

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah aliran sungai (DAS) sebagai suatu wilayah tangkapan air memberikan pengaruh yang besar terhadap ketersediaan air suatu daerah, sehingga dalam pengelolaannya dibutuhkan perencanaan yang sebaik mungkin. Ketersediaan air merupakan air yang dibutuhkan dalam proses produksi maupun air untuk kebutuhan sehari-hari yang pada umumnya berasal dari air hujan, air danau, air tanah, dan air sungai. Kebutuhan air yang tidak dapat terpenuhi sehingga perlu dilakukan upaya dengan cara mengoptimalkan parameter yang berpengaruh terhadap debit seperti meminimalisir air hujan yang jatuh dan mengalir ke laut dan meningkatkan kemampuan penyimpanan air tanah (Irsyad, 2011). Pengelolaan DAS berkaitan erat dengan manajemen kawasan dan DAS. Manajemen DAS merupakan pendekatan yang bertujuan untuk mengoptimalkan manfaat dari tanah, air, dan vegetasi dalam meningkatkan produksi pertanian, serta meningkatkan ketersediaan air secara berkelanjutan dan meringankan kekeringan, banjir, pencegahan erosi tanah (Rau dkk, 2015).

Banjir merupakan suatu peristiwa yang terjadi saat jumlah air yang berlebihan mengalir hingga merendam suatu dataran, sedangkan kekeringan adalah kondisi mengurangnya persediaan air baik yang berada di atas maupun dibawah permukaan daratan (Kiranaratri dkk, 2019). Secara umum ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya banjir dan kekeringan, Faktor-faktor tersebut adalah kondisi alam (letak geografis wilayah, kondisi topografi, geometri sungai dan sedimentasi), peristiwa alam (curah hujan dan lamanya hujan, pasang, arus balik dari sungai utama, pembendungan aliran sungai akibat longsor, sedimentasi dan aliran lahar dingin), dan aktifitas manusia (Utama dan Naumar, 2015).

DAS Bila merupakan DAS yang hilirnya bermuara di danau Tempe. Setiap tahun, bagian hilir atau danau Tempe mengalami masalah yakni banjir (Asra dkk, 2020). Bencana hidrologi seperti banjir dan kekeringan yang sering terjadi di merupakan indikasi rusaknya keseimbangan tata air akibat berkurangnya kemampuan beberapa proses daur hidrologi. Rusaknya DAS dapat terlihat dari kemampuan lahan dalam menyerap air saat hujan, yang mengakibatkan terganggunya siklus hidrologi. Akibatnya mudah terjadi banjir dan longsor serta kekeringan pada musim kemarau (Brooks, 1989 dalam Try dkk, 2022).

Karakteristik DAS merupakan gambaran spesifik mengenai DAS yang dicirikan oleh parameter yang berkaitan dengan keadaan morfometri, topografi, tanah geologi, vegetasi, penggunaan lahan, hidrologi dan manusia. Berdasarkan gambaran mengenai DAS tersebut dapat diketahui tingkat kerusakan DAS yang ditunjukkan oleh beberapa parameter karakteristik, diantaranya debit dan fluktuasi debit air sungai antara musim penghujan dan kemarau. Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Satuan debit yang digunakan adalah meter kubik per detik (m^3/s). Debit aliran merupakan laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu

penampang melintang sungai per satuan waktu (Asdak, 2002 dalam Setiawan dan Purwanto, 2019).

Uraian diatas menunjukkan perlunya dilakukan studi pada DAS Bila untuk mengetahui kuantitas air dalam hal ini debit air melalui analisis yang mengacu pada beberapa faktor penting dalam menentukan besarnya debit aliran pada outlet sungai. Menurut Setyowati (2010), limpasan yang terjadi akan berpengaruh terhadap debit aliran sungai. Limpasan yang tinggi akan memperbesar debit aliran sungai. Fluktuasi debit merupakan karakteristik aliran sungai yang sangat penting karena secara langsung akan menentukan ketersediaan air irigasi serta menentukan pula peluang dan pendugaan terjadinya banjir dan kekeringan. Fluktuasi aliran debit antara kedua musim yang tajam mengindikasikan terganggunya fungsi DAS. Disamping itu fluktuasi debit juga berkaitan erat dengan kejadian erosi dan sedimentasi, sehingga secara tidak langsung dapat pula menggambarkan tingkat terjadinya penurunan kualitas lahan (Staddal dkk, 2017).

