan infrastruktur. Menurut BNPB (2023), lebih dari 40% kejadian bencana tahunan di Indonesia didominasi oleh banjir, sehingga diperlukan kajian yang lebih mendalam terkait pengendalian banjir berbasis hidrologi maupun hidraulika. Bencana ini umumnya dipengaruhi oleh curah hujan ekstrem, kapasitas sungai yang berkurang, perubahan penggunaan lahan, dan buruknya sistem drainase (Kodoatie & Sjarief, 2010).

Selain faktor tersebut, kondisi tutupan lahan, khususnya keberadaan hutan, juga memiliki peran penting dalam mengendalikan respon hidrologi suatu wilayah. Menurut Bakri, Setiawan, dan Nurhaida (2019), hutan memiliki fungsi hidrologis yang signifikan, antara lain dalam mengatur ketersediaan air, meningkatkan infiltrasi air hujan, serta mengendalikan potensi banjir dan kekeringan, sehingga mampu menjaga keseimbangan tata air dalam sistem daerah aliran sungai (DAS) sepanjang tahun.

Dalam konteks tersebut, salah satu wilayah yang memiliki tingkat kerentanan banjir cukup tinggi adalah DAS Way Sekampung, yang termasuk dalam 108 DAS Prioritas Nasional di Pulau Sumatra. DAS Way Sekampung terdiri atas beberapa sub-DAS, salah satunya adalah Sub DAS Way Kandis yang secara administratif berada di Kota Bandar Lampung, Kabupaten Lampung Selatan, dan Kabupaten Pesawaran. Sub-DAS ini memiliki peran strategis karena menyalurkan aliran permukaan dari kawasan perkotaan dan permukiman padat menuju Sungai Way Sekampung bagian hilir.

Sub DAS Way Kandis adalah salah satu sungai di Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung, yang rutin dilanda bencana banjir tahunan. Cakupan wilayah administratif Sub DAS ini meliputi Kecamatan Gedong Tataan di Kabupaten Pesawaran, Kecamatan Natar dan Jati Agung di Lampung Selatan, serta Kecamatan Kemiling, Kedaton, dan Tanjung Seneng di Kota Bandar Lampung. Menurut data Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung (BBWSMS), banjir besar terjadi pada tahun 2007 dengan luas genangan 278,70 Ha dan ketinggian air antara 0,5 hingga 1 meter yang bertahan selama 5-7 hari. Selain itu, catatan banjir juga kembali terekam pada tahun 2013, Lampung banjir hebat akibat hujan deras yang mengguyur selama beberapa jam, menyebabkan lebih dari 20 lokasi terendam dengan ketinggian air mencapai 1–2 meter, dan sekitar 265 rumah terendam di berbagai kelurahan seperti Kupang Teba, Pasir Gintung, Bakung, dan Kedaton. Peristiwa ini juga mengakibatkan setidaknya tiga orang meninggal dunia menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) yang dilaporkan oleh media massa, dan tahun 2015 tercatat kejadian banjir yang menggenangi 1.665,08 Ha, ketinggian 1-1,5meter selama 7-15 hari.

Berdasarkan penelitian Aprizal & Meris (2020), Sub DAS Way Kandis mengalami penyempitan alur dan pendangkalan, yang menyebabkan kapasitas tampungnya tidak lagi memadai ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Hal ini diperparah oleh perubahan penggunaan lahan dari vegetasi alami menjadi permukiman dan kawasan terbangun, yang meningkatkan limpasan permukaan (runoff) dan mengurangi kemampuan tanah untuk meresapkan air. Kondisi tersebut menyebabkan banjir sering terjadi di beberapa titik, termasuk wilayah Rajabasa, Way Kandis, dan kawasan perumahan Gelora Persada.

Selain faktor fisik, pertumbuhan penduduk di kawasan bantaran sungai memperburuk dampak banjir. Mukaromah et al. (2023) menjelaskan bahwa kepadatan penduduk berkorelasi langsung dengan besarnya risiko kerugian akibat banjir, terutama di daerah perkotaan yang berkembang pesat seperti Bandar Lampung. Hal ini terlihat di Sub DAS Way Kandis, di mana permukiman tumbuh mengikuti badan sungai tanpa mempertimbangkan garis sempadan, sehingga mengurangi ruang bagi sungai untuk bermigrasi dan meluap secara alami. Untuk memahami risiko banjir secara kuantitatif, diperlukan pemetaan genangan banjir

menggunakan analisis hidraulika. Perangkat lunak HEC-RAS merupakan salah satu tools yang paling banyak digunakan karena kemampuannya memodelkan profil muka air, kecepatan aliran, serta area yang tergenang untuk berbagai skenario curah hujan dan kala ulang (Brunner, 2020). Model hidraulika ini sangat penting untuk memprediksi bagaimana respons sungai terhadap debit banjir kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun hingga 100 tahun.

Pemodelan banjir pada Sub DAS Way Kandis sangat relevan dilakukan mengingat:

1. Riwayat kejadian banjir yang cukup sering berdasarkan laporan BPBD Kota Bandar Lampung.
2. Adanya penyempitan sungai dan sedimentasi yang menurunkan kapasitas tampungan (Aprizal & Meris, 2020).
3. Perkembangan permukiman yang menempel pada alur sungai, meningkatkan eksposur risiko banjir (Cambodia et al., 2022).
4. Wilayahnya strategis karena berada di jalur drainase utama Kota Bandar Lampung.
5. Ketersediaan data hidrologi dan topografi yang cukup memadai untuk pemodelan HEC-RAS.
6. Sub DAS Way Kandis merupakan bagian penting dari sistem DAS Way Sekampung, sehingga pengendalian banjirnya memberikan dampak positif bagi wilayah hilir yang lebih luas.

Selain pemetaan genangan, penelitian ini juga menitik beratkan pada rekomendasi perancangan tanggul. Tanggul merupakan salah satu upaya struktural untuk mengarahkan aliran banjir dan melindungi kawasan permukiman. Kementerian PUPR (2017) menjelaskan bahwa tanggul sungai perlu dirancang dengan mempertimbangkan bentuk penampang sungai, kecepatan aliran, bahaya erosi, dan debit banjir rencana. Oleh sebab itu, hasil pemodelan HEC-RAS penting untuk menentukan elevasi tanggul, panjang perlindungan, dan titik prioritas penanganan.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah sekaligus solusi praktis bagi pengurangan risiko banjir di Sub DAS Way Kandis, serta menjadi acuan bagi pemerintah daerah dalam perencanaan pengendalian banjir jangka panjang.

Banjir merupakan bencana hidrometeorologi yang sering terjadi baik di negara maju maupun berkembang, dan dapat menimbulkan kerugian besar secara ekonomi, sosial, maupun lingkungan (Ahern et al., 2005; BNPB, 2016). Peningkatan intensitas hujan, perubahan tata guna lahan, dan pertumbuhan wilayah perkotaan menjadi faktor utama yang memperparah risiko banjir (Kundzewicz et al., 2014; BMKG, 2023). Oleh karena itu, upaya mitigasi seperti pemetaan areal genangan banjir menjadi sangat penting untuk mengidentifikasi wilayah rentan dan menyusun strategi penanggulangan yang efektif. Salah satu wilayah yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap banjir adalah Sub DAS Way Kandis DAS Way Sekampung di Provinsi Lampung. Dengan topografi yang bervariasi dari daerah berbukit di hulu hingga datar rendah di hilir. Wilayah hilir yang datar serta perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali, seperti alih fungsi hutan menjadi lahan pertanian dan pemukiman, turut memperbesar risiko banjir, terutama pada musim hujan (Tarigan et al., 2016; Suriadi et al., 2021).

Berdasarkan data BMKG dan kajian Fakultas Pertanian Unila (2023), periode musim hujan di Provinsi Lampung mengalami penyempitan, namun intensitas hujan tetap tinggi dan sering memicu kejadian Periode hujan berkepanjangan (*wet spell*). Kondisi ini diperparah oleh keterbatasan infrastruktur pengendali banjir dan ketersediaan data hidrologi yang masih terbatas (Wahono et al., 2014). Padahal, informasi spasial yang akurat sangat diperlukan dalam merumuskan strategi mitigasi banjir berbasis data. Untuk menjawab tantangan tersebut, pemanfaatan teknologi pemodelan hidraulik seperti *HEC-RAS* yang terintegrasi dengan data *Digital Elevation Model (DEM)* dan *Sistem Informasi Geografis (GIS)* menjadi salah satu pendekatan yang relevan. Model ini mampu mensimulasikan aliran sungai berdasarkan skenario debit banjir, termasuk dengan mempertimbangkan kala ulang 5, 10, hingga 100 tahun (Brunner, 2021; Triatmodjo, 2008). Selain itu, analisis ini juga dapat digunakan untuk merencanakan pembangunan tanggul dan infrastruktur pengendali banjir lainnya pada titik-titik kritis yang rawan genangan. Dalam penelitian ini, dilakukan pemetaan areal genangan banjir di Sub DAS Way Kandis, DAS Way Sekampung dengan menggunakan metode hidrograf satuan Nakayasu untuk analisis hidrologi, dan pemodelan *HEC-RAS* untuk simulasi hidraulik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sebaran genangan banjir,

mengevaluasi kapasitas sungai, serta memberikan rekomendasi strategis sebagai bagian dari upaya pengurangan risiko banjir di wilayah tersebut.

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di wilayah Suab DAS Way Kandis, DAS Way Sekampung, Provinsi Lampung. Peningkatan intensitas hujan akibat perubahan iklim dan perubahan tata guna lahan menyebabkan peningkatan debit aliran permukaan (runoff) yang signifikan, sehingga memperbesar risiko genangan banjir di wilayah hilir. Upaya mitigasi struktural seperti pembangunan tanggul telah banyak dilakukan, namun kebanyakan dirancang berdasarkan kondisi debit tertentu tanpa mempertimbangkan dinamika iklim maupun perkembangan wilayah. Oleh karena itu, dibutuhkan tanggul, yaitu tanggul yang didesain dengan pendekatan fleksibel terhadap perubahan debit aliran sungai seiring dengan kala ulang yang lebih besar dan kondisi hidrologi yang terus berubah.

Sub DAS Way Kandis, DAS Way Sekampung merupakan salah satu daerah aliran sungai di Provinsi Lampung yang mencakup beberapa kabupaten, seperti Bandar Lampung, Pesawaran, dan Lampung Selatan. Wilayah ini dikenal rentan terhadap banjir musiman, terutama saat musim hujan tiba. Menurut Putra *et al.* (2020), banjir tahunan yang terjadi di Sub DAS Way Kandis, DAS Way Sekampung disebabkan oleh tingginya intensitas curah hujan serta penurunan kapasitas daya tampung sungai akibat sedimentasi dan perubahan tata guna lahan.

Tanggul konvensional telah banyak diterapkan untuk mengendalikan banjir di berbagai daerah (Nguyen *et al.*, 2020; Harwanto *et al.*, 2021). Meskipun demikian, struktur tanggul tersebut kurang fleksibel menghadapi peningkatan intensitas hujan dan debit ekstrem. Oleh karena itu, pendekatan Tanggul menjadi penting karena memungkinkan penyesuaian secara bertahap terhadap risiko banjir yang berubah-ubah, sehingga diharapkan memberikan perlindungan yang lebih berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini merumuskan beberapa permasalahan utama sebagai berikut:

1. Bagaimana pola distribusi areal yang terdampak banjir di Sub DAS Way Kandis DAS Way Sekampung berdasarkan analisis hidrologi dengan kala ulang 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun?
2. Bagaimanakah sebaran luas dan kedalaman genangan banjir di Sub DAS Way Kandis yang dihasilkan dari pemodelan HEC-RAS dan ArcGIS untuk setiap kala ulang?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

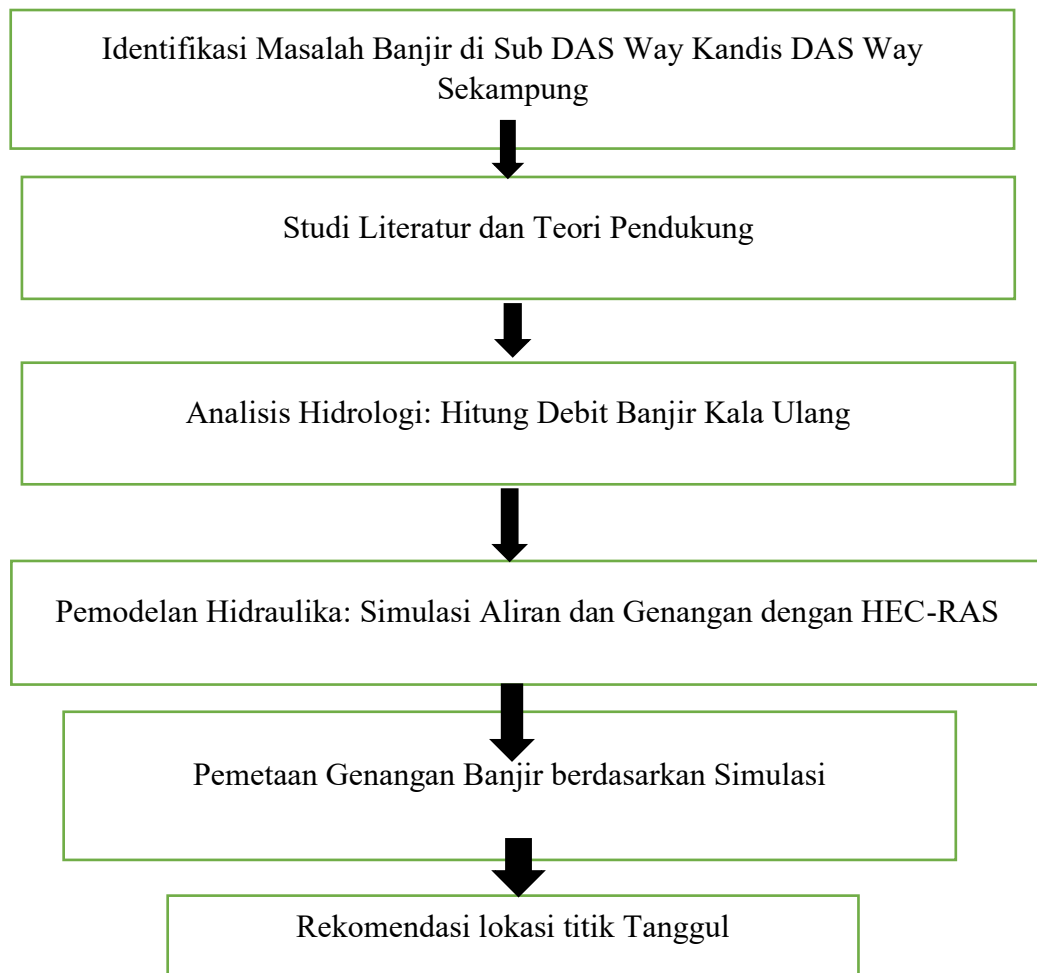
1. Menganalisis pola distribusi areal yang terdampak banjir di Sub DAS Way Kandis menggunakan analisis hidrologi dengan berbagai periode ulang (5, 10, 20, 50, dan 100 tahun)
2. Memetakan sebaran luas serta kedalaman genangan banjir di wilayah Sub DAS Way Kandis melalui integrasi pemodelan HEC-RAS dan sistem informasi geografis (ArcGIS).

1.4. Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini membantu mengidentifikasi pemetaan areal genangan banjir di sub DAS Way kandis serta menentukan lokasi perencanaan pembangunan tanggul untuk mengurangi dampak genangan banjir menggunakan teknologi, HEC-RAS.
2. Hasil penelitian memberikan informasi penting bagi pemerintah dan instansi terkait untuk merumuskan strategi mitigasi banjir serta pengelolaan sub DAS Way kandis yang lebih efektif dan berkelanjutan.
3. Penelitian ini memperkuat penggunaan teknologi HEC-RAS sebagai alat yang efisien dan akurat dalam menganalisis banjir, sehingga menjadi referensi bagi studi serupa di masa depan.

1.5. Kerangka Pemikiran

Penelitian ini diawali dari permasalahan banjir yang sering terjadi di DAS Way Sekampung. Untuk mengatasinya, dilakukan pengumpulan data primer (topografi, kondisi sungai) dan data sekunder (curah hujan, DEM). Selanjutnya, dilakukan analisis hidrologi untuk menentukan debit banjir rencana berdasarkan kala ulang. Debit tersebut digunakan dalam simulasi perhitungan untuk menghasilkan hidrograf banjir, lalu dianalisis secara hidraulik menggunakan HEC-RAS. Hasil simulasi kemudian dipetakan dengan bantuan Arc Gis untuk menunjukkan area rawan genangan. Output dari proses ini berupa peta sebaran genangan banjir yang menjadi dasar perencanaan mitigasi dan pengendalian banjir di Sub DAS Way Sekampung. Berdasarkan tahapan analisis yang telah dijelaskan, kerangka pemikiran penelitian ini disusun dalam bentuk diagram alir sebagai berikut.



Gambar 1 Kerangka Pemikiran

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini merujuk pada beberapa studi terdahulu yang relevan. Meski memiliki kesamaan tujuan, terdapat perbedaan signifikan dalam metode perhitungan, teknik simulasi, serta lokasi dan objek yang dikaji. Variasi metodologi dan skenario penanganan tersebut menyesuaikan dengan karakteristik unik dari setiap DAS yang diteliti. Secara khusus, sejumlah penelitian mengenai analisis banjir menggunakan aplikasi HEC-RAS telah memberikan hasil yang beragam. Studi-studi tersebut kemudian digunakan sebagai acuan dan diringkas dalam tabel berikut.

Table 1 Penelitian terdahulu

No	Nama Penulis	Tahun	Judul
1	Mashuri, M. Gilang Indra Mardika, M. Juang Renaldi Fiqri	2023	Studi persebaran banjir menggunakan software hec-ras 2d v6.2 hulu das way sekampung (studi kasus: sungai way mincang)
2	Ahmad Safi'i, Eri Prawati, Yusuf Amran	2020	Perencanaan rehabilitasi tanggul penahan banjir sungai way seputih kecamatan seputih surabaya kabupaten lampung tengah provinsi lampung
3	Fenny Suhendara, Aprizal, Any Nurhasanah	2023	Studi luas genangan banjir pada suatu das yang memiliki bangunan tanggul (studi kasus das way pisang)
4	Annisatuzjriyah Marthadyanti, Donny Harisuseno, Ery Suhartanto	2023	Pemetaan sebaran hujan rancangan pada berbagai kala ulang menggunakan metode interpolasi spasial di sub das widas
5	Gusta Gunawan, Besperi, Rena Misliniyati, Iqbal Kurnia Trie Saputra, Iqbal Patrianusa, Hauranda Aqilah	2023	Pemodelan genangan banjir sub das bengkulu hilir provinsi bengkulu menggunakan program hec-ras 5.0.7 berbasis ras mapper dan arcgis 10.8

2.2. Banjir

2.2.1 Pengertian Banjir

Banjir adalah meluapnya air melebihi kapasitas yang dapat ditampung oleh sungai atau saluran, sehingga menutupi daerah yang biasanya kering (Soewarno, 1995). Faktor penyebab banjir antara lain curah hujan tinggi, kapasitas sungai yang terbatas, perubahan tata guna lahan, serta sedimentasi sungai.

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi di Indonesia.). Banjir adalah peristiwa terendamnya suatu wilayah atau daratan karena volume air yang meningkat dan melampaui kapasitas tampungan alami maupun buatan, seperti sungai, saluran drainase, dan waduk (BNPB, 2020). Banjir dapat disebabkan oleh curah hujan tinggi, aliran air yang tidak terkendali, atau pasang air laut yang tinggi.

Sementara itu, Kodoatie dan Sjarief (2010) mendefinisikan banjir sebagai kondisi dimana kapasitas aliran sungai atau sistem drainase tidak mampu menampung debit air yang masuk akibat hujan, sehingga air meluap ke daerah sekitarnya. Mereka menekankan bahwa banjir tidak hanya merupakan fenomena alam, tetapi juga merupakan akibat dari interaksi antara faktor alamiah dan aktivitas manusia, terutama perubahan tata guna lahan di daerah tangkapan air.

Berdasarkan ketiga definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa banjir terjadi akibat ketidakseimbangan antara kapasitas aliran dan volume air yang masuk, serta dipengaruhi oleh faktor alamiah maupun aktivitas manusia.

2.2.2. Jenis-Jenis Banjir

Menurut Pusat Krisis Kementerian Kesehatan RI (2016), banjir dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu:

Banjir bandang (*flash flood*), Banjir yang terjadi secara tiba-tiba dengan aliran air yang deras dan membawa material padat seperti lumpur, kayu, dan batu. Jenis ini biasanya terjadi di daerah pegunungan atau lereng curam akibat hujan lebat atau longsor di bagian hulu.

Banjir genangan (*pluvial/urban flood*), Terjadi akibat curah hujan tinggi di kawasan perkotaan yang tidak mampu diserap oleh tanah atau tertahan karena sistem drainase yang tidak memadai. Biasanya bersifat sementara tetapi dapat menimbulkan kerugian besar di wilayah padat penduduk.

Banjir rob (*coastal flood*), Disebabkan oleh naiknya muka air laut (pasang laut) yang menggenangi daerah pesisir, terutama saat terjadi kombinasi antara pasang tinggi dan tekanan angin yang kuat.

Banjir sungai (*riverine flood*), Terjadi ketika debit air sungai meningkat melampaui kapasitas alur sungai akibat curah hujan tinggi di wilayah hulu, penyempitan sungai, atau pendangkalan dasar sungai.

Banjir kombinasi, Gabungan antara banjir hujan lokal dan pasang air laut atau akibat penyumbatan saluran air oleh sedimen dan sampah.

2.2.3. Faktor-Faktor Penyebab Banjir

Menurut Kodoatie dan Sjarief (2010) serta BNPB (2020), penyebab banjir dapat dikategorikan menjadi dua kelompok besar, yaitu faktor alamiah dan faktor antropogenik (akibat aktivitas manusia).

1. Faktor alamiah, meliputi:

Curah hujan tinggi, Hujan dengan intensitas besar dan durasi lama meningkatkan volume aliran permukaan (*runoff*). Topografi wilayah, Daerah datar atau cekungan lebih mudah tergenang air, sedangkan daerah lereng curam dapat menyebabkan banjir bandang. Kondisi tanah, Tanah dengan daya serap rendah (*impermeabel*)

mempercepat limpasan air permukaan. Pasang laut dan siklon tropis, Meningkatkan risiko banjir rob di daerah pesisir.

2. Faktor antropogenik, meliputi:

Perubahan tata guna lahan, Konversi hutan menjadi permukiman atau lahan pertanian menyebabkan berkurangnya area resapan air. Pendangkalan dan penyempitan Sungai, Akibat sedimentasi dan pembuangan sampah ke badan sungai. Sistem drainase yang buruk, Kurangnya saluran air atau tersumbatnya selokan menyebabkan air tidak mengalir dengan lancar. Pembangunan di daerah rawan banjir, Pembangunan di bantaran sungai atau dataran banjir meningkatkan risiko genangan saat debit sungai meningkat. Perilaku manusia, Seperti pembuangan sampah sembarangan, penebangan pohon di hulu, dan minimnya kesadaran terhadap tata kelola lingkungan.

2.2.4. Dampak banjir

Banjir menimbulkan dampak yang luas terhadap berbagai aspek kehidupan masyarakat. Dampak tersebut dapat dibagi menjadi dampak lingkungan, sosial, dan ekonomi. Dampak lingkungan, Banjir menyebabkan erosi dan sedimentasi di sungai, penurunan kualitas air akibat tercampurnya limbah rumah tangga dan industri, serta kerusakan ekosistem perairan. Daerah yang sering terendam air juga mengalami penurunan produktivitas tanah (Kodoatie & Sjarief, 2010).

Dampak sosial, Banjir dapat menimbulkan korban jiwa, kehilangan tempat tinggal, dan penyakit berbasis air seperti diare dan leptospirosis. Selain itu, kegiatan sosial seperti pendidikan dan pelayanan publik sering terhenti selama masa banjir (BNPB, 2020).

Dampak ekonomi, Kerugian ekonomi yang ditimbulkan sangat besar, mencakup kerusakan infrastruktur, fasilitas umum, dan lahan pertanian. Produktivitas masyarakat menurun karena gangguan transportasi dan aktivitas perdagangan. Biaya rehabilitasi dan rekonstruksi pasca banjir juga membebani keuangan daerah (Lakawa, 2018).

2.3. Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Sub DAS

2.3.1. Pengertian DAS dan Sub DAS

Daerah Aliran Sungai (DAS) diartikan sebagai wilayah daratan yang dikelilingi oleh punggung bukit atau pegunungan. Fungsi utamanya adalah menampung air hujan dan mengalirkannya melalui jaringan sungai kecil menuju sungai induk (Asdak, 1995). Wilayah ini biasanya ditentukan oleh batas topografi yang mengikuti pola aliran permukaan. Hal ini berbeda dengan batas air bawah tanah yang cenderung berubah-ubah mengikuti fluktuasi musim maupun intensitas penggunaan air (Binilang et al., 2018).

Berdasarkan regulasi (Kemenkumham, 2019), Daerah Aliran Sungai (DAS) dipahami sebagai kesatuan wilayah daratan yang mencakup sungai induk beserta anak-anak sungainya. Wilayah ini memiliki peran alami dalam menampung, menyimpan, dan menyalurkan air hujan menuju laut atau danau. Batasan wilayah DAS di daratan ditentukan oleh pemisah topografi, sementara batasan di wilayah laut mencakup area perairan yang masih terdampak oleh aktivitas di darat.

Sub DAS adalah bagian yang lebih kecil dari DAS yang memiliki batas hidrologis sendiri. Analisis sub-DAS digunakan untuk mendapatkan gambaran lebih rinci terhadap suatu bagian dari DAS.

Peran Sub DAS dalam Analisis Banjir:

Analisis banjir sering dilakukan pada skala sub-DAS karena:

- luasnya lebih kecil,
- data lebih detail,
- parameter hidrologi lebih seragam.

2.3.2. Karakteristik DAS

Proses hidrologi dan risiko banjir sangat dipengaruhi oleh karakteristik fisik DAS, seperti topografi, geologi, jenis tanah, vegetasi, tata guna lahan, serta sistem jaringan sungai. Fungsi krusial DAS adalah menjamin ketersediaan air bagi penduduk di wilayah hilir; oleh karena itu, konversi hutan menjadi lahan pertanian dapat mengganggu stabilitas tata air. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 37

Tahun 2012, pengelolaan DAS didefinisikan sebagai upaya sistematis dalam mengatur interaksi antara manusia dan sumber daya alam demi keberlanjutan ekosistem. Perencanaan yang efektif harus memadukan aspek biofisik, sosial-ekonomi, dan kelembagaan agar penggunaan lahan dapat diterima secara sosial, layak secara ekonomi, serta aman bagi lingkungan. Dalam kerangka ini, Rehabilitasi Hutandan Lahan (RHL) menjadi komponen integral dalam sistem pengelolaan DAS.

Sub DAS Way kandis DAS Way Sekampung terletak di Provinsi Lampung dan merupakan salah satu daerah aliran sungai yang memiliki fungsi strategis dalam mendukung kegiatan domestik, pertanian, dan pembangkit energi. Berdasarkan data dari Kementerian PUPR (2010), luas Das Way Sekampung ini mencapai sekitar 4.773,9 km² dan Sub DAS Way Kandis sekitar 164,47 km² dengan karakteristik topografi yang bervariasi, mulai dari perbukitan di bagian hulu hingga dataran rendah di bagian hilir. Permasalahan banjir di Sub DAS Way Kandis terjadi akibat kombinasi faktor alam dan antropogenik. Kondisi topografi yang landai di bagian hilir mengakibatkan akumulasi aliran air, terutama saat curah hujan tinggi terjadi. Sementara itu, perubahan penggunaan lahan yang masif dalam dua dekade terakhir turut memperparah kondisi hidrologi DAS. Konversi hutan menjadi lahan pertanian atau permukiman mengurangi kapasitas lahan dalam menyerap air, yang meningkatkan limpasan permukaan ke sungai (Suriadi *et al.*, 2021). Urbanisasi yang pesat di beberapa wilayah dalam cakupan subDAS juga mengakibatkan peningkatan luas permukaan kedap air, mempercepat aliran permukaan dan meningkatkan potensi banjir. Tarigan *et al.* (2016) menyatakan bahwa wilayah-wilayah di bagian hilir Sub DAS Way kandis, seperti Kecamatan Rajabasa dan Panjang, termasuk area yang paling sering terdampak banjir akibat topografi datar, saluran air yang tidak memadai, serta tekanan pembangunan yang tinggi.



Gambar 2. Gambar 2. Batas daerah aliran sungai (Sumber: Lapak GIS, 2019)

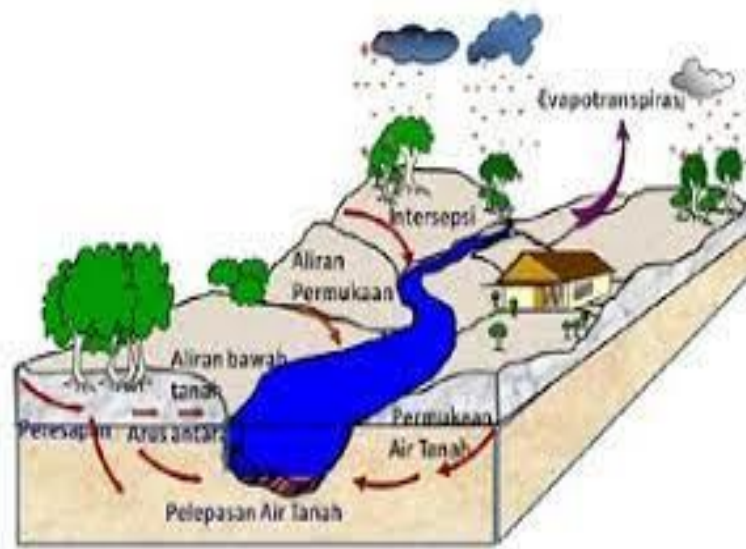
Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa batas daerah aliran sungai (DAS) ditentukan oleh kondisi topografi yang memisahkan aliran air ke wilayah tertentu. Batas ini berperan penting dalam menentukan arah aliran dan akumulasi debit, sehingga menjadi dasar dalam analisis hidrologi pada penelitian ini.

2.4. Analisis Hidrologi

2.4.1. Pengertian Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air di bumi, termasuk distribusi, pergerakan, dan sifat fisiknya serta keterkaitannya dengan lingkungan (Chow, Maidment, & Mays, 2011). Hidrologi memiliki peranan penting dalam pengelolaan sumber daya air, analisis banjir, dan perencanaan bangunan air seperti tanggul dan saluran drainase.

Siklus hidrologi adalah proses alami yang meliputi evaporasi, kondensasi, presipitasi, infiltrasi, perkolasi, limpasan permukaan (*runoff*), dan aliran sungai. Proses-proses ini berinteraksi secara dinamis dan mempengaruhi besarnya debit banjir di suatu wilayah. Beberapa komponen utama yang berpengaruh terhadap banjir: Presipitasi (curah hujan), *Infiltrasi*, *Runoff*, *Intersepsi*, *Groundwater flow*. Pada DAS yang telah terurbanisasi seperti Sub DAS Way Kandis, komponen *runoff* menjadi dominan karena permukaan kedap air meningkat.



Gambar 3. Siklus hidrologi (sumber: Tanika et al., 2016)

Dalam setiap upaya pengembangan sumber daya air, analisis hidrologi menjadi tahap awal yang sangat menentukan. Keberhasilan program ini bergantung pada ketersediaan data hidrologi jangka panjang yang memiliki tingkat akurasi tinggi. Data-data tersebut bersumber dari jaringan stasiun pemantau curah hujan dan debit sungai yang ditempatkan secara strategis di seluruh wilayah aliran sungai (Iqbal, 2019).

Analisis hidrologi merupakan tahapan fundamental dan langkah awal yang tidak dapat diabaikan dalam perencanaan serta pengembangan berbagai proyek sumber daya air, mulai dari sistem irigasi hingga pengendalian banjir. Urgensi analisis ini menuntut ketersediaan data hidrologi yang memiliki tingkat akurasi tinggi serta rentetan data (time series) yang cukup panjang untuk menjamin efisiensi dan efektivitas desain teknis yang dihasilkan. Mengacu pada pandangan Iqbal (2019), data hidrologi primer tersebut umumnya diperoleh melalui pengoperasian stasiun pengamat curah hujan dan stasiun pemantau debit yang terintegrasi di dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) atau Wilayah Sungai (WS). Stasiun-stasiun ini membentuk sebuah jaringan hidrometri dengan standar kerapatan dan pola penyebaran tertentu guna menangkap variabilitas spasial dan temporal dari siklus air di wilayah tersebut. Keberadaan jaringan pengamatan yang representatif ini sangat krusial, karena menurut Soewarno (1991), keandalan hasil analisis hidrologi sangat bergantung pada kualitas data mentah yang dikumpulkan dari lapangan..

2.4.2. Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu unsur penting dalam siklus hidrologi yang berperperan dalam menentukan ketersediaan air di suatu wilayah. Curah hujan di definisikan sebagai jumlah air hujan yang jatuh pada suatu daerah dalam priode waktu tertentu dan dinyatakan dalam satuan milimetre (mm).

Menurut Suripin (2004) curah hujan merupakan faktor utama yang memepengaruhi terjadinya limpasan permukaan (*runoff*) serta berperan dalam perancangan system drainase dan pengendalian banjir. Besarnya curah hujan yang jatuh di suatu wilayah dapat berbeda-beda tergantung pada kondisi geografis, topografidan iklim.

Dalam upaya memetakan distribusi presipitasi di suatu wilayah, penempatan alat penakar hujan (rain gauge) dilakukan secara tersebar di berbagai titik strategis di dalam Daerah Aliran Sungai (DAS). Secara teoritis, pada DAS dengan luasan kecil, intensitas hujan sering kali dianggap terdistribusi secara merata di seluruh area; namun, kondisi ini tidak berlaku pada DAS dengan cakupan wilayah yang luas. Mengacu pada Sosrodarsono & Takeda (2003), variabilitas spasial hujan pada DAS besar sangat tinggi, sehingga pencatatan pada satu titik pos penakar tidak dapat merepresentasikan volume hujan total yang jatuh di seluruh areal. Ketidakteraturan distribusi ini menjadi tantangan dalam penyusunan rancangan pemanfaatan air maupun sistem pengendalian banjir. Perencanaan teknis tersebut tidak dapat hanya didasarkan pada data curah hujan titik (point rainfall), melainkan harus menggunakan curah hujan area (areal rainfall) yang mencerminkan nilai rata-rata di seluruh wilayah tangkapan air. Sejalan dengan prosedur perhitungan hidrologi yang dijelaskan oleh Triatmodjo (2008), salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengonversi data titik menjadi tinggi curah hujan rata-rata wilayah adalah metode rata-rata aritmatika (Arithmetic Mean Method). Metode ini dipilih karena kesederhanaannya dalam memberikan estimasi awal distribusi hujan, terutama jika pos-pos penakar hujan tersebar secara merata dengan topografi yang relatif seragam

2.4.3. Metode Rata-rata Aritmatika

Metode rata-rata aritmatika merupakan metode sederhana dalam analisis hidrologi yang digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata wilayah dengan cara menjumlahkan seluruh data curah hujan yang diperoleh dari masing-masing stasiun pengamatan dalam suatu periode tertentu kemudian membaginya dengan jumlah stasiun yang digunakan, dimana metode ini didasarkan pada asumsi bahwa setiap stasiun hujan memiliki pengaruh yang sama terhadap wilayah penelitian sehingga metode ini lebih sesuai digunakan pada daerah dengan kondisi topografi relatif datar, sebaran stasiun hujan yang merata, serta distribusi curah hujan yang dianggap homogen (Suripin, 2004; Sri Harto, 1993). Metode ini banyak digunakan karena kemudahan dalam perhitungan dan tidak memerlukan data tambahan seperti luas wilayah atau pembobotan tertentu. Metode rata-rata aritmatika digunakan untuk menghitung curah hujan wilayah dengan asumsi distribusi curah hujan yang relatif merata. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Rumus:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n}$$

Keterangan:

R = Curah hujan rata-rata wilayah (mm)

R₁, R₂, ..., R_n = curah hujan pada masing-masing stasiun hujan (mm)

n = jumlah stasiun hujan

2.4.4. Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar tahunan yang terjadi pada periode ulang tertentu. Pada daerah studi, pemilihan metode perhitungan hujan rencana ditetapkan berdasarkan parameter dasar statistiknya. Curah hujan rencana digunakan untuk menentukan besarnya hujan dengan periode ulang tertentu. Distribusi yang umum digunakan adalah Gumbel dan Log Pearson Tipe III (Triatmodjo, 2008). Intensitas hujan adalah besarnya curah hujan per satuan waktu yang digunakan dalam perhitungan debit banjir (Soemarto, 1999).

2.4.5 Analisa Distribusi Frekuensi

Untuk memastikan bahwa sampel data yang digunakan mampu merepresentasikan fungsi distribusi peluang secara akurat, diperlukan uji kecocokan atau the goodness of fit test (Suripin, 2004). Menurut Sri Harto (1993), validitas setiap data hidrologi wajib diverifikasi melalui pengujian parameter statistik yang relevan. Dalam analisis data hidrologi, terdapat beberapa parameter statistik utama yang digunakan, antara lain nilai rata-rata, simpangan baku (standard deviation), koefisien variasi, dan koefisien kemencengan (skewness). Pemilihan jenis distribusi frekuensi yang paling tepat dilakukan dengan membandingkan karakteristik parameter statistik data lapangan terhadap syarat-syarat spesifik dari setiap model distribusi. Adapun kriteria parameter statistik yang menjadi acuan dalam penentuan distribusi tersebut telah dirangkum dalam Tabel 2.

Table 2. Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Normal	$C_s \approx 0$; $C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s (\ln x) = 0$; $C_k (\ln x) = 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,139$; $C_k = 5,4002$
4	Log-Pearson III	Selain dari nilai di atas

Sumber: Sri Harto, 1993.

2.4.6. Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi frekuensi

Pengujian kecocokan sebaran ini dilakukan untuk memvalidasi hipotesis mengenai ketepatan model distribusi frekuensi yang digunakan. Melalui tahapan verifikasi ini, peneliti dapat memastikan dua hal utama:

Keselarasan Data: Sejauh mana data hasil observasi di lapangan sesuai dengan model distribusi teoretis yang dipilih.

Validitas Hipotesis: Menentukan apakah hipotesis yang diajukan dapat diterima atau harus ditolak berdasarkan kriteria statistik yang ditetapkan.

2.4.7. Metode log pearson type iii

Distribusi Log Pearson Tipe III merupakan teknik analisis frekuensi yang lazim diterapkan dalam bidang hidrologi guna mengevaluasi data ekstrem, seperti intensitas curah hujan maupun debit banjir (Triatmodjo, 2008). Keunggulan metode ini terletak pada transformasi logaritmanya yang efektif untuk mengolah sekumpulan data yang distribusinya tidak bersifat normal. Penggunaan model Log Pearson III dalam estimasi debit banjir rancangan pada studi ini didasari oleh fleksibilitas parameternya, di mana tidak terdapat batasan spesifik terhadap nilai koefisien kemencengan (C_s) serta kurtosis (C_k). Adapun formulasi matematis untuk distribusi Log Pearson Tipe III merujuk pada standar berikut (Soemarto, 1987):

Nilai Rata – rata:

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

Artinya:

- Semua data hujan diubah ke logaritma
- Lalu dihitung rata-ratanya

Fungsi:

- Mengetahui nilai tengah data setelah transformasi log
- Karena data hujan biasanya tidak normal (menceng)

Standar Deviasi:

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

artinya:

- Mengukur sebaran data terhadap rata-rata log

Fungsi:

Mengetahui apakah data:

- rapat (kecil)
- atau menyebar (besar)

Koefisien Skewness:

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2) \cdot Sd^3}$$

Artinya:

- Mengukur kemiringan distribusi data

Interpretasi:

- $C_s = 0 \rightarrow$ data simetris
- $C_s > 0 \rightarrow$ miring ke kanan (umum pada hujan)
- $C_s < 0 \rightarrow$ miring ke kiri

Fungsi:

Ini yang menentukan nilai faktor K nanti

Dimana:

Log X	= nilai rata-rata
Log Xi	= nilai varian ke I
n	= banyaknya data
Sd'	= Standar Deviasi
Cs	= koefisien Skewness

Sehingga nilai X bagi setiap tingkat probabilitas dapat dihitung dari persamaan:

$$\log X_t = \overline{\log X} + G \cdot Sd$$

Harga-harga G dapat diambil dari tabel hubungan antara koefisien skewness dengan kala ulang.

2.4.8. Uji Secara Vertikal Dengan Chi Square

Uji chi kuadrat digunakan untuk menguji simpangan secara vertical apakah distribusi frekuensi pengamatan dapat diterima oleh distribusi teoritis. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\chi_{hit}^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (EF - OF)^2}{EF}, \quad EF = \frac{n}{K}$$

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$K = 1 + 3,22 \log n$$

Dimana:

OF = nilai yang diamati (*observed frequency*)

EF = nilai yang diharapkan (*expected frequency*)

K = jumlah kelas distribusi

N = banyaknya data

Suatu model distribusi frekuensi dinyatakan layak digunakan apabila nilai lebih kecil dari nilai kritis. Nilai ambang bata tersebut ditentukan berdasarkan taraf signifikansi serta derajat kebebasan (*degree of freedom*) yang ditetapkan. Selain itu, dilakukan pula pengujian terhadap deviasi horizontal melalui identifikasi selisih maksimum antara fungsi distribusi teoretis dengan data empiris. Parameter penyimpangan ini dihitung menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$\text{maks} = [S_n - P_x] \dots\dots\dots$$

Dimana:

maks = selisih data probabilitas teoritis dan empiris

S_n = peluang teoritis

P_x = peluang empiris

Apabila $\text{maks} < cr$, maka pemilihan metode frekuensi tersebut dapat diterapkan untuk data yang ada. Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Data hujan diurutkan dari kecil ke besar
2. Menghitung $S_n(x)$ dengan rumus Weibull sebagai berikut =

$$P_n = m/(n-1) * 100\% \dots\dots\dots$$

Dimana =

- P = probabilitas (%)
 m = nomor urut data dari seri yang telah diurutkan
 n = banyaknya data.

3. Menghitung probabilitas terjadi (Pr)

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (nonparametric test). Prosedurnya adalah:

a. Data diurutkan dari kecil ke besar dan juga ditentukan masing-masing peluangnya.

X1 P(X1)

X2 P(X2)

Xm P(Xm)

Xn P(Xn)

b. Setelah itu ditentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari penggambaran persamaan distribusinya.

X1 P'(X1)

X2 P'(X2)

Xm P'(Xm)

Xn P'(Xn)

c. Selisih kedua nilai peluang dapat dihitung dengan persamaan

$\alpha = \text{maksimum } [P(X_m) - P(X_n)]$

d. Berdasarkan tabel nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov test), dapat ditentukan nilai α_0 .

e. Apabila α_0 distribusi teoritis ditolak. Penentuan dalam nilai α Kritis Smirnov Kolmogorov disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Faktor K (Variabel Standar) Log-Pearson Tipe III

Koefisien Kemencengan	2 Tahun (50%)	5 Tahun (20%)	10 Tahun (10%)	25 Tahun (4%)	50 Tahun (2%)	100 Tahun (1%)
3	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051
2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	3,048	3,845
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149
1	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957
0,8	-0,132	0,78	1,336	1,998	2,453	2,891
0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824
0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,91	2,311	2,686
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615
0,3	-0,05	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544
0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4
0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326
-0,1	0,017	0,836	1,27	1,716	2	2,252
-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178

2.5. Debit Banjir Rencana

2.5.1. Pengertian debit rencana

Debit banjir rencana adalah besarnya debit maksimum aliran sungai yang diperkirakan terjadi pada suatu periode ulang tertentu, yang digunakan sebagai dasar dalam perencanaan bangunan air seperti jembatan, saluran drainase, dan tanggul pengendali banjir. Debit ini tidak menunjukkan kejadian pasti, melainkan peluang statistik terjadinya banjir dalam periode waktu tertentu.

Menurut Soemarto (1999), debit banjir rencana merupakan debit puncak yang dihitung berdasarkan analisis hidrologi dengan mempertimbangkan data curah hujan historis dan karakteristik daerah aliran sungai (DAS).

Sementara itu, Ven Te Chow dalam bukunya *Applied Hydrology* menjelaskan bahwa debit banjir rencana digunakan untuk memperkirakan besarnya aliran maksimum yang mungkin terjadi dengan tingkat risiko tertentu dalam perencanaan hidrologi.

2.5.2. Metode Perhitungan Debit Banjir Rencana

a. Metode Rasional

Metode rasional merupakan metode sederhana yang umum digunakan untuk menghitung debit banjir rencana pada DAS kecil hingga menengah.

Rumus metode rasional adalah:

$$Q = C.I.A$$

Keterangan:

Q = debit banjir (m³/det)

C = koefisien limpasan

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas DAS (km² atau ha)

Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa intensitas hujan merata di seluruh DAS dan seluruh aliran mencapai titik kontrol secara bersamaan.

Menurut Suripin (2004), metode rasional cocok digunakan pada daerah dengan luas relatif kecil karena memberikan pendekatan yang cukup sederhana namun representatif untuk analisis awal debit banjir.

b. Metode Hidrograf Satuan

Metode hidrograf satuan digunakan untuk memperoleh hubungan antara hujan efektif dan respon aliran sungai dalam bentuk hidrograf (debit terhadap waktu).

Menurut Sherman (1932), hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh satu satuan hujan efektif yang terjadi secara merata di seluruh DAS selama durasi tertentu.

Metode ini lebih akurat dibanding metode rasional karena:

- Memperhitungkan distribusi waktu aliran

- Menghasilkan debit puncak dan bentuk hidrograf
- Cocok untuk analisis menggunakan model seperti HEC-RAS

2.5.3. Kala Ulang (Return Period)

Kala ulang merupakan rata-rata interval waktu terjadinya suatu kejadian hidrologi dengan besaran tertentu atau lebih besar. Secara matematis, hubungan antara probabilitas kejadian dan kala ulang dinyatakan sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{T}$$

Keterangan:

- P = probabilitas kejadian
- T = kala ulang (tahun)

dimana P adalah probabilitas kejadian dan T adalah kala ulang (tahun). Konsep ini menunjukkan bahwa semakin besar kala ulang, maka semakin kecil probabilitas terjadinya kejadian tersebut (Suripin, 2004; Ven Te Chow et al., 1988).

Contoh interpretasi:

- Q5 → kemungkinan terjadi 1 kali dalam 5 tahun
- Q10 → kemungkinan terjadi 1 kali dalam 10 tahun
- Q25 → kemungkinan terjadi 1 kali dalam 25 tahun
- Q50 → kemungkinan terjadi 1 kali dalam 50 tahun
- Q100 → kemungkinan terjadi 1 kali dalam 100 tahun

Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), kala ulang digunakan untuk menentukan tingkat risiko dalam perencanaan pengendalian banjir, di mana semakin besar kala ulang maka semakin besar pula debit banjir yang harus diantisipasi. Selain itu, Chow menyatakan bahwa pemilihan kala ulang harus disesuaikan dengan tingkat kepentingan bangunan, misalnya:

- Drainase kota: 5–10 tahun
- Jembatan: 25–50 tahun
- Bendungan/tanggul utama: ≥ 100 tahun

2.6. Analisis hidraulika

Analisis hidraulika merupakan bagian penting dalam kajian banjir yang bertujuan untuk memahami perilaku aliran air di dalam sungai, terutama dalam menentukan kapasitas tampung sungai, profil muka air, serta potensi terjadinya limpasan. Secara umum, analisis hidraulika dilakukan dengan pendekatan aliran satu dimensi (*one-dimensional flow*), di mana variasi aliran dianalisis sepanjang arah memanjang sungai. Dalam penelitian modern, analisis ini banyak dilakukan dengan bantuan perangkat lunak seperti HEC-RAS yang mampu mensimulasikan kondisi aliran berdasarkan data geometri dan debit (Brunner, 2016).

2.6.1. Aliran Sungai

Aliran sungai merupakan pergerakan massa air yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan karakteristik fisik sungai. Parameter utama yang digunakan dalam menganalisis aliran sungai meliputi debit (Q), kecepatan aliran (V), dan luas penampang basah (A). Hubungan antara ketiga parameter tersebut dinyatakan dalam persamaan kontinuitas, yaitu $Q = A \times V$, yang menunjukkan bahwa debit aliran merupakan hasil perkalian antara luas penampang dan kecepatan aliran (Chow, 1959).

Karakteristik aliran sungai juga dapat dibedakan menjadi aliran tetap (*steady flow*) dan aliran tidak tetap (*unsteady flow*). Aliran tetap terjadi apabila parameter aliran tidak berubah terhadap waktu, sedangkan aliran tidak tetap terjadi apabila terjadi perubahan debit dan tinggi muka air terhadap waktu. Dalam analisis banjir, aliran tidak tetap sering digunakan karena mampu merepresentasikan kondisi sebenarnya saat terjadi hujan intensitas tinggi (Ven Te Chow, 1959).

2.6.2. Profil muka air

Profil muka air merupakan gambaran elevasi permukaan air sepanjang alur sungai yang digunakan untuk mengetahui perubahan tinggi muka air akibat variasi debit. Analisis profil muka air sangat penting dalam studi banjir karena dapat menunjukkan titik-titik kritis di mana air berpotensi meluap dari badan sungai. Menurut Henderson (1966), profil muka air dipengaruhi oleh faktor kemiringan

dasar sungai, kekasaran saluran, serta debit aliran yang melewati penampang sungai. Dalam praktiknya, profil muka air digunakan untuk mengevaluasi apakah kapasitas sungai masih mampu menampung debit banjir rencana. Jika elevasi muka air melebihi tinggi tebing sungai, maka dapat dipastikan terjadi limpasan yang berpotensi menimbulkan genangan di daerah sekitarnya.

2.6.3. Kapasitas Penampung Sungai

Kapasitas penampang sungai menunjukkan kemampuan sungai dalam mengalirkan debit air tanpa terjadi limpasan. Kapasitas ini dipengaruhi oleh luas penampang, kemiringan dasar sungai, serta kekasaran permukaan saluran. Salah satu persamaan yang umum digunakan dalam analisis hidraulika adalah persamaan Manning (Chow, 1959), yang menyatakan bahwa debit aliran dipengaruhi oleh luas penampang, jari-jari hidraulik, kemiringan, dan koefisien kekasaran. Semakin besar luas penampang dan kemiringan sungai, serta semakin kecil nilai kekasaran, maka debit aliran yang dapat ditampung akan semakin besar.

Rumus dasar Manning:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Keterangan:

- Q = debit volume aliran air (m³/det)
- N = koefisien Manning) → tingkat kekasaran saluran
 - besar (misalnya banyak vegetasi) → aliran lambat
 - kecil (saluran beton) → aliran cepat
- A = (luas penampang) → semakin besar → debit makin besar
- R = jari-jari hidraulik perbandingan luas aliran terhadap keliling basah
- S = kemiringan semakin curam → aliran makin cepat

Melalui persamaan ini, dapat diketahui bahwa semakin besar luas penampang dan kemiringan sungai, maka kapasitas aliran akan semakin besar. Sebaliknya, nilai kekasaran yang tinggi akibat vegetasi atau sedimen akan mengurangi kapasitas aliran sungai. Oleh karena itu, perubahan kondisi fisik sungai seperti pendangkalan

dan penyempitan dapat menyebabkan berkurangnya kapasitas tampung dan meningkatkan risiko banjir.

Berdasarkan nilai bilangan Froude, aliran dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu aliran subkritis dan aliran superkritis. Aliran subkritis terjadi apabila nilai $Fr < 1$, yang ditandai dengan kecepatan aliran yang relatif rendah dan kedalaman air yang besar. Pada kondisi ini, aliran cenderung stabil dan dipengaruhi oleh kondisi di bagian hilir sungai. Sebaliknya, aliran superkritis terjadi apabila nilai $Fr > 1$, yang ditandai dengan kecepatan aliran yang tinggi dan kedalaman yang relatif kecil. Aliran jenis ini bersifat tidak stabil dan lebih dipengaruhi oleh kondisi di bagian hulu (Chow, 1959).

Dalam konteks analisis banjir, identifikasi jenis aliran sangat penting untuk memahami perilaku aliran air dalam sungai serta potensi terjadinya erosi atau limpasan. Umumnya, aliran pada sungai alami cenderung berada dalam kondisi subkritis, namun pada kondisi tertentu seperti kemiringan tinggi atau penyempitan penampang, aliran dapat berubah menjadi superkritis.

2.7. Pemodelan Banjir Menggunakan HEC-RAS

HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center – River Analysis System*) adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh U.S. Army Corps of Engineers untuk melakukan simulasi aliran air di sungai dan saluran terbuka. Fungsi utamanya adalah untuk menganalisis profil muka air, pemodelan banjir, serta perencanaan dan evaluasi struktur pengendali banjir seperti tanggul dan bendungan (Brunner, 2021)

2.7.1. Parameter Masukan dalam HEC-RAS

Untuk menghasilkan model banjir yang akurat, perangkat lunak HEC-RAS membutuhkan beberapa data utama sebagai input, antara lain: Data Elevasi/Topografi: umumnya berasal dari data Digital Elevation Model (DEM) resolusi tinggi yang digunakan untuk merepresentasikan kondisi permukaan lahan dan aliran air (US Army Corps of Engineers, 2016).

Debit Inflow: merupakan hasil dari analisis hidrologi, seperti debit banjir rencana berdasarkan berbagai kala ulang, yang diperoleh dari transformasi data curah hujan menjadi aliran sungai (Sitorus et al., 2025).

Geometri Sungai: meliputi data penampang melintang sungai, saluran, serta struktur hidraulik lainnya yang berfungsi untuk menggambarkan kondisi fisik sungai dalam model (Syawaludin et al., 2022).

2.7.2. Pemanfaatan HEC-RAS dalam pemetaan banjir

Pemanfaatan HEC-RAS dalam pemetaan banjir telah dilakukan di banyak wilayah di Indonesia. Penelitian oleh Wulandari (2020) di DAS Way Semangka menunjukkan bahwa dengan kalibrasi yang tepat, HEC-RAS mampu merepresentasikan genangan aktual secara detail. HEC-RAS juga sering diintegrasikan dengan perangkat lunak GIS seperti ArcGIS atau QGIS untuk visualisasi spasial yang lebih akurat.

Penelitian lainnya oleh Prasetyo (2018) menunjukkan bahwa kombinasi data topografi resolusi tinggi, data curah hujan historis, serta skenario perubahan iklim dapat digunakan dalam HEC-RAS untuk mensimulasikan kondisi banjir masa depan. Ini membuka peluang besar untuk perencanaan adaptif dalam menghadapi perubahan iklim. HEC-RAS 2D juga mulai banyak digunakan dalam studi banjir perkotaan karena kemampuannya memodelkan aliran menyebar di lahan datar seperti jalan raya dan pemukiman. Hal ini sangat relevan untuk wilayah hilir DAS Way Sekampung yang mulai terdampak urbanisasi pesat.

2.7.3. Integrasi DEM dengan HEC-RAS

Integrasi data DEM dengan HEC-RAS sangat penting dalam pembuatan model aliran dan genangan. DEM digunakan untuk mendefinisikan geometri sungai, penampang melintang, dan area banjir potensial. Dengan dukungan software seperti ArcGIS atau QGIS yang terintegrasi dengan HEC-RAS, proses simulasi dan pemetaan genangan dapat dilakukan lebih efisien dan akurat (Triyoga et al., 2019).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sub DAS Way Kandis yang merupakan bagian integral dari sistem DAS Way Sekampung dan secara geografis terletak pada wilayah administratif Kota Bandar Lampung serta sebagian wilayah Kabupaten Lampung Selatan. Sub DAS ini memiliki luas sekitar 164,47 km² yang menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki skala daerah tangkapan air yang cukup besar dan signifikan dalam mempengaruhi dinamika hidrologi, khususnya dalam proses pembentukan aliran permukaan dan distribusi debit sungai di kawasan tersebut (Aziz et al., 2024). Secara hidrologis, Sub DAS Way Kandis memiliki peran strategis sebagai salah satu penyumbang utama debit aliran menuju bagian hilir DAS Way Sekampung, sehingga setiap perubahan kondisi fisik wilayah, seperti penggunaan lahan, topografi, dan karakteristik tanah, akan sangat berpengaruh terhadap besarnya limpasan permukaan serta potensi terjadinya banjir di wilayah hilir.

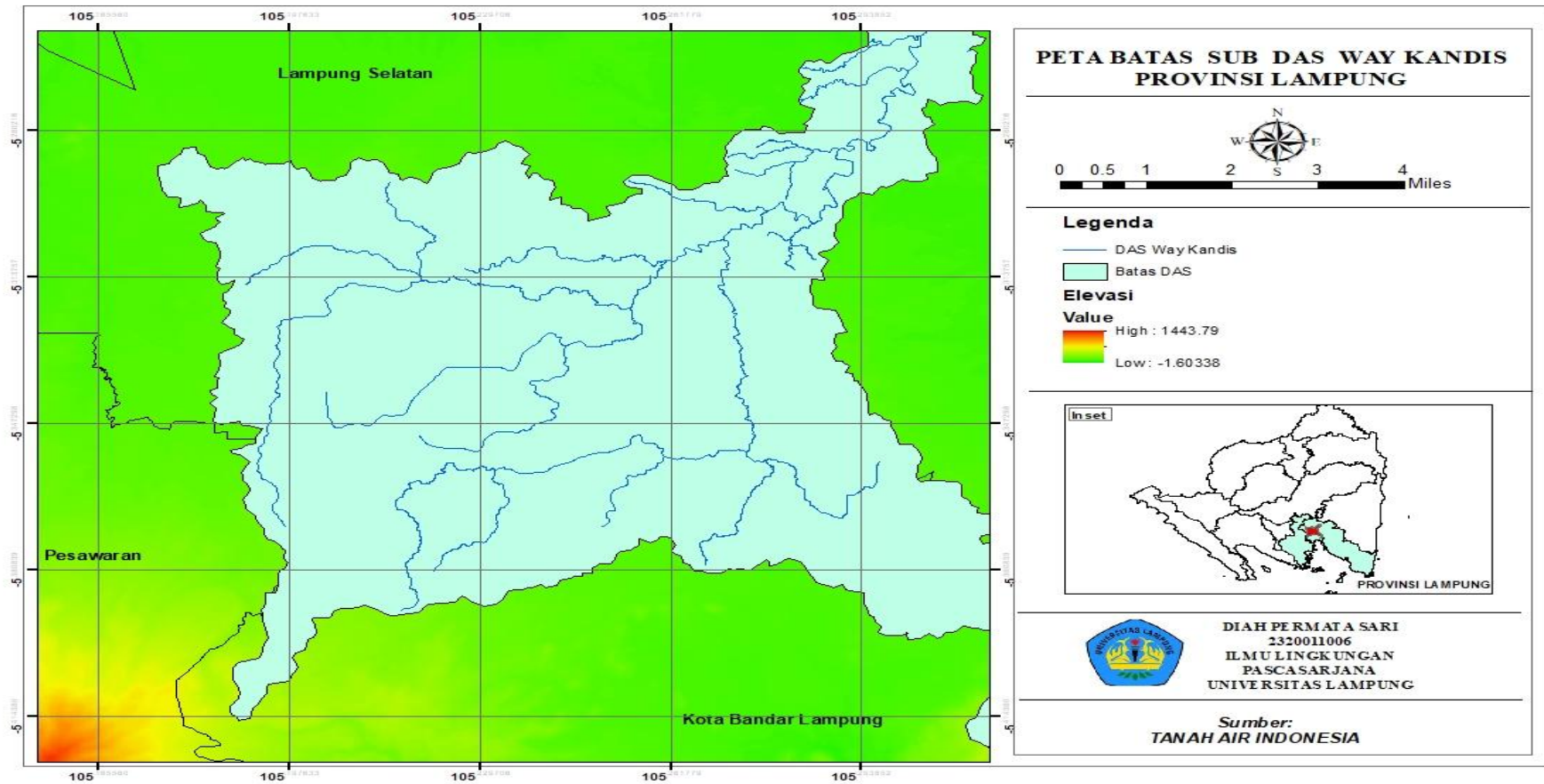
Karakteristik topografi Sub DAS Way Kandis menunjukkan variasi kemiringan lereng yang cukup kompleks dan beragam, yang secara langsung mempengaruhi pola aliran air di dalam sistem DAS tersebut. Pada bagian hulu, wilayah didominasi oleh morfologi berbukit dengan kemiringan lereng berkisar antara 8–15%, yang cenderung mempercepat proses aliran permukaan (runoff) akibat pengaruh gaya gravitasi yang relatif besar. Kondisi ini menyebabkan waktu konsentrasi aliran menjadi lebih singkat, sehingga air hujan yang jatuh di wilayah hulu akan lebih cepat terkumpul dan mengalir menuju bagian tengah dan hilir sungai. Akibatnya, potensi peningkatan debit secara tiba-tiba (flashy flow) menjadi lebih tinggi, terutama pada saat terjadi hujan dengan intensitas besar dalam waktu singkat.

Selanjutnya, pada bagian tengah Sub DAS, kondisi topografi mengalami perubahan menjadi wilayah bergelombang dengan kemiringan lereng berkisar antara 3–8%.

Pada zona ini, kecepatan aliran mulai mengalami penurunan dibandingkan dengan wilayah hulu, namun masih tetap memberikan kontribusi terhadap peningkatan volume aliran yang bergerak menuju hilir. Proses akumulasi debit pada bagian tengah ini menjadi faktor penting dalam menentukan besarnya debit puncak yang terjadi di bagian hilir, karena aliran dari hulu dan tengah akan bertemu dan memperbesar kapasitas aliran sungai.

Sementara itu, pada bagian hilir Sub DAS Way Kandis, kondisi topografi relatif datar dengan kemiringan lereng hanya berkisar antara 1–3%, yang menyebabkan kecepatan aliran air menurun secara signifikan. Kondisi topografi yang landai ini mengakibatkan kemampuan aliran untuk mengalir secara cepat menjadi berkurang, sehingga air cenderung tertahan dan mengalami akumulasi pada titik-titik tertentu. Hal ini berimplikasi langsung terhadap meningkatnya potensi genangan banjir, terutama ketika debit aliran yang datang dari bagian hulu dan tengah melebihi kapasitas penampang sungai. Fenomena ini sesuai dengan prinsip dalam Hidrologi yang menyatakan bahwa kemiringan lahan memiliki pengaruh signifikan terhadap kecepatan aliran dan distribusi air di dalam suatu daerah aliran sungai (Suripin, 2004).

Dengan demikian, variasi karakteristik topografi dari hulu hingga hilir di Sub DAS Way Kandis menunjukkan adanya hubungan yang erat antara kemiringan lereng, kecepatan aliran, serta potensi terjadinya genangan banjir. Kombinasi antara aliran cepat di hulu, akumulasi debit di bagian tengah, dan perlambatan aliran di hilir menjadi faktor utama yang menyebabkan wilayah ini memiliki tingkat kerentanan banjir yang cukup tinggi. Oleh karena itu, pemahaman terhadap kondisi topografi dan karakteristik hidrologi wilayah menjadi sangat penting sebagai dasar dalam analisis pemodelan banjir serta dalam penyusunan rekomendasi penanganan yang tepat, seperti perencanaan tanggul dan sistem pengendalian banjir lainnya.



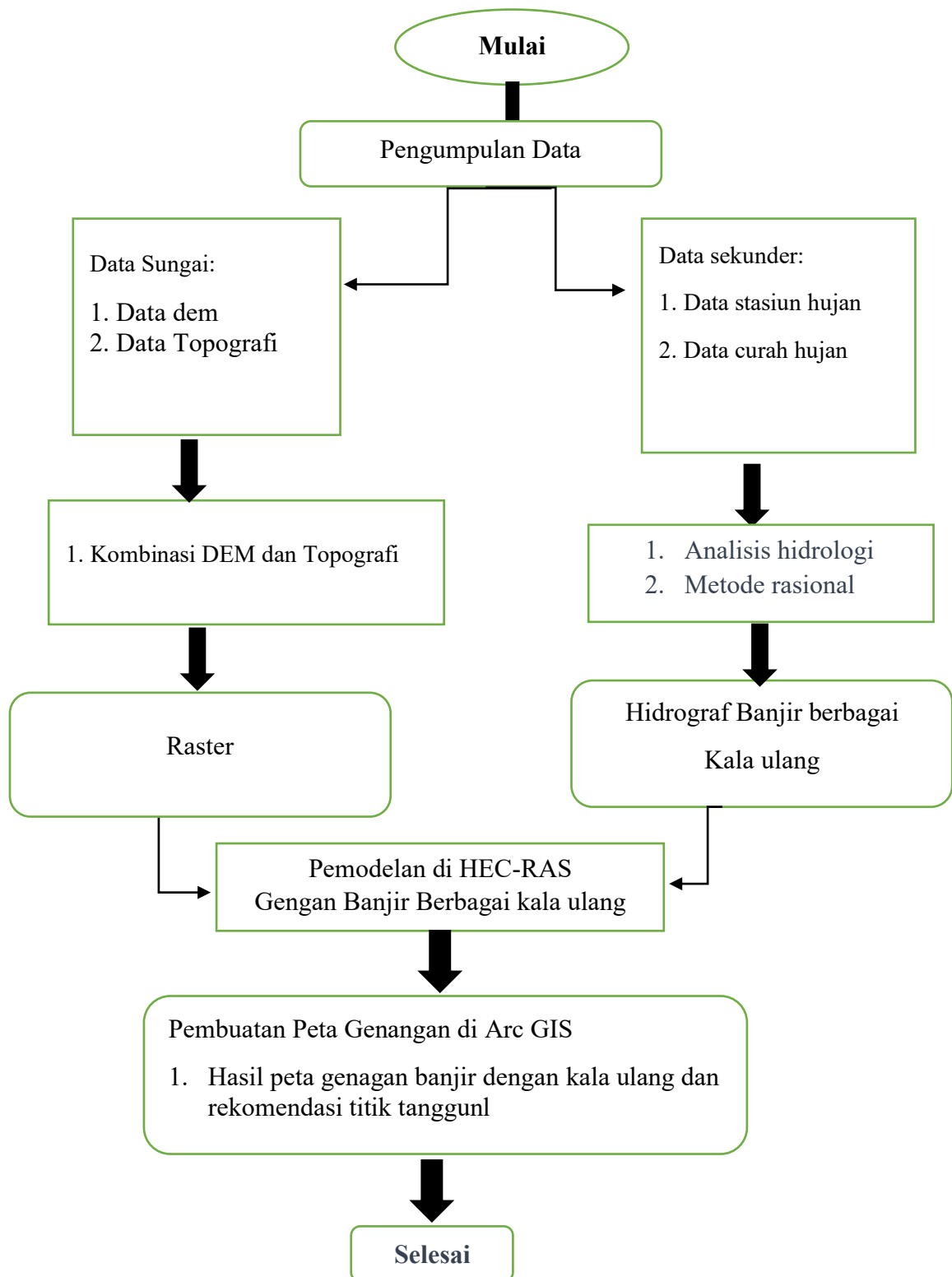
Gambar 4 Lokasi Penelitian Sub DAS Way Kandis

3.2. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis numerik dan pemodelan hidrodinamika untuk memperoleh gambaran yang akurat mengenai kondisi banjir di wilayah studi. Fokus utama penelitian ini adalah melakukan pemodelan banjir di Sub DAS Way Kandis dengan memanfaatkan perangkat lunak HEC-RAS guna memetakan sebaran genangan banjir pada berbagai periode ulang tertentu. Pemodelan ini dipilih karena memiliki kemampuan untuk merepresentasikan perilaku aliran sungai secara detail, baik dari segi tinggi muka air, kecepatan aliran, maupun distribusi genangan, sehingga dapat digunakan untuk memprediksi dampak banjir terhadap wilayah sekitarnya secara lebih akurat (USACE, 2016).

Pendekatan kuantitatif digunakan dalam penelitian ini karena fenomena banjir sangat dipengaruhi oleh variabel fisik dan hidrologis yang dapat diukur secara numerik, seperti debit puncak, elevasi muka air, kapasitas penampang sungai, serta kondisi topografi wilayah. Melalui analisis numerik, setiap parameter tersebut dihitung secara sistematis dan objektif dengan menggunakan data yang tersedia, sehingga menghasilkan model yang mampu merepresentasikan kondisi lapangan secara mendekati keadaan sebenarnya. Pendekatan ini juga memungkinkan dilakukan simulasi berbagai skenario debit banjir untuk mengetahui respon sistem sungai terhadap perubahan kondisi hidrologi.

Pemodelan hidrodinamika menggunakan HEC-RAS dilakukan dengan memanfaatkan data geometri sungai, data muka air, data curah hujan, serta debit aliran hasil analisis hidrologi. Model ini mampu mensimulasikan aliran satu dimensi (1D) maupun dua dimensi (2D), sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai pola aliran air di dalam sungai maupun di dataran banjir. Hasil simulasi yang diperoleh meliputi sebaran aliran permukaan, kedalaman banjir, kecepatan aliran, serta luas genangan yang terjadi pada berbagai periode ulang, seperti 5, 10, 25, 50, hingga 100 tahun. Selanjutnya, hasil simulasi tersebut dianalisis secara lebih mendalam untuk mengetahui perubahan luasan genangan serta tingkat risiko banjir terhadap berbagai aspek penggunaan lahan, seperti permukiman, lahan pertanian, dan infrastruktur. Analisis ini menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi Tanggul.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

3.3. Pengumpulan data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang berkaitan dengan kejadian banjir serta karakteristik hidrologi dan hidraulika di wilayah DAS Way Sekampung. Data yang dikumpulkan berupa data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari instansi terkait serta hasil dokumentasi penelitian sebelumnya. Penggunaan data sekunder dalam penelitian ini dipertimbangkan karena memiliki cakupan temporal yang relatif panjang serta tingkat keandalan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, terutama dalam kajian hidrologi yang membutuhkan data historis untuk analisis frekuensi dan prediksi kejadian ekstrem (Suripin, 2004).

Dalam penelitian ini, data yang digunakan difokuskan pada tiga jenis data utama, yaitu data curah hujan, data debit, dan data topografi dalam bentuk Digital Elevation Model (DEM). Ketiga jenis data tersebut dipilih karena telah mewakili komponen utama dalam analisis hidrologi dan hidraulika, yaitu input berupa curah hujan, proses berupa aliran atau debit, serta kondisi fisik wilayah berupa topografi (Chow, 1959). Data curah hujan digunakan untuk menghitung besarnya hujan rencana, yang kemudian diolah menjadi debit banjir melalui analisis hidrologi. Selanjutnya, data debit digunakan sebagai input utama dalam pemodelan aliran, sedangkan data topografi digunakan untuk menggambarkan kondisi permukaan lahan yang mempengaruhi arah aliran dan sebaran genangan banjir.

Dalam proses pemodelan, data topografi berbasis DEM sangat berperan dalam menentukan akurasi hasil simulasi, karena data ini digunakan untuk membentuk geometri permukaan yang akan dianalisis dalam model hidraulika. Sementara itu, data debit dan curah hujan menjadi parameter utama dalam menentukan besarnya aliran yang akan disimulasikan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS, sehingga ketiga jenis data tersebut saling berkaitan dan tidak dapat dipisahkan dalam menghasilkan model banjir yang representatif (USACE, 2016). Adapun penjelasan masing-masing data adalah sebagai berikut:

1. Data Curah Hujan

Data curah hujan digunakan sebagai dasar dalam analisis hidrologi untuk menentukan besarnya hujan rencana. Data ini umumnya diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika atau instansi terkait lainnya. Data yang digunakan berupa curah hujan maksimum harian dalam periode tertentu, yang selanjutnya diolah menggunakan analisis frekuensi untuk mendapatkan hujan dengan kala ulang tertentu. Hasil analisis ini akan digunakan untuk menentukan debit banjir rencana.

2. Data Debit

Data debit digunakan untuk mengetahui besarnya aliran sungai yang terjadi, baik pengukuran langsung maupun hasil perhitungan hidrologi. Dalam penelitian ini, data debit berfungsi sebagai parameter utama dalam analisis hidraulika, khususnya untuk mengevaluasi kapasitas penampang sungai terhadap debit banjir. Selain itu, data debit juga dapat digunakan sebagai pembandingan atau validasi terhadap hasil perhitungan debit rencana.

3. Data Digital Elevation Model (DEM)

Data DEM digunakan untuk menggambarkan kondisi topografi wilayah penelitian, termasuk elevasi permukaan tanah, kemiringan lereng, serta arah aliran air. Data ini sangat penting dalam analisis hidraulika karena digunakan untuk membangun geometri sungai dan menentukan profil aliran. Selain itu, DEM juga berperan dalam proses identifikasi daerah genangan banjir, karena wilayah dengan elevasi rendah cenderung memiliki potensi genangan yang lebih tinggi.

Penggunaan ketiga jenis data tersebut telah mencukupi untuk mendukung analisis dalam penelitian ini, di mana data curah hujan digunakan untuk menentukan input hidrologi, data debit untuk menggambarkan kondisi aliran, dan data DEM untuk merepresentasikan kondisi fisik wilayah. Dengan demikian, keterpaduan ketiga data ini memungkinkan dilakukannya analisis banjir secara komprehensif, mulai dari perhitungan debit hingga pemodelan genangan.

3.4. Jenis, Sumber Data dan Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data yang digunakan terdiri dari beberapa jenis data yang diperoleh dari berbagai instansi terkait yang memiliki kewenangan dan kredibilitas dalam penyediaan informasi hidrologi dan spasial. Data yang dikumpulkan merupakan data sekunder yang digunakan untuk mendukung proses analisis hidrologi, hidraulika, serta pemodelan genangan banjir. Setiap jenis data memiliki fungsi dan peran yang berbeda dalam tahapan penelitian, mulai dari perhitungan curah hujan rencana, penentuan debit banjir, hingga pemodelan topografi dan sebaran genangan. Oleh karena itu, pemilihan sumber data dilakukan secara selektif dengan mempertimbangkan tingkat keakuratan, kelengkapan, serta kesesuaian dengan kebutuhan penelitian. Secara rinci, jenis data yang digunakan, sumber data, serta keterangannya disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Jenis data dan sumber data

Jenis Data	Sumber	Keterangan
Data Curah Hujan Harian	BMKG	Tahun 1995–2024
Data Topografi (DEM)	BIG	Resolusi 8–30 m
Peta Administratif dan Jaringan Sungai	BIG	Format shapefile
Data Historis Banjir	BNPB, BPBD Provinsi Lampung	Dokumentasi kejadian banjir

3.5. Analisis Hidrologi

3.5.1. Pengelolaan Data Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan langkah kunci dalam perencanaan pengendalian banjir, khususnya dalam menghitung debit banjir rencana yang diperlukan untuk merancang sistem tanggul atau infrastruktur pengendalian banjir lainnya. Salah satu komponen utama dalam analisis ini adalah penggunaan data curah hujan untuk menentukan besarnya hujan wilayah yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan debit banjir. Dalam penelitian ini, pengolahan data curah hujan dilakukan menggunakan metode rata-rata aritmatika, yaitu metode sederhana yang menghitung rata-rata curah hujan dari beberapa stasiun hujan dengan asumsi bahwa distribusi hujan relatif merata di seluruh wilayah kajian.

Metode rata-rata aritmatika banyak digunakan dalam analisis hidrologi karena kemudahannya dalam penerapan serta tidak memerlukan pembobotan khusus terhadap masing-masing stasiun hujan. Metode ini dinyatakan dengan menjumlahkan seluruh data curah hujan dari stasiun pengamatan, kemudian dibagi dengan jumlah stasiun yang digunakan. Pendekatan ini dianggap cukup representatif apabila kondisi topografi relatif homogen dan distribusi stasiun hujan tersebar secara merata di dalam wilayah daerah aliran sungai (DAS). Menurut Suripin (2004), metode rata-rata aritmatika merupakan salah satu metode dasar dalam penentuan curah hujan wilayah yang umum digunakan dalam analisis hidrologi, khususnya pada daerah dengan variasi spasial curah hujan yang tidak terlalu kompleks.

Selanjutnya, hasil perhitungan curah hujan wilayah tersebut digunakan sebagai dasar dalam analisis lanjutan, seperti perhitungan debit banjir rencana dan pemodelan aliran menggunakan perangkat lunak HEC-RAS. Dengan demikian, penggunaan metode rata-rata aritmatika dalam penelitian ini berperan sebagai tahap awal yang penting dalam memastikan bahwa input data curah hujan yang digunakan dalam pemodelan memiliki representasi yang sesuai terhadap kondisi wilayah studi.

3.5.2. Analisis Debit Banjir

Perhitungan Debit Banjir menggunakan Metode Rasional Setelah mendapatkan data curah hujan, langkah selanjutnya adalah perhitungan debit banjir menggunakan metode Rasional. Metode ini digunakan untuk menghitung debit puncak banjir (Q) yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti koefisien limpasan (C), intensitas hujan (I), dan luas DAS. Koefisien limpasan mengacu pada besaran proporsi air hujan yang mengalir ke permukaan, dan untuk DAS Way Sekampung misalnya, nilai C diperkirakan sekitar 0.5. Intensitas hujan yang diukur dalam mm/jam serta luas DAS yang dihitung dalam km^2 juga mempengaruhi besar debit banjir yang diperkirakan (Asdak, 2010).

Penentuan waktu konsentrasi menggunakan Metode Kirpich merupakan salah satu tahapan penting dalam analisis hidrologi. Waktu konsentrasi (T_c) adalah waktu yang dibutuhkan oleh air hujan untuk mengalir dari titik terjauh di dalam daerah aliran sungai (DAS) menuju ke outlet atau titik keluaran. Parameter ini sangat penting karena berpengaruh terhadap pembentukan debit puncak banjir, di mana semakin kecil nilai T_c ,

maka respon aliran terhadap hujan akan semakin cepat dan berpotensi meningkatkan debit puncak (Chow, 1959).

Metode Kirpich digunakan untuk menghitung waktu konsentrasi berdasarkan panjang aliran utama (L) dan kemiringan DAS (S). Kedua variabel ini menjadi faktor utama yang menentukan kecepatan aliran air hujan menuju outlet, sehingga sangat berpengaruh terhadap karakteristik hidrograf banjir. Metode ini dikembangkan berdasarkan hasil penelitian empiris dan banyak digunakan dalam analisis hidrologi, khususnya untuk daerah aliran sungai dengan ukuran kecil hingga menengah (Kirpich, 1940).

Menurut V. T. Chow (1959), waktu konsentrasi merupakan parameter kunci dalam analisis limpasan karena mencerminkan waktu respon suatu DAS terhadap curah hujan. Selain itu, Z. P. Kirpich (1940) menyatakan bahwa hubungan antara panjang aliran dan kemiringan DAS dapat digunakan untuk memperkirakan waktu konsentrasi secara empiris melalui persamaan yang sederhana namun cukup representatif untuk perencanaan hidrologi.

Dengan demikian, penggunaan Metode Kirpich dalam penelitian ini bertujuan untuk memperoleh nilai waktu konsentrasi yang akan digunakan dalam analisis debit banjir, sehingga hasil perhitungan yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi aliran yang terjadi di wilayah studi secara lebih akurat.

Analisis ini memberikan dasar yang kuat untuk merencanakan sistem pengendalian banjir yang efektif, karena memperhitungkan karakteristik hidrologi spesifik dari wilayah tersebut. Metode-metode yang digunakan dalam analisis ini diambil dari literatur yang diakui secara luas, seperti yang dijelaskan oleh Chow et al. (1988) dan Asdak (2010), yang memberikan pemahaman mendalam tentang perhitungan hidrologi yang relevan untuk perencanaan infrastruktur pengendalian banjir.

Tahapan pengolahan data hidrologi ini dilakukan untuk memproyeksi besaran debit banjir rancangan yang menjadi input krusial bagi analisis teknis selanjutnya. Analisis ini mencakup estimasi debit untuk berbagai periode ulang, yaitu 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun. Proses dimulai dengan penghitungan curah hujan rata-rata tahunan melalui prosedur sistematis berikut:

Metodologi Pengolahan Data Hujan

1. Integrasi Stasiun Pengamat: Memanfaatkan data dari dua stasiun hujan yang representatif di wilayah studi.
2. Deliniasi Area Pengaruh: Luas pengaruh dari masing-masing stasiun diidentifikasi menggunakan Metode Poligon Thiessen. Prinsip kerja metode ini adalah membagi wilayah berdasarkan jarak terdekat ke tiap stasiun hujan Scribd.
3. Analisis Curah Hujan Rancangan: Menghitung curah hujan area (areal rainfall) dengan menerapkan bobot luas poligon Thiessen terhadap data curah hujan titik.
4. Studi Frekuensi dan Probabilitas: Melakukan analisis statistik untuk menentukan distribusi peluang yang paling sesuai dengan karakteristik data lapangan.
5. Estimasi Hujan Rencana: Menghasilkan nilai curah hujan rencana yang akan dikonversi menjadi debit banjir menggunakan permodelan hidrologi

3.5.3. Metode Perhitungan Hidrologi.

Beberapa metode yang digunakan untuk analisis hidrologi antara lain:

- *Metode Nakayasu*: digunakan untuk membentuk hidrograf satuan sintetis berdasarkan karakteristik hujan dan DAS (Triatmodjo, 2008).
- *Analisis Frekuensi Gumbel*: digunakan untuk menentukan besar debit banjir rencana berdasarkan data historis curah hujan atau debit (Kodoatie & Syarief, 2006).

Kedua metode ini sering digunakan dalam kajian hidrologi karena memiliki pendekatan yang sesuai untuk DAS dengan data terbatas. Model hidrologi digunakan untuk memperkirakan besar debit air hujan yang akan masuk ke dalam sistem aliran sungai.

3.5.4 Analisis Hidraulika Pengaruh Kala Ulang terhadap Volume dan Intensitas Banjir

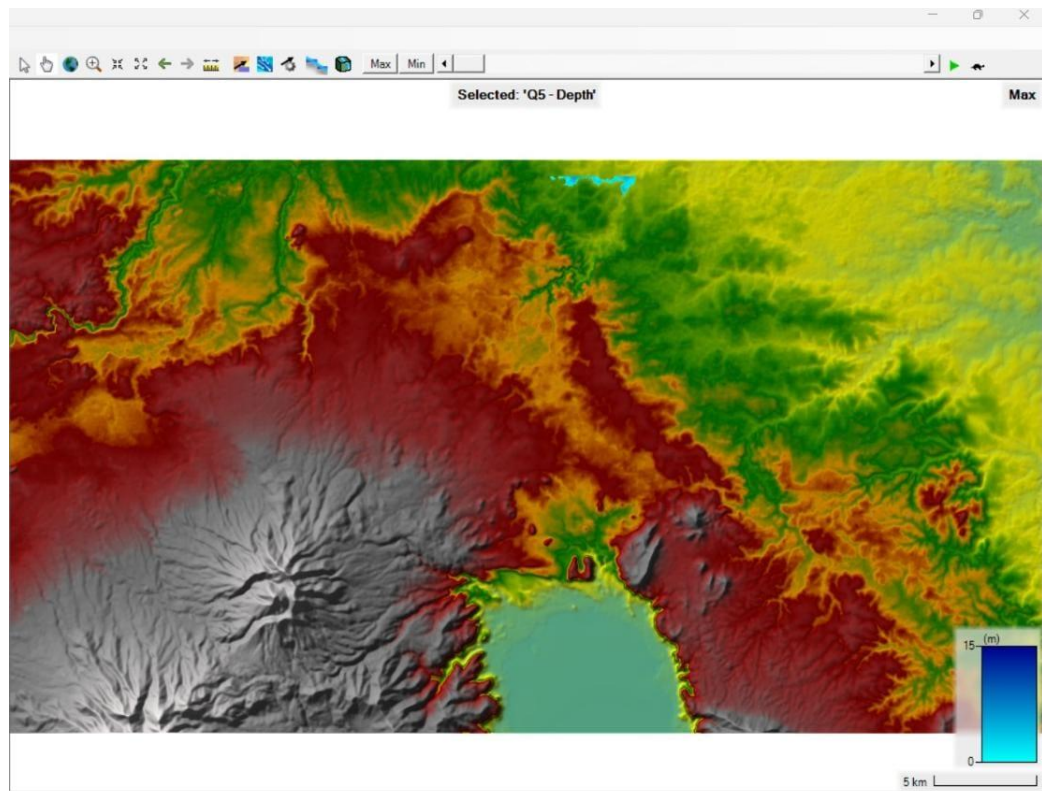
Kala ulang yang lebih tinggi umumnya dikaitkan dengan volume dan intensitas banjir yang lebih besar. Dengan kata lain, semakin panjang kala ulang, maka semakin besar potensi debit maksimum yang terjadi, sehingga diperlukan kapasitas infrastruktur yang lebih tinggi pula (Brunner, 2021). Oleh karena itu, penggunaan kala ulang dalam berbagai

skenario (misalnya 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun) sangat membantu dalam perencanaan mitigasi dan manajemen risiko banjir yang berkelanjutan.

3.6. Analisis HEC RAS

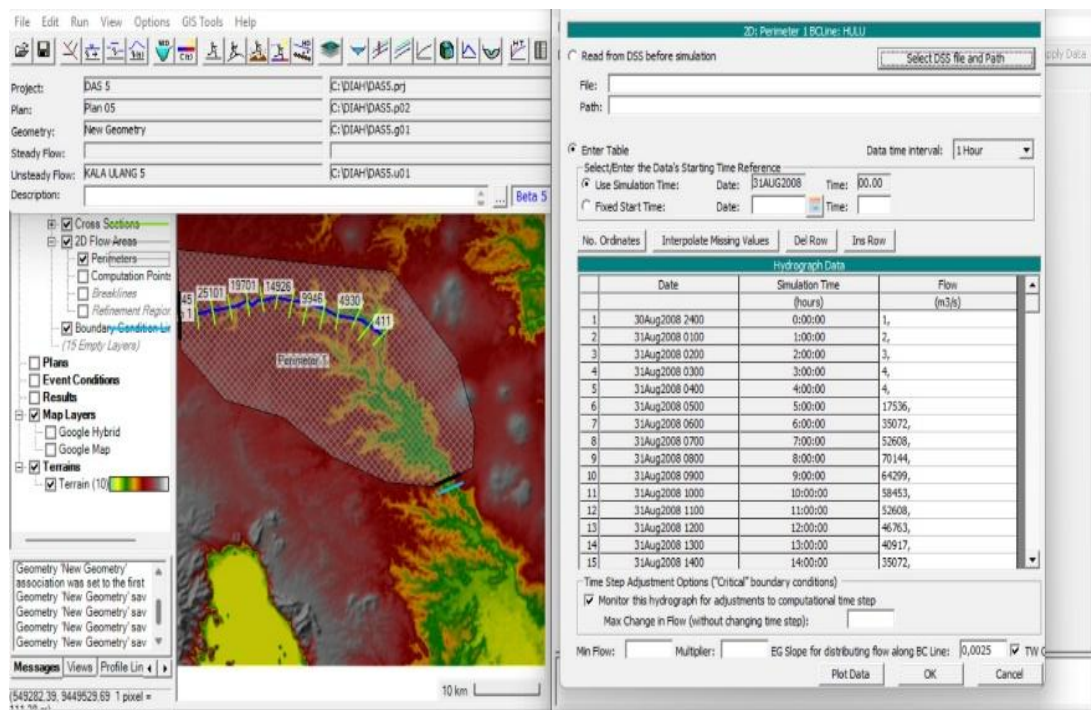
3.6.1. Input Data HEC-RAS Sub DAS Way sekampung

Simulasi genangan banjir dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS dengan mengoptimalkan fitur RAS Mapper. Keunggulan fitur ini terletak pada kemampuannya memvisualisasikan persebaran banjir secara spasial, lengkap dengan data kedalaman serta kecepatan alirannya. Komponen utama dalam analisis ini adalah data Digital Elevation Model (DEM) wilayah studi, yang kemudian diintegrasikan dengan data hasil pengukuran lapangan untuk meningkatkan akurasi model. Pada sistem Sub DAS Way Kandis, integrasi data DEM dan pengukuran ini mencakup seluruh bentang sungai, mulai dari segmen hulu hingga ke hilir. Representasi visual mengenai input data DEM untuk model Sub DAS Way Kandis dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Input Data DEM Sub Das Way Kandis

Selain data DEM yang tersaji pada Gambar 7, pemodelan menggunakan HEC-RAS juga memerlukan input data boundary condition (kondisi batas). Pada bagian hulu sungai, input data yang digunakan adalah debit sungai yang bersumber dari hasil analisis hidrologi sebelumnya. Sementara itu, untuk bagian hilir sungai, kondisi batas ditentukan berdasarkan data pasang surut air laut. Detail mengenai input boundary condition pada sistem Sub DAS Way Kandis ini masing-masing ditampilkan secara berurutan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Input Data Curah hujan di HEC-RAS

3.6.2. Output HEC-RAS Sistem Sub DAS Way Kandis

Di samping data topografi berupa DEM yang telah dipaparkan pada Gambar 7, keberhasilan simulasi dalam perangkat lunak HEC-RAS juga sangat bergantung pada penetapan parameter boundary condition atau kondisi batas yang akurat. Dalam pemodelan sistem Sub DAS Way Kandis ini, batasan di sisi hulu sungai ditetapkan berdasarkan nilai hidrograf banjir yang diperoleh dari hasil analisis debit rencana. Sementara itu, untuk merepresentasikan kondisi di titik akhir aliran, sisi hilir sungai menggunakan data fluktuasi pasang surut air laut sebagai parameter utamanya. Seluruh rangkaian input kondisi batas yang diaplikasikan ke dalam model HEC-RAS untuk

wilayah studi ini dapat dicermati lebih detail melalui visualisasi yang disajikan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 8.. Contoh tampilan genangan banjir di DAS pada software HEC-RAS

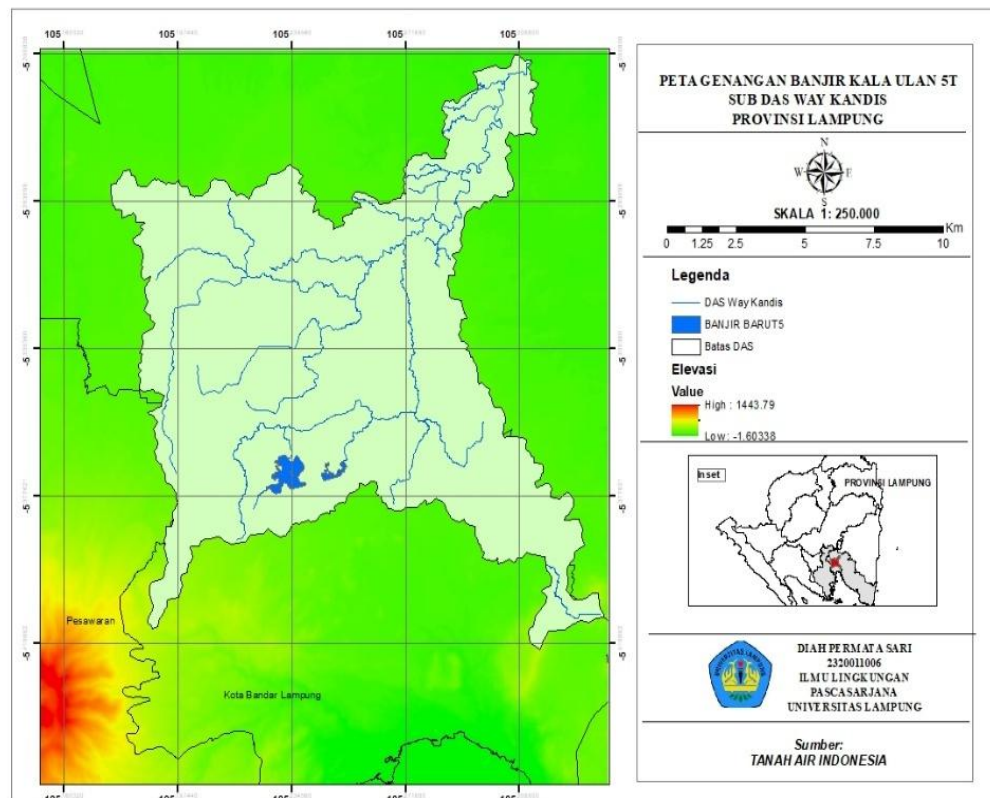
3.6.3. Input ARC-GIS Sistem Sub DAS Way Kandis

Dalam perencanaan pengendalian banjir, simulasi banjir menjadi salah satu langkah penting untuk memprediksi potensi genangan dan dampak dari banjir terhadap wilayah tertentu. Hasil simulasi banjir ini kemudian diekspor ke dalam format shapefile, yang merupakan format data spasial yang sering digunakan dalam sistem Sistem Informasi Geografis (SIG) seperti ArcGIS. Shapefile memungkinkan data geospasial disimpan dalam bentuk vektor, yang membuatnya mudah dianalisis dan divisualisasikan dalam peta untuk evaluasi lebih lanjut (Esri, 2020).

Setelah data simulasi diekspor, perangkat lunak SIG digunakan untuk melakukan analisis lebih mendalam dan menghasilkan produk akhir berupa beberapa peta yang sangat penting dalam perencanaan pengendalian banjir. Produk pertama adalah peta kontur elevasi dasar sungai. Peta ini menggambarkan variasi ketinggian dasar sungai, yang membantu untuk memahami bagaimana topografi sungai dan sekitarnya mempengaruhi

aliran air dan potensi area yang akan tergenang. Pemahaman yang baik tentang kontur dasar sungai sangat penting dalam perencanaan infrastruktur pengendalian banjir seperti tanggul dan saluran drainase (Chow et al., 1988).

Selanjutnya, perangkat SIG menghasilkan peta batas genangan banjir yang menunjukkan area yang terendam air pada berbagai periode ulang, seperti periode ulang 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun. Peta ini sangat penting karena memungkinkan perencana untuk memetakan dan mengevaluasi area yang paling rentan terhadap banjir dalam jangka waktu tertentu, sehingga keputusan terkait pengelolaan risiko banjir dapat dibuat dengan lebih tepat (Asdak, 2010). Perhitungan berdasarkan periode ulang ini memberi gambaran tentang seberapa sering suatu kejadian banjir dengan intensitas tertentu dapat terjadi, yang merupakan komponen utama dalam desain sistem perlindungan banjir. Selain itu, peta kedalaman dan luas genangan dihasilkan dari simulasi untuk memberikan gambaran lebih detail tentang seberapa dalam dan sejauh mana area akan tergenang banjir. Proses ini menggambarkan bagaimana simulasi banjir dan teknologi SIG saling mendukung untuk meningkatkan efektivitas perencanaan dan mitigasi risiko banjir, memastikan bahwa keputusan yang diambil berdasarkan analisis yang akurat dan data yang terpercaya. Contoh hasil Peta genangan banjir dapat di lihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Contoh Peta Gengan Banjir Di ARC GIS

3.7. Rekomendasi titik Tanggul Pengendali Banjir

Perancangan tanggul untuk pengendalian banjir memerlukan perhatian yang cermat terhadap berbagai faktor teknis dan kondisi lokal yang dapat mempengaruhi keberhasilan struktur tersebut dalam menghadapi potensi banjir. Hasil simulasi genangan sangat penting untuk menentukan ketinggian dan dimensi tanggul yang tepat, dengan memperhatikan beberapa aspek, seperti tinggi muka air maksimum, jarak terhadap permukiman, dan material konstruksi yang digunakan. Setiap aspek ini memastikan bahwa tanggul tidak hanya efektif dalam menghalangi aliran air tetapi juga aman bagi masyarakat di sekitarnya (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2017).

Salah satu prinsip dasar dalam perancangan tanggul Adaptif adalah bahwa tinggi tanggul harus setidaknya 50 hingga 100 cm lebih tinggi dari muka air banjir maksimum yang diprediksi. Peninggian ini penting untuk mengantisipasi fluktuasi air yang bisa terjadi selama banjir, serta untuk memberikan margin keamanan terhadap kemungkinan perubahan kondisi hidrologi yang tidak terduga. Dengan demikian, perancangan tanggul

yang lebih tinggi dari muka air maksimum membantu mengurangi risiko kerusakan pada struktur dan lingkungan di sekitarnya (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2017).

Selain itu, lebar puncak tanggul juga menjadi faktor kritis dalam desain. Lebar puncak yang minima 2meter diperlukan untuk memastikan stabilitas struktural tanggul, agar dapat menahan beban tanah dan air tanpa mengalami kerusakan atau kegagalan struktur. Lebar ini juga memungkinkan untuk ruang yang cukup bagi perawatan dan pemeliharaan tanggul di masa depan, serta untuk akses selama proses konstruksi atau pemantauan (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017).

Kemiringan lereng tanggul menjadi pertimbangan berikutnya, yang umumnya ditentukan dengan rasio 1:2 (vertikal: horizontal). Rasio ini berarti bahwa untuk setiap 1meter vertikal, lereng tanggul harus memiliki panjang horizontal 2meter. Kemiringan lereng ini ditentukan untuk memastikan kestabilan tanggul, mengingat bahwa kemiringan yang terlalu curam bisa menyebabkan longsor, sementara kemiringan yang terlalu landai bisa mengurangi efisiensi tanggul dalam menahan air. Pemilihan rasio 1:2 memberikan keseimbangan antara stabilitas struktural dan efisiensi ruang, serta mempertimbangkan kondisi tanah di sekitar lokasi tanggul (SNI 03-3453-2005).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Pola Distribusi Areal Terdampak Banjir Pola distribusi banjir di Sub DAS Way Kandis menunjukkan tren ekspansi spasial yang signifikan seiring dengan meningkatnya kala ulang. Berdasarkan analisis hidrologi (kala ulang 5 hingga 100 tahun), titik-titik rawan banjir terkonsentrasi di sepanjang bantaran sungai utama, terutama pada wilayah dengan topografi rendah dan kerapatan jaringan sungai yang tinggi. Peningkatan debit rancangan pada kala ulang yang lebih besar menyebabkan air meluap melampaui kapasitas tampung sungai (overtopping), sehingga jangkauan genangan semakin luas ke arah pemukiman dan lahan pertanian penduduk.

2. Sebaran Luas dan Kedalaman Genangan (HEC-RAS & ArcGIS) Hasil simulasi menggunakan HEC-RAS 2D dan ArcGIS menunjukkan bahwa sebaran genangan banjir memiliki karakteristik yang bervariasi antara wilayah hulu dan hilir: Wilayah Hilir: Merupakan area yang paling terdampak dengan luas genangan terbesar dan kedalaman yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh backwater effect akibat pengaruh pasang surut air laut setinggi 1,2 meter yang menghambat aliran menuju muara hingga sejauh 1700 meter. Wilayah Hulu: Genangan cenderung lebih terlokalisasi di sekitar palung sungai dengan kecepatan arus yang lebih tinggi, namun kedalaman genangan tetap meningkat secara bertahap pada setiap kala ulang seiring dengan perubahan input boundary condition berupa debit banjir yang semakin besa

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian maupun penerapan di lapangan, antara lain:

1. Pengembangan Data

Disarankan untuk menggunakan data dengan resolusi yang lebih tinggi, terutama data topografi (DEM) dan data curah hujan, agar hasil pemodelan genangan banjir menjadi lebih akurat dan representatif terhadap kondisi lapangan.

2. Pengembangan Metode

Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode analisis hidrologi yang lebih kompleks, seperti distribusi frekuensi hujan atau model hidrologi terintegrasi, untuk memperoleh hasil debit banjir yang lebih akurat.

3. Perencanaan Infrastruktur

Pemerintah daerah diharapkan dapat mempertimbangkan hasil penelitian ini sebagai dasar dalam perencanaan pembangunan tanggul, normalisasi sungai, serta peningkatan sistem drainase di wilayah rawan banjir.

4. Pendekatan Terpadu

Pengendalian banjir sebaiknya tidak hanya mengandalkan struktur fisik, tetapi juga dikombinasikan dengan pendekatan non-struktural, seperti pengelolaan tata guna lahan, konservasi daerah hulu, serta peningkatan kesadaran masyarakat terhadap risiko banjir.

5. Pengembangan Pemodelan

Disarankan untuk mengembangkan pemodelan menggunakan simulasi dua dimensi (2D) secara lebih detail dalam HEC-RAS agar dapat menggambarkan sebaran genangan banjir secara lebih realistis.

Daftar Pustaka

- Aprizal, A., & Meris, A. (2020). *Aplikasi HEC-RAS dalam pengendalian banjir Sungai Way Kandis – Lampung Selatan*. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 7(1), 1–8. <https://doi.org/10.21063/JTS.2019.V701.01>
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). (2023). *Data curah hujan ekstrem di Indonesia*. Jakarta: BMKG.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2016). *Kajian risiko bencana Indonesia tahun 2015*. Jakarta: BNPB.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2016). *Peta risiko bencana banjir nasional*. Jakarta: BNPB.
- Bakri, S., Setiawan, A., & Nurhaida, I. (2019). *Jasa lingkungan hutan: Kontribusi produk ekonomi-ekologis bagi pembangunan berkelanjutan*. CV Anugerah Utama Raharja. ISBN 978-623-211-023-6.
- Balai Wilayah Sungai Mesuji-Sekampung. (2021). *Laporan kegiatan pengelolaan sumber daya air tahun 2021*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Balai Wilayah Sungai Mesuji-Sekampung. (2021). *Laporan tahunan pengelolaan sumber daya air di wilayah sungai Mesuji-Sekampung*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

- Balai Wilayah Sungai Mesuji-Sekampung. (2021). *Laporan teknis pengelolaan sumber daya air di DAS Way Sekampung*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Bappenas. (2021). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020–2024: Ketahanan terhadap Bencana dan Perubahan Iklim*. Jakarta:
- Basuki, R. A., Purnomo, H., & Sudradjat, A. (2018). Studi stabilitas tanggul banjir menggunakan metode elemen hingga. *Jurnal Teknik Pengairan*, 9(1), 17–24. Malang: Universitas Brawijaya.
- Basuki, R., Santosa, P. B., & Harimurti, M. (2018). Analisis efektivitas tanggul dalam mengurangi risiko banjir di DAS Bengawan Solo. *Jurnal Teknik Pengairan*, 9(1), 23–32.
- BMKG. (2023). *Data Curah Hujan Historis Provinsi Lampung*. Jakarta: BMKG. Diakses dari <https://www.bmkg.go.id>
- BMKG. (2023). *Informasi Iklim Indonesia Tahun 2023*. Jakarta: BMKG. Diakses dari <https://www.bmkg.go.id>
- BNPB. (2016). *Kajian Risiko Bencana Indonesia Tahun 2015*. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Diakses dari <https://bnpb.go.id>
- BNPB. (2016). *Panduan Praktis Pengkajian Risiko Bencana*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- BNPB. (2016). *Pedoman Umum Rencana Kontinjensi Banjir*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- BNPB. (2019–2022). *Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI)*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Diakses dari <https://dibi.bnpb.go.id/>
- BPS Provinsi Lampung. (2023). *Lampung dalam Angka 2023*. Bandar Lampung: Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. Diakses dari
- Brunner, G. W. (2021). *HEC-RAS River Analysis System hydraulic reference manual (Version 6.0)*. U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.

- Brunner, G. W. (2021). *HEC-RAS River Analysis System User's Manual Version 5.0.7*. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
- Brunner, G. W. (2021). *HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual Version 6.0*. U.S. Army Corps of Engineers.
- BWS Mesuji-Sekampung. (2021). *Dokumen Teknis Data Penampang Sungai Way Sekampung*. Balai Wilayah Sungai Mesuji-Sekampung.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied hydrology*. McGraw-Hill.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2017). *Petunjuk teknis perencanaan tanggul pengendali banjir*.
- Fakultas Pertanian Universitas Lampung. (2023). *Strategi pengelolaan banjir dalam rangka menghadapi perubahan iklim di Provinsi Lampung*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Hadi, S., Nugroho, W., & Arifianto, D. (2021). *Strategi Tanggul Adaptif Berbasis Multiskenario Hidrologi di DAS Citarum Hulu*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil.
- Hidayat, R. (2020). *Pemodelan banjir menggunakan HEC-RAS 2D*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.857411>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2010). *Dokumen rencana pengelolaan DAS Way Sekampung*. Jakarta: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2014). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta: Kementerian PUPR.

- Kementerian Pekerjaan Umum. (2010). *Kajian pengelolaan sumber daya air wilayah Sungai Way Sekampung*. Jakarta: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Kementerian PUPR. (2010). *Laporan master plan pengelolaan DAS Way Sekampung*. Jakarta: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.
- Kementerian PUPR. (2010). *Panduan perencanaan pengendalian banjir*. Jakarta: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.
- Kodoatie, R. J., & Syarief, R. (2006). *Pengelolaan banjir terpadu di wilayah perkotaan*. Yogyakarta: Andi.
- Kodoatie, R. J., & Syarief, S. (2006). *Pengelolaan daerah aliran sungai*. Yogyakarta: Andi.
- Mesuji-Sekampung. (2021). *Laporan teknis: Evaluasi kapasitas aliran sungai Way Sekampung*. Bandar Lampung: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Mukaromah, L., Safitri, G., Listiana, F., Permata Sari, N., Sobita, N. E., Purwaningsih, V. T., & Hudani, M. M. (2024). *Resiliensi tantangan bencana banjir di Lampung: Peran kepadatan dan pendidikan*. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis (EK&BI)*, 7(2), 66–74. <https://doi.org/10.37600/ekbi.v7i2.1650>
- Nguyen, D., van der Zaag, P., & Smits, J. (2020). Adaptive Flood Protection Infrastructure under Climate Change: Case Study in Southeast Asia. *Water*, 12(3), 741. <https://doi.org/10.3390/w12030741>
- Pambudi, R. N. (2023). *Dataset Kejadian Banjir dan Variabel Pendukung* [Data set]. Kaggle. <https://www.kaggle.com/datasets/ramadhannurpambudi/dataset-kejadian-banjir-dan-variabel-pendukung>

- Putra, R. A., Syafril, S., & Hartati, H. (2020). Analisis Curah Hujan dan Debit Banjir di DAS Way Sekampung. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Lampung*.
- Ramadhani, M. A., Amin, M., Ridwan, R., & Tusi, A. (2023). Analisis tingkat kerawanan bencana banjir di Kota Bandar Lampung berbasis GIS dan citra Landsat 8 OLI. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2(4), 510–514. <https://doi.org/10.23960/jabe.v2i4.8392>
- Rosyidie, A. (2013). Kajian risiko banjir perkotaan di Kota Bandung. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 24(2), 145–158.
- Rosyidie, A. (2013). Permasalahan tata ruang dan lingkungan perkotaan. Dalam R. J. Kodoatie & A. Syarief (Penyunting), *Pengelolaan sumber daya air terpadu* (hlm. 45–58). Yogyakarta: Andi.
- Saputra, R., Haryani, S., & Wibowo, P. (2020). Penerapan Sistem Tanggul Modular Adaptif di DAS Bengawan Solo Hilir. *Jurnal Sumber Daya Air*, 16(2), 88–97.
- Sembiring, A. R., Manik, T. D., & Wijaya, F. (2020). Simulasi pengaruh tanggul terhadap tinggi muka air banjir menggunakan HEC-RAS di DAS Deli. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(1), 45–53.
- Setiawan, A., & Pratama, D. (2020). Analisis pengaruh peningkatan tanggul terhadap luas genangan banjir menggunakan model HEC-RAS pada Sungai Way Sekampung. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 16(2), 89–98. Diakses dari <https://www.academia.edu/118457730>
- Setiawan, B. I., Purwanto, Y., & Nurlaila, L. (2017). Penggunaan SIG untuk deliniasi DAS. *Jurnal Geomatika*, 23(1), 11–18.
- Shen, X., Anagnostou, E. N., & Mei, Y. (2019). A review of real-time flood forecasting systems: Limitations and future directions. *Journal of Hydrology*, 576, 265–284.

- Soewarno. 1995. *Aplikasi Metode Statistika untuk Analisis Data Hidrologi*. Bandung: Nova.
- Suharyanto, S., Hidayati, N., & Ramadhan, B. (2022). Pemodelan banjir menggunakan HEC-RAS 2D untuk mitigasi bencana di kawasan perkotaan. *Jurnal Teknik Pengairan Indonesia*, 11(1), 33–41.
- Suhendar, F., Aprizal, A., & Nurhasanah, A. (2023). Studi luas genangan banjir pada suatu DAS yang memiliki bangunan tanggul (Studi kasus DAS Way Pisang). *Jurnal Proyek Teknik Sipil (Journal of Civil Engineering Project)*, 6(1), 51–58.
- Suriadi, A., Nugraha, D., & Susanto, B. (2021). *Analisis faktor penyebab banjir di DAS Way Sekampung*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Suriadi, M., Ismail, M. H., & Yuliana, D. (2021). Pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap risiko banjir di DAS Way Sekampung. *Jurnal Hidrologi Indonesia*, 8(2), 50–58.
- Suriadi, M., Nugraha, A., & Susanto, D. (2021). Analisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap banjir di DAS Way Sekampung. *Jurnal Teknik Pengairan Indonesia*, 17(2), 105–115.
- Tarigan, S. D., Budi, S., & Ginting, R. (2016). Studi karakteristik banjir pada daerah aliran sungai Way Sekampung. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(1), 19–28.
- Tarigan, S. D., Sitanggang, I. S., & Purwanto, Y. J. (2016). *Kajian kerentanan banjir di daerah aliran sungai Way Sekampung Provinsi Lampung*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Triyoga, A., Wibowo, P., & Hidayat, M. (2019). Simulasi genangan banjir menggunakan HEC-RAS dan GIS di DAS Way Sekampung. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 10(2), 75–83.

- United States Army Corps of Engineers (USACE). (2016). *HEC-RAS River Analysis System: User's manual version 5.0*. Diakses dari <https://www.scribd.com/document/339335302/HEC-RAS-5-0-Users-Manual>
- Van Herk, S., Zevenbergen, C., Ashley, R., & Rijke, J. (2014). Adaptive tidal river management: Integrative and interactive planning for flood risk management. *Journal of Water and Climate Change*, 5(4), 477–497.
- Wahono, R. S., Santoso, B., & Hidayat, H. (2014). Keterbatasan data hidrologi dalam pengelolaan DAS di Indonesia: Studi kasus DAS Way Sekampung. *Jurnal Hidrologi Indonesia*, 9(2), 75–84.
- Harwanto, D., Widodo, A., & Lestari, P. (2021). *Desain Tanggul Adaptif untuk Penanggulangan Banjir Berbasis Risiko*. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 17(1), 25–34.