BAB I.
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012 mengatur bahwa Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah wilayah daratan yang menjadi satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya. DAS memiliki fungsi penting dalam menampung, menyimpan, dan mengalirkan air dari curah hujan hingga menuju laut atau danau secara alami. Wilayah DAS dibatasi oleh batas topografis di darat dan batas wilayah perairan di laut yang masih dipengaruhi oleh aktivitas daratan, menjadikannya wilayah yang sangat penting dalam pengelolaan sumber daya air dan mitigasi bencana.

Sebagai sebuah ekosistem alami, DAS terbentuk dari kumpulan wilayah yang dibatasi oleh punggung bukit, tempat air hujan yang jatuh akan mengalir menuju sungai-sungai hingga bermuara ke laut atau danau. Dalam ekosistem ini, terdapat dua wilayah utama: wilayah hulu sebagai sumber air dan wilayah hilir sebagai penerima air. Kedua wilayah ini saling berhubungan dalam sistem DAS yang lebih luas dan berfungsi sebagai area penangkapan air (catchment area), penyimpanan air (water storage), serta penyaluran air (distribution water) ke berbagai daerah (Halim, 2014). Keseimbangan antara wilayah hulu dan hilir sangat penting untuk memastikan distribusi air yang stabil dan menghindari kejadian ekstrem seperti banjir.

Salah Satu DAS yang berada di Sulawesi Selatan yaitu DAS Tangka. DAS Tangka adalah daerah aliran sungai yang terletak di tiga wilayah, yaitu Kabupaten Sinjai, Kabupaten Bone, dan Kabupaten Gowa, dengan luas 45837.27 hektar. Sungai ini sering menyebabkan banjir di beberapa daerah. Menurut data dari web.siandalan.sulselprov.go, yang dibuat oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan, mencatat beberapa kejadian banjir yang terjadi di Kabupaten Sinjai dan Kabupaten Bone. Di Kabupaten Sinjai, banjir terjadi di Kecamatan Sinjai Utara dan Bulupoddo, dengan beberapa titik yang terkena dampak, seperti Kelurahan Lappa, Balangnipa, dan Bongki. Kejadian banjir pertama tercatat pada 6 Mei 2020, dan beberapa kejadian berikutnya terjadi pada tahun 2021 hingga 2023, menunjukkan bahwa banjir merupakan masalah berulang di wilayah ini. Misalnya, pada 27 Agustus 2021 dan 22 Juli 2022, banjir melanda beberapa kelurahan di Kecamatan Sinjai Utara, merugikan masyarakat setempat. Di Kabupaten Bone, hanya satu kejadian banjir yang tercatat, yaitu pada 7 Desember 2021 di Kecamatan Tanete Riattang Timur, di Kelurahan Waetuo. Data ini menggambarkan dampak banjir yang beragam di dua kabupaten tersebut, mencerminkan tantangan yang dihadapi oleh masyarakat dalam mengatasi masalah banjir.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), banjir merupakan peristiwa di mana wilayah daratan yang biasanya kering terendam akibat peningkatan volume air. Selain itu, definisi lain dalam kamus tersebut menyebutkan bahwa banjir adalah kondisi yang dipenuhi air dalam jumlah besar dan deras, yang terkadang meluap. Banjir merupakan salah satu masalah serius yang sering terjadi di wilayah DAS, terutama jika terjadi ketidakseimbangan antara aliran air yang datang dengan kapasitas tampung aliran sungai. Secara umum, banjir terjadi ketika volume air dalam saluran sungai melebihi kapasitasnya. Kodoatie (2021) menyebutkan bahwa banjir disebabkan oleh dua faktor utama, faktor alami dan aktivitas manusia. Faktor

alami meliputi curah hujan, fisiografi, erosi, dan sedimentasi yang mempengaruhi volume air di DAS, sementara aktivitas manusia, seperti perubahan penggunaan lahan, turut meningkatkan risiko banjir.

Ada bebrapa jenis banjir yaitu, banjir luapan terjadi ketika air sungai, danau, atau saluran air meluap akibat debit air yang meningkat tajam, biasanya karena curah hujan tinggi atau aliran air dari hulu yang tidak mampu ditampung. Daerah yang terletak di dataran rendah atau dekat dengan aliran sungai besar sangat rentan terhadap jenis banjir ini, banjir bandang adalah jenis banjir yang datang secara tiba-tiba dengan aliran air yang sangat deras dan membawa material seperti lumpur, bebatuan, serta puing-puing. banjir ini biasanya terjadi di daerah pegunungan atau lereng akibat hujan deras yang memicu aliran air berkecepatan tinggi, Banjir rob adalah banjir yang terjadi akibat pasang air laut yang tinggi, sering kali diperparah oleh fenomena alam seperti badai atau kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim.

Menurut penelitian Nisarto (2016), DAS Tangka di Provinsi Sulawesi Selatan memiliki tingkat kerawanan banjir yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh ketidaksesuaian pola penutupan lahan, di mana lahan yang seharusnya berfungsi sebagai daerah tangkapan air malah dijadikan lahan pertanian oleh penduduk setempat. Akibatnya, DAS Tangka berpotensi menimbulkan bencana alam karena ketidaksesuaian pemanfaatan lahan. Ketidaksesuainya lahan sehingga menyebabkan peningkatnya aliran permukaan semakin meningkatkan jumlah hujan yang berubah langsung menjadi debit. Peningkatan aliran pada suatu daerah aliran sungai mengindikasikan peningkatan ancaman banjir di daerah tersebut. Beberapa penelitian yang dilakukan melaporkan, bahwa dengan adanya pembangunan dan peningkatan perubahan lahan dari lahan hutan menjadi lahan pemukiman, telah meningkatkan koefisien *run off* daerah tersebut.

Menurut (Supit & Mamoto, 2016). Penggunaan lahan di suatu kawasan sangat mempengaruhi kondisi hidrologi DAS, begitu pula sebaliknya. Perubahan dalam jenis atau pola penggunaan lahan dapat berdampak langsung pada jumlah dan pola aliran air, baik dengan meningkatkan maupun mengurangi jumlah air yang dihasilkan. Selain itu, perubahan penggunaan lahan berdampak pada karakteristik hidrologi yang dapat menyebabkan perubahan pola aliran air, yang pada akhirnya berkontribusi pada kerawanan banjir di DAS tersebut.

Dalam kaitannya dengan hal tersebut, proyeksi penutupan lahan dan curah hujan menjadi alat penting untuk menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan dan kejadian hidrologi terhadap DAS dimasa depan. Model hidrologi sering digunakan karena dapat menyederhanakan sistem hidrologi yang kompleks dan memprediksi respons DAS terhadap berbagai kondisi, seperti curah hujan tinggi atau perubahan pola penggunaan lahan. Salah satu model yang sering digunakan adalah Soil and Water Assessment Tool (SWAT), yang mampu memprediksi dampak pengelolaan lahan terhadap hasil air dan sedimen di DAS (Supit & Mamoto, 2016). Keterkaitan antara perubahan penutupan lahan dan curah hujan menjadi kunci dalam memahami siklus hidrologi, di mana perubahan lahan memengaruhi aliran air, sedimen, dan risiko erosi, sedangkan curah hujan memengaruhi kejadian hidrologi ekstrem. Proyeksi ini sangat berguna untuk perencanaan tata ruang, pengelolaan sumber daya air, mitigasi bencana, dan konservasi lingkungan.

Menurut (Supit & Mamoto, 2016). Untuk memahami lebih dalam dan memprediksi respons DAS terhadap perubahan penggunaan lahan dan kejadian hidrologi, model hidrologi sering digunakan. Model hidrologi memberikan gambaran

sederhana mengenai sistem hidrologi yang kompleks dan berguna dalam memprediksi respons DAS terhadap berbagai kondisi, seperti curah hujan tinggi atau perubahan pola penggunaan lahan. Salah satu model yang digunakan adalah Soil and Water Assessment Tool (SWAT), yang dapat memprediksi dampak pengelolaan lahan terhadap hasil air dan sedimen di DAS

Selain itu, model HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centre - River Analysis System) dapat menyajikan simulasi banjir secara visual dalam bentuk 2D dan 3D. Melalui model ini, informasi mengenai kecepatan, genangan, dan kedalaman banjir dapat diperoleh, sehingga pengelolaan DAS dapat dilakukan lebih efektif dan prediksi banjir menjadi lebih akurat. Oleh karena itu, Penelitian ini menggunakan pemodelan SWAT dan HEC-RAS untuk mensimulasikan kejadian banjir di DAS Tangka. Melalui simulasi ini, diharapkan dapat diketahui wilayah-wilayah yang tergenang akibat banjir dan dilakukan pencegahan atau mitigasi guna mengurangi resiko pada daerah yang terdampak banjir.

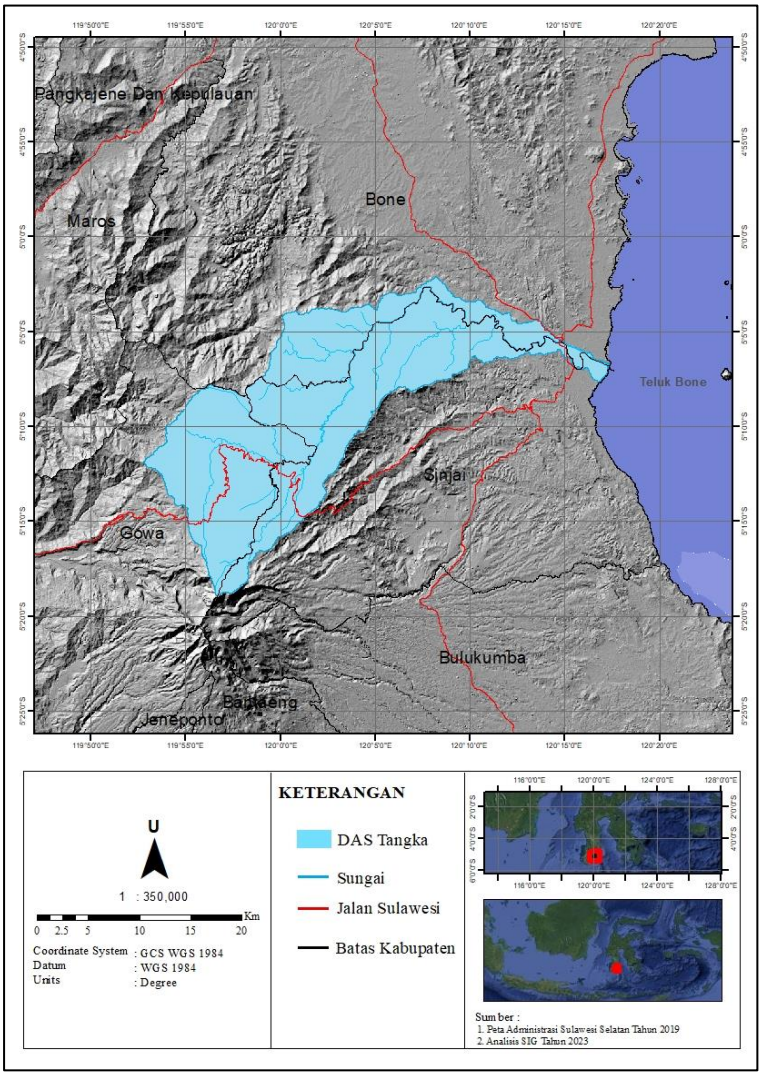
1.2 Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan meengidentifikasi daerah yang terdampak banjir di DAS Tangka menggunakan pemodelan hidrologi dan hidrolika berbasis spasial. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi kepada instansi terkait guna meningkatkan upaya mitigasi bencana, terutama dalam hal banjir.

BAB II.
METODE PENELITIAN

2.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai Bulan Agustus 2023 hingga November 2024 pada DAS Tangka yang secara administrasi berada pada Kabupaten Sinjai, Kabupaten Bone, Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan, sebagaimana pada Gambar 1 dan Analisis data dilakukan di Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2. Bahan dan Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat Tulis, digunakan untuk menuliskan semua keterangan data di lapangan
2. Kamera(menggunakan kamera Handphone), untuk dokumentasikan kegiatan lapangan.
3. Aplikasi Avenza merupakan aplikasi mobile GPS yang digunakan untuk melakukan survey lapangan
4. Komputer/Laptop yang dilengkapi dengan software Sistem Informasi Geografis (SIG) yang telah terintegrasi dengan Soil and Water Assessment Tool (SWAT), Hydrologic Engineering Center-River Analysis System (HEC-RAS), plugin bernama Modeling Land Use Change in Surface Water Catchments (MOLUSCE) dan aplikasi Statistical Bias Correction for Climate Scenarios (SiBiaS)

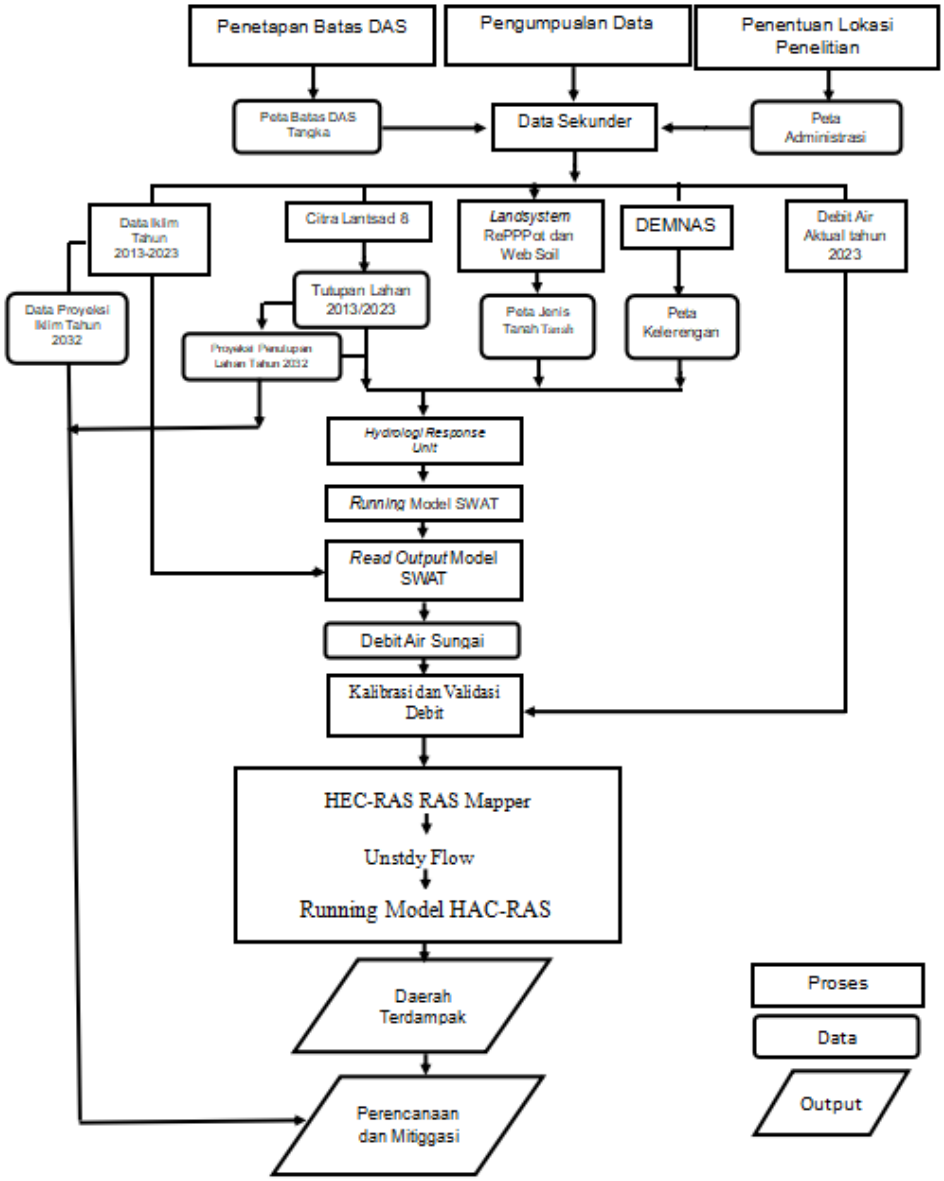
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

Tabel 1. Bahan-bahan penelitian

No.	Bahan	Kegunaan	Sumber
1.	Data DEM Nasional	Digunakan untuk menghasilkan batas DAS, kelerengan pada proses pemodelan di software SWAT	Badan Informasi Geospasial (BIG)
2.	Peta BatasDAS Tangka	Sebagai unit analisisuntuk menentukanlokasi kajian	SK.304/MENLHK/PDASHL/ DAS.0/7/2018
3.	Data Debit Tahun 2023	Digunakan dalam proses kalibrasi dan validasi model SWAT	Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang (BBWSPJ)
4.	Peta Jenis Tanah	Digunakan untuk proses pemodelan SWAT	Data Sistem Lahan (*Landsystem*) RePPProT, Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional Tahun 1987
5.	Citra Landsat 8 TIRS/OLI Path Row 114-63 tahun 2013-2023	Sebagai bahan analisis untuk membuat peta penutupan lahan DAS Tangka tahun 2023 sehingga di gunakan untuk pemodelan SWAT	*Earth Explorer*
6.	Peta Administrasi	Untuk mengetahui administrasi di wilayah DAS.	Badan Informasi Geospasial (tanahair.indonesia.go.id)
7.	Data Iklim Tahun (2013-2023)	Sebagai input dalam pemodelan SWAT	Satelit Merra (power.larc.nasa.gov).

2.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini melalui beberapa tahapan, yaitu mulai dari identifikasi tanah longsor, pengumpulan data dan olah data serta analisis data dan validasi. Bagan alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alur Penelitian

2.4 Persiapan dan Penyiapan Data

Data Penutupan Lahan

Data penutupan lahan DAS Tangka diperoleh dari menginterpretasi citra landsat 8 Path 114 Row 62 tahun 2013, 2018 dan 2023 dan Proyeksi penutupan lahan tahun 2032 menggunakan *tools MOLUSCE* dengan tahapan sebagai berikut:

1. Mengonversi data tutupan lahan dari format data vektor menjadi data raster
2. Persiapan data faktor pendorong yakni jarak dari jalan sesuai dengan batas DAS Tangka dan mengubahnya menjadi data raster
3. Memasukkan data penutpan lahan dan data factor pendorong kedalam QGIS dan memasukkannya kedalam *Plug-in MOLUSCE*

- Memasukkan data tahun awal ke “Initial”
- Memasukkan data tahun akhir ke “Final”
- Memasukkan data factor pendorong ke “Spatial Variabel”
- Jika sudah ,Klik “Check Geometry”
- Ketika pemberitahuan “Geometry is Mathced” muncul, kita sudah bisa lanjut ke tahap selanjutnya

4. Tahap “Evaluating Correlation”
5. Tahap “Area Changes”

Tahap ini melihat perubahan yang terjadi pada area kajian berdasarkan data tutupan lahan

6. Tahap “Area Changes”
7. Tahap “Transition Potential Modelling”
8. Tahap “Cellular Automata Simulation”
9. Tahap “Validation”
10. Hasil proyeksi penutupan lahan

Citra satelit yang disediakan oleh United States Geological Survey (USGS) dapat diunduh melalui situs web http://earthexplorer.usgs.gov. Untuk menganalisis penutupan lahan, digunakan metode delineasi visual yang mengandalkan identifikasi pola, karakteristik rona, warna, serta tekstur dari citra tersebut guna menentukan kelas penutupan lahan. Setelah proses delineasi, pengecekan lapangan dilakukan untuk memverifikasi kesesuaian antara hasil analisis citra dan kondisi nyata di lapangan, sehingga data yang diperoleh lebih akurat dan relevan.

Pengujian ketelitian atau akurasi dari hasil interpretasi merupakan langkah yang sangat penting dalam aplikasi penginderaan jauh, karena suatu hasil interpretasi layak atau tidaknya untuk digunakan tergantung pada seberapa besar tingkat ketelitian hasil interpretasi. Uji akurasi dilakukan dengan menentukn banyaknya titik lokasi survey lapangan dengan rumus menggunakan persamaan distribusi multinomial (Congalton, 2008 dalam Putri et al., 2018).

$$n = \frac{\mathrm{B}.\Pi_i.(1-\Pi_i}{b_i^2} \quad (1)$$

Dimana :

n : Jumla Sampel

B : nilai yang didapat dari tabel chi square berdasarkan jumlah kelas

Π_i : kelas khusus yang mencakup area terbanyak dalam peta

b_i : tingkat ketidak percayaan dalam %

Setelah menentukan titik sampel selanjutnya membuat *purposive sampling* pada peta dan kemudian dicek dilapangan tipe penutupan lahannya. Perhitungan akurasi interpretasi citra dilakukan dengan metode *confusion matrix*. Setelah memperoleh data tabel *confusion matrix* maka selanjutnya akan dilakukan pengujian akurasi dengan menggunakan perhitungan *kappa accuracy.*

Tabel 2. Confusion Matrix

		Data Acuan (pengecekan Lapangan)			Total
		A	B	C	Kolom
Data Hasil	A'	X_n			Σ_{n+}
Klasifikasi	B'				
Citra	C'			X_n	
Total Baris		Σ_{+n}			N

Menurut Jaya, 2010 dalam Sampurno, R. M., & Thoriq, A. (2016), saat ini akurasi yang dianjurkan adalah akurasi *kappa*, karena *overral accuracy* secara umum masih *over estimate*. Akurasi kappa ini sering juga disebut dengan indeks *kappa*. Akurasi yang disarankan untuk digunakan adalah akurasi kappa karena uji akurasi ini menggunakan semua elemen dalam matriks, nilai akurasi yang memenuhi syarat yang ditetapkan oleh *USGS* Amerika yang menyatakan ketelitian interpretasi lebih dari 85%. Apabila tingkat keakurasian sudah melebihi 85% maka sudah menunjukkan ketelitian yang cukup tinggi. Secara matematis akurasi kappa disajikan sebagai berikut:

$$Kappa\ (k) = \frac{N\ \Sigma\ X_n\ -\ \Sigma\ X_{n+}\ X_{+n}}{N^2\ -\ \Sigma\ X_{n+}X_{+n}}\ \times 100 \qquad (2)$$

Dimana : $\mathbf{N}$ = total data (piksel) yang diuji
$\mathbf{X_n}$ = nilai diagonal matriks baris ke-n dan kolom ke-n
$\mathbf{X_{n+}}$ = jumlah piksel dalam baris ke-n
$\mathbf{X_{+n}}$ = jumlah piksel dalam kolom ke-n

Data Jenis Tanah

Parameter data jenis tanah dalam model SWAT adalah data tanah yang berupa jenis tanah serta parameter fisik dan kimia tanah yang diperoleh dari data *landsystem Regional Physical Planning Programme for Transmigration (RePPProt).* Badan Kordinasi Survey dan Pemetaan Nasional Tahun 1987 dan data *Web Soil* USDA *National Resource Conservation Service* yang telah ditambahkan ke dalam model SWAT. Berikut Parameter Tanah Model SWAT:

Tabel 3. Parameter Tanah Model SWAT

No	Parameter Tanah	Kode SWAT
1	Jumlah Lapisan Tanah	NLAYERS
2	Kelompok Hidrologi Tanah	HYDGRP
3	Kedalaman Akar Tanaman (mm)	SOL_ZMX

No	Parameter Tanah	Kode SWAT
4	Porositas Tanah (fraction)	ANION_EXCL
5	Volume Retak Tanah (m^3/m^3)	SOL_CRK
6	Tekstur	TEXTURE
7	Kedalaman Tanah (mm)	SOL_Z
8	Bulk Density (g/cm3)	SOL_BD
9	Kapasitas Air tersedia (mm/mm)	SOL_AWC
10	Kadar C Organik (%)	SOL_CBN
11	Konduktivitas Hidrolik Jenuh (mm/Hari)	SOL_K
12	Persentase Liat (%)	CLAY
13	Persentase Debu (%)	SILT
14	Persentase Pasir (%)	SAND
15	Persentase Batu Permukaan (%)	ROCK
16	Albedo Tanah (fraction)	SOL_ALB
17	Erodibilitas Tanah	USLE_K
18	Konduktivitas Listrik (ds/m)	SOL_EC
19	Kalsium Karbonat (%)	SOL_CAL
20	pH	SOL_PH

Data Iklim

Data iklim diperoleh dari data satelit yang dapat di unduh di web https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/. Tahapan dalam melakukan download data iklim sebagai berikut:

1. Menentukan batas wilayah kajian sebagai batasan dalam pengambilan data iklim
2. Membuat grid pada wilayah kajian dengan interval 5 km kemudian menentukan titik koordinat pada masing-masing grid sebagai titik stasiun
3. Mengakses pada link power.larc.nasa.gov kemudian memilih menu Power Data Acces Viewer. Setelah masuk pada menu tersebut, klik POWER SinglePoint Data Acces
4. Input titik koordinat stasiun pada poin latitude/longitude kemudian melakukan penyesuaian data sesuai kebutuHan dengan output format CSV,setelah itu klik submit → CSV → download.

Data iklim yang dibutuhkan dalam model SWAT berupa data iklim periode bulanan 2014-2023 yang meliputi curah hujan (mm), temperature maksimum dan

minimum (℃), radiasi matahari (MJ/m^2), kelembaban udara (%) dan kecepatan angin (m/s) yang diolah kedalam bentuk file WGN (*Weather Generator Data*). data iklim tersebut berupa data bulanan kemudian di kumpulkan kedalam file PCP, TMP, SOLAR, RH dan WIND dengan ekstensi .txt. Data Iklim juga dilakukan proyeksi menggunakan program SiBiaS khususnya untuk data curah hujan dan suhu bulanan.

Proyeksi iklim dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menyiapkan data curah hujan yang diperoleh melalui tahapan pengumpulan data pada Sub Bab Data Iklim.
2. Melakukan penyesuaian terhadap inputan data berdasarkan format penyusunan data yang telah ditentukan.
3. Data curah hujan yang telah disesuaikan kemudian diinput masuk kedalam software. Selanjutnya, secara otomatis software akan membaca data observasi yang telah dimasukkan serta secara otomatis mengkalkulasikan tahun proyeksi yang akan dihasilkan.
4. Memilih scenario yang akan digunakan, dalam penelitian ini menggunakan skenario RCP4.5 dan GCM CSIRO Mk3.6.
5. Tahapan selanjutnya, melakukan simulasi dengan menekan tools start calculation pada menu. Hasil proyeksi kemudian dapat dilihat pada folder penyimpanan.

2.5 Input dan Analisis Data Pemodelan SWAT

Deliniasi Batas DAS

Penentuan batas DAS diperoleh dari kegiatan Delineasi batas DAS pada ekstensi SWAT yang terintegrasi pada *software* ArcGIS. Delineasi DAS Tangka diperoleh dari ekstraksi data DEMNAS yang lokasinya telah disesuaikan dengan batas DAS Tangka. Delinasi batas DAS dilakukan sebagai berikut;

1. Membuat project SWAT menggunakan menu Swat Project→New Swat Project→Menyimpan file project pada folder yang telah disiapkan;
2. Menginput Data DEM yang telah dibuat pada Sub Bab Persiapan dan Penyiapan Data DEM menggunakan menu Watershed Deliniator→ Automatic Watershed Deliniation →Memilih data DEM yang akan digunakan;
3. Selanjutnya melakukan kalkulasi data pada menu *Watershed Deliniator → Flow direction and Accumulation*.
4. Menentukan jaringan sungai menggunakan menu *Stream network → Create streams and outlets.*
5. Menentukan outlet (outlet definition) menggunakan menu Wholewatershed outlet→ menyeleksi outlet sungai lokasi penelitian →Deliniate watershed.
6. Melakukan perhitungan parameter Sub DAS (calculate subbasin parameter). Tahapan Deliniasi Sub Das selesai dilakukan.

Pembentukan *Hydrological Response Unit (HRU)*

Hydrological Response Unit atau HRU merupakan unit terkecil dalam skala analisis yang dilakukan pada pemodelan SWAT. Pembentukan HRU dilakukan dengan *overlay* peta penutupan lahan, peta jenis tanah dan data kemiringan lereng. Setiap HRU yang terbentuk berisi informasi spesifik mengenai lahan tersebut yang

mencakup penutupan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng .Data penutupan lahan dan jenis tanah yang digunakan dalam analisis HRU berformat raster ESRI sedangkan klasifikasi kelas lereng berasal dari dataset DEM yang digunakan untuk mendelineasi batas DAS. Dataset yang digunakan menggunakan sistem proyeksi yang sama (Ditjen Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial, 2014), dengan tahapan:

1. Menginput peta penutupan lahan dan jenis tanah yang telah diatur ke dalam format raster dan menggunakan system koordinat UTM. Tahapan awal dalam membuat data HRU yakni menggunakan menu HRU Analysis→Land Use/Soils/Slope Defenition.
2. Menginput peta penutupan lahan menggunakan tools Land Use Data→memilih data penutupan lahan→Choose grid fields→value→Lookup table→pilih data tabulasi penutupan lahan yang telah dibuat dengan ekstensi txt→reclassify;
3. Menginput peta jenis tanah menggunakan tools Soil Data→memilih data jenis tanah→Choose grid fields→value→Soil Database Options→User Soil→Lookup table→pilih data tabulasi jenis tanah yang telah dibuat dengan ekstensi txt→reclassify;
4. Melakukan parameterisasi kelerengan menggunakan tools Slope→ memasukkan 5 kelas kelerengan (0-8%, 8-15%, 15-25%, 25-45%,>40%) → reclassify;
5. Ketiga data tersebut kemudian dilakukan proses overlay untuk membentuk kombinasi informasi dari setiap data yang menjadi karakteristik pada setiap sub DAS. HRU yang terbentuk kemudian didefinisikan dengan batas nilai sebesar 0% untuk mendapatkan jumlah kombinasi HRUs yang optimal.

Input Data Iklim Harian

Penggabungan Input data iklim dengan data HRU *(Hydrological Response Unit)* dilakukan setelah pembentukan HRU telah selesai. Pada tahap ini dilakukan penginputan data sebanyak 2 kali yaitu data HRU tahun 2023 dan HRU proyeksi tahun 2032. Input data iklim dilakukan dengan pemanggilan file WGN *(Weather Generator Data)* yang telah dikerjakan sebelumnya. data tersebut yaitu series curah hujan (mm), temperatur udara (℃), radiasi matahari (MJ/m^2/hari), kelembaban udara (%) dan kecepatan angin (m/s). Data dikumpulkan kedalam file PCP untuk curah hujan, TMP untuk temperatur atau suhu, SOLAR untuk radiasi matahari, RH untuk kelembaban udara dan WIND untuk kecepatan angin dengan ekstensi .txt, proses simulasi dijalankan berdasarkan periode harian.

Running ArcSWAT dan Output Simulasi

Proses simulasi dilakukan dengan *running* SWAT setelah mendapatkan *output* dari proses penggabungan HRU dengan data iklim. *Running* model SWAT dijalankan pada menu *SWAT Simulation* dengan syarat tahapan *Watershed Delineation, HRU Analysis* dan *Write Input Table* telah selesai dijalankan dengan sukses, tahapan ini dilakukan sebanyak 2 kali dengan data *actual* dan data proyeksi. Setelah tahapan *running* telah selesai dilaksanakan, Output yang dihasilkan ialah data RCH. Informasi yang terdapat dalam data RCH adalah hasil debit air dengan kode FLOW_OUT yang dapat di ambilkan dengan menggunakan sub menu *read SWAT output.* Pada penelitian ini data yang diperlukan ialah data debit air dengan kode FLOW_OUT, hasil dari simulasi disimpan untuk keperluan analisis berikutnya

Kalibrasi dan Validasi Model

Proses kalibrasi memiliki tujuan utama untuk mendekati hasil output dari model dengan nilai yang sebenarnya di Daerah Aliran Sungai (DAS). Untuk mencapai hal ini, dilakukan penyesuaian pada beberapa parameter sensitif yang memiliki dampak signifikan terhadap nilai hasil simulasi. Pengujian kalibrasi dilakukan dengan menggunakan metrik evaluasi, termasuk *Koefisien Determinasi* (R2) dan *Indeks Nash-Sutcliffe* (NSI).

Koefisien Determinasi (R2) digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana nilai hasil simulasi model SWAT mendekati nilai yang dihasilkan oleh model SCS yang diasumsikan sebagai representasi terdekat kondisi lapangan sesungguhnya. Nilai R2 mendekati 1 menandakan bahwa hasil simulasi memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi dengan nilai sebenarnya.

2.6 Simulasi Model HEC-RAS

Simulasi model HEC-RAS dapat dilakukan dengan mengatur periode waktu dan besaran waktu keluaran data yaitu: harian, bulanan dan tahunan. Pada penelitianini simulasi HEC-RAS dijalankan pada periode harian. Adapun tahapannya yaitu:

1. Penyiapan data terrain di Ras Mapper.
   Tujuannya untuk membuat image dan proyeksi dengan memasukkan data terrain di ras mapper, adapun yang dihasilkan adalah image yang sudah terproyeksi dengan daerah penelitian.
2. Penyiapan area aliran 2 dimensi.
   Tujuannya untuk membuat mesh dengan mendigitasi disekitar sungai membentuk poligon tertutup. Untuk menentukan ukuran *Mesh* di *generate computation point on regular interval with all breakline*, apabila terjadi *error* hapus *point* yang *error* tersebut dengan *remove point*. Yang diHasilkan dari proses ini adalah mesh dengan jumlah *cell* bergantung dari ukuran *grid* yang akan dimasukkan.
3. Penyiapan boundary condition.
   Tujuannya untuk membuat batasan di hulu dan di hilir dalam simulasi dengan menggunakan SA/2D area BC line yang dihasilkan dari proses ini adalah *up Strean* dan *down stream*
4. Pemilihan skenario aliran.
   Tujuannya untuk menentukan skeneraio yang akan digunak untuk simulasi. Terdapat 2 skenario aliran yang digunakan pada Softwere HEC-RAS yaitu Steady flow dan aliran unsteady flow. Pada penelitian ini digunakan skenario unsteady flow (aliran tak permanen).
5. Pemasukan data unsteady berupa data debit sungai terkalibrasi
6. Proses running, Tujuannya untuk melakukan simulasi, adapun yang dihasilkan ada model genangan yang akan terjadi pada suatu daerah.

2.7 Mitigasi Bencana

Mitigasi bencana banjir dapat dilakukan dengan memperbaiki parameter penyebab debit banjir, Salah satu bentuk mitigasi alami untuk mengendalikan aliran permukaan dan debit air adalah melalui perencanaan tata guna lahan yang terencana dengan baik (Chairil et al., 2020). Mengingat hutan berperan penting dalam mengatur aliran air dan mencegah erosi. Kawasan hutan yang memiliki

tutupan vegetasi yang baik mampu menyerap air hujan lebih efektif, mengurangi limpasan permukaan, dan menurunkan risiko banjir. Oleh karena itu, upaya pelestarian dan rehabilitasi hutan menjadi langkah strategis dalam mengurangi potensi bencana banjir.