Analisis debit DAS Bila dilakukan dengan menggunakan model Soil and Water Assesment Tools (SWAT). Model SWAT dapat menghitung besaran debit pada pengelolaan DAS untuk periode waktu tertentu. Dengan menggunakan data yang relevan dan representative, SWAT dapat digunakan untuk melakukan analisis debit sungai suatu wilayah DAS.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian yang ingin dicapai yaitu untuk mengetahui koefisien rezim aliran (KRA) di DAS Bila. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai sumber informasi bagi masyarakat dan pemerintah di wilayah DAS Bila.

1.3 Teori

Daerah aliran sungai (DAS) secara umum didefinisikan sebagai suatu hamparan wilayah/kawasan yang dibatasi oleh pembatas topografi (punggung bukit) yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen, dan unsur hara serta mengalirkannya melalui anak-anak sungai keluar pada sungai utama ke laut atau danau (Yulianto, 2022). Menurut Baja (2012) dalam Purnama, dkk (2022), DAS merupakan suatu unit pengelolaan (management unit) di mana pemanfaatan sumber daya hutan, lahan, dan air diarahkan untuk dapat memberikan manfaat secara ekologis, ekonomi, dan sosial. Komponen-komponen daerah aliran sungai juga dapat dibagi menjadi beberapa bagian yang dapat dilihat sebagai berikut.

Menurut Susetyaningsih (2012), pengelolaan DAS adalah upaya pengelolaan sumber daya alam, terutama keterkaitan antara vegetasi, tanah dan air dengan sumber daya manusia di DAS, serta keterkaitan semua kegiatan yang memperoleh manfaat ekonomi dan jasa lingkungan untuk perolehan dan pengembangan ekosistem DAS.

Dalam hubungannya dengan sistem hidrologi, DAS mempunyai karakteristik yang spesifik serta berkaitan erat dengan unsur utamanya seperti jenis tanah, tataguna lahan, topografi, kemiringan dan panjang lereng. Karakteristik biofisik DAS tersebut dalam

merespon curah hujan yang jatuh di dalam wilayah DAS tersebut dapat memberikan pengaruh terhadap besar kecilnya evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, air larian, aliran permukaan, kandungan air tanah, dan aliran sungai (Asdak, 2010 dalam Arifandi dan Ikhsan, 2019).

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Satuan debit yang digunakan adalah meter kubik per detik (m^3/s) (Asdak, 2007 dalam Nulhakim, Lukman dan Handiani, 2023). Fluktuasi debit sungai yang sangat berbeda antara musim hujan dan kemarau, menandakan fungsi DAS yang tidak bekerja dengan baik. Indikator kerusakan DAS dapat ditandai oleh perubahan perilaku hidrologi, seperti tingginya frekuensi kejadian banjir (puncak aliran) dan meningkatnya proses erosi dan sedimentasi serta menurunnya kualitas air (Mawardi, 2010).

Dalam daur/siklus hidrologi, masukan curah hujan akan didistribusikan melalui beberapa cara, yaitu air lolos (*throughfall*), aliran batang (*stemflow*), dan air hujan langsung sampai ke permukaan tanah untuk kemudian terbagi menjadi air larian, evaporasi, dan air infiltrasi (Asdak 1995 dalam William dkk, 2024). Gabungan evaporasi uap air hasil proses transpirasi dan intersepsi dinamakan evapotranspirasi. Sedangkan air larian dan air infiltrasi akan mengalir ke sungai sebagai debit aliran (*discharge*).

Koefisien Rezim Aliran (KRA) merupakan parameter karakteristik Hidrologi DAS yang diperoleh dari perbandingan antara debit maksimum (Q_{maks}) dan debit minimum (Q_{min}) pada suatu DAS (Asri dkk, 2014).

Nilai KRA yang tinggi menunjukkan bahwa kisaran nilai limpasan pada musim penghujan (air banjir) yang terjadi besar, sedang pada musim kemarau aliran air yang terjadi sangat kecil atau menunjukkan kekeringan (Departemen Kehutanan, 2009 Rahayu dkk (2017). Secara tidak langsung kondisi ini menunjukkan bahwa daya resap lahan di DAS kurang mampu menahan dan menyimpan air hujan yang jatuh dan air limpasannya banyak yang terus masuk ke sungai dan terbuang ke laut sehingga ketersediaan air di DAS saat musim kemarau sedikit (Dirjen RLPS, 2014 dalam Sunardi, 2016).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.61/Menhut-II/2014 Tentang Monitoring Dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Koefisien Rezim Aliran (KRA) merupakan parameter karakteristik Hidrologi DAS yang diperoleh dari perbandingan antara debit maksimum (Q_{maks}) dan debit minimum (Q_{min}) atau sering disingkat dengan parameter Q_{maks}/Q_{min} merupakan indikator besaran hidrologi untuk menyatakan apakah suatu DAS berfungsi sebagai prosesor yang baik atau tidak, yang dapat ditinjau dari sudut pandang nilai perbandingan itu.

SIG dapat diartikan sebagai suatu sistem terpadu dari *hardware*, *software*, data, dan *lineware* (orang-orang yang bertanggung jawab dalam mendesain, mengimplementasikan, dan menggunakan SIG) yang mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa dan memetakan hasilnya. Data yang akan diolah pada SIG merupakan data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Sehingga, aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti: lokasi, kondisi, trend, pola dan

pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya (Rosdiana dkk, 2015)

Model SWAT adalah model yang dikembangkan untuk mengevaluasi efek dari alternatif penentuan penggunaan lahan terhadap sumberdaya dan polusi air pada DAS yang luas (Neitsch, 2012 dalam Utomo dkk., 2020). Model ini dikembangkan mulai dari tahun 1990 sampai sekarang dengan berbagai penyempurnaan. ArcSWAT (Arc GIS Soil and Water Assesment Tool) adalah salah satu pengembangan dari model SWAT. Software ini berbasis sistem informasi geografi (SIG) sebagai ekstensi tambahan perangkat lunak ArcGIS yang berbasis GUI (Graphical User Interface) dengan menggunakan model SWAT (*Soil and Water Assesment Tool*) (Anwar dkk 2015).

Model SWAT dioperasikan pada interval waktu harian dan dirancang untuk memprediksi dampak jangka panjang dari praktek pengelolaan lahan terhadap sumberdaya air, sedimen, dan hasil agrochemical pada DAS besar dan kompleks dengan berbagai skenario tanah, penggunaan lahan dan pengelolaan berbeda (Pawitan, 2004 dalam Ayuba dan Budiprabowo, 2019).

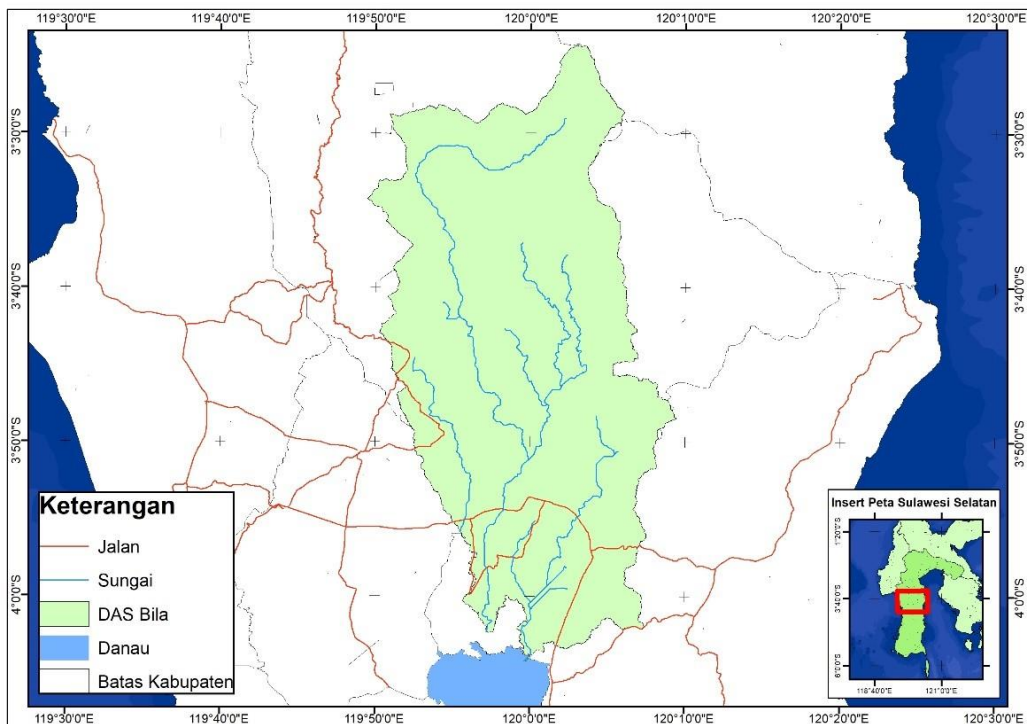
Dalam proses pemodelan, SWAT membagi DAS atau sub DAS menjadi bagian-bagian DAS yang lebih kecil yang menghubungkan satu sama lain oleh jaringan sungai. Bagian-bagian terkecil dari DAS tersebut kemudian dinamakan dengan *hidrological response units* (HRU) yang merupakan unit terkecil dimana semua proses hidrologi disimulasikan (Fohrer, 2005 dalam (Febrianti dkk, 2018).

BAB II

METODE PENELITIAN

1.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2021 sampai dengan Mei 2022. Pengambilan data dilakukan di DAS Bila, Provinsi Sulawesi Selatan. Analisis data dilakukan di Laboratorium Silvikultur dan Fisiologi Pohon serta analisis SWAT dilakukan di Laboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin. Peta Lokasi Penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

1.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian

No	Alat	Kegunaan
1.	Laptop yang dilengkapi dengan perangkat lunak Microsoft Office Word, Excel, Acces, ArcGIS 10.4 dan Arc SWAT	Untuk membantu pengolahan data numerik, analisis data spasial dan SWAT
2	Reciver Global Positioning System (GPS)	Untuk mengambil titik koordinat lokasi penelitian.
3	Alat tulis menulis	Untuk mencatat hasil pengamatan.
4	Kamera digital	Untuk mendokumentasikan hasil penelitian.
5	Cangkul	Untuk menggali tanah.
6	Ring sampel	Untuk mengambil sampel tanah tidak terusik.
7	Label	Untuk melabeli sampel tanah yang diambil.
8	Plasik sampel	Untuk menyimpan sampel tanah.
9	Oven	Untuk mengeringkan sampel tanah yang akan diamati tekstur, porositas, bulk density, bahan organik dan permeabilitas
10	Pipet tetes	Untuk meneteskan bahan kimia pada tanah.
11	Botol <i>roll film</i>	Untuk mengocok tanah.
12	Gelas ukur	Untuk mengukur jumlah air pada pengukuran permeabilitas sampel tanah
13	Timbangan digital	Untuk menimbang tanah.
14	Buret	Untuk meneteskan larutan indikator.
15	Pipa paralon	Untuk mengukur permeabilitas tanah.
16	Palu	Untuk menekan ring sampel.

Tabel 2. Jenis dan sumber data bahan yang digunakan dalam penelitian

No	Jenis Data	Sumber Data
1	Data DEM Nasional	INAGEOPORTAL (tanahair.indonesia.go.id)
2	Citra Sentinel- 2B tahun 2021	United States Geological Survey (USGS)
3	Data iklim harian dengan periode 10 tahun dimulai dari tahun 2012-2021	https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/
4	Peta Administrasi	INAGEOPORTAL (tanahair.indonesia.go.id)
5.	Data Jenis Tanah	Data Sistem Lahan (<i>Landsystem</i>) RePPProT, Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional Tahun 1987

1.3 Prosedur Penelitian

Mekanisme penelitian dalam analisis debit sungai di DAS Bila ini, menggunakan model Soil and Water Assesment Tool (SWAT) yang mampu menggambarkan serta memprediksi fenomena dan karakteristik hidrologi DAS dengan memperhatikan aspek iklim, tanah, lereng, dan tutupan lahan.

2.3.1 Delineasi Batas DAS

Data yang diperlukan untuk menentukan batas lokasi penelitian yaitu data digital elevation model (DEM). Penelitian ini menggunakan data DEM Nasional (DEMNAS) dengan resolusi 8m x 8m yang terlebih dahulu dilakukan proses topology menjadi 30m x30 m untuk menyamakan ukuran pixelnya dengan data raster yang lain. Penentuan batas lokasi penelitian diperoleh dari hasil ekstraksi data DEMNAS pada SWAT yang penentuan batasnya dengan melihat outlet DAS pada tahapan *watershed delineation*.

2.3.2 Penyiapan Data Input

Peta penutupan lahan

Peta penutupan lahan yang diperoleh dari interpretasi citra Sentinel 2A tahun 2021. Perhitungan akurasi klasifikasi citra dilakukan dengan metode *confusion matrix*. Data hasil klasifikasi citra dan hasil pengecekan di Google Earth disusun dalam sebuah tabel perbandingan persentase. Tabel confusion matriks dapat dilihat pada tabel 3. Tabel 3. *Confusion Matriks*

		Data Acuan (Pengecekan Lapangan)			Total
		A	B	C	
Data hasil klasifikasi citra	A'	Xn			ΣXn
	B'				
	C'				
		ΣXn			N

Keterangan :

X_{ii} : Nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i

X_{+i} : Jumlah piksel dalam kolom ke-i

X_{i+} : Jumlah piksel baris ke-i

N : banyaknya piksel dalam contoh

Tahapan evaluasi akurasi akan digunakan untuk melihat seberapa tinggi tingkat kesalahan (*error*) yang terjadi pada saat proses klasifikasi wilayah contoh, dengan dilakukannya kegiatan ini dapat ditentukan besarnya persentase ketelitian pemetaan. Evaluasi yang dilakukan ini akan menguji tingkat akurasi secara visual dari klasifikasi terbimbing. Akurasi hasil klasifikasi diuji dengan menggunakan uji akurasi Kappa dengan

bantuan matriks kesalahan (*confusion matrix*). *Confusion matriks* adalah perhitungan setiap kesalahan yang terjadi pada setiap kelas penutupan/penggunaan lahan hasil dari proses klasifikasi citra (Muhammad, et all. 2015)

$$Kappa = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}}$$

Keterangan :

X_{ii} : Nilai diagonal dari matrix kontingensi baris ke – i dan kolom ke – i

X_{+i} : Jumlah piksel dalam kolom ke-i

X_{i+} : Jumlah piksel baris ke-i

N : Banyaknya piksel dalam contoh

Tingkat keakuratan interpretasi citra dapat diterima jika memperoleh nilai 85% (Lillesand and Kieffer, 1997). Hasil interpretasi citra yang telah memenuhi kemudian diubah database penamaannya sesuai dengan penamaan pada penutupan lahan model SWAT. Klasifikasi penamaan penutupan lahan tahun 2021 untuk model SWAT dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Penutupan Lahan SWAT (Neitsch, dkk., 2004)

No.	Penutupan Lahan	Klasifikasi SWAT	Kode SWAT
1	Hutan Lahan Kering Primer	<i>Forest-Mixed</i>	FRST
2	Pemukiman	<i>Residential</i>	URMD
3	Pertanian Lahan Kering Campur	<i>Agriculture Land Generic</i>	AGRL
4	Hutan Lahan Kering Sekunder	<i>Forest-Mixed</i>	FRST
5	Pertanian Lahan Kering	<i>Agriculture Land Generic</i>	AGRL
6	Sawah	<i>Rice</i>	RICE
7	Tambak	<i>Water</i>	WATR

Data Tanah

Data jenis tanah diperoleh dari hasil analisis laboratorium sampel tanah terusik dan tidak terusik di setiap jenis tanah, dimana dalam penentuan jumlah jenis tanah berdasarkan *overlay* peta jenis tanah RePPPProt tahun 1987 dan peta kelas lereng didapatkan 2 jenis tanah. Sampel tanah terusik lebih dikenal sebagai sampel tanah biasa (*disturbed soil sample*), digunakan untuk keperluan analisis kandungan air, tekstur tanah dan perkolasi, sedangkan sampel tanah tidak terusik merupakan contoh tanah yang diambil dari lapisan tanah tertentu dalam keadaan tidak terganggu, sehingga kondisinya hampir menyamai kondisi di lapangan. Sampel tanah tersebut digunakan untuk

penetapan angka berat volume (berat isi, *bulk density*), porositas dan permeabilitas (Suganda dkk, 2006).

Penentuan titik sampel tanah di lapangan dilakukan dengan metode *purposive sampling*, dimana pengambilan sampel tanah ditetapkan dengan berdasarkan aksesibilitas di lapangan. Pengambilan sampel tanah terusik dan tidak terusik dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Menentukan lokasi pengambilan sampel tanah.
- b. Membuat plot dengan panjang 1,50 m dan lebar 1,50 m.
- c. Membersihkan permukaan tanah dari tumbuhan, serasah, dan batu.
- d. Menggali lubang di dalam plot pengambilan sampel tanah menggunakan linggis dan cangkul hingga kedalaman yang ditentukan.
- e. Mengukur kedalaman tanah yang telah digali dengan masing- masing lapisan yaitu lapisan pertama 0-30 cm, lapisan kedua 30-60 cm dan lapisan ketiga 60-90 cm menggunakan pita meter.
- f. Meletakkan satu buah ring sampel pada masing- masing lapisan yaitu lapisan pertama 0-30 cm, lapisan kedua 30-60 cm dan lapisan ketiga 60-90 cm.
- g. Menempelkan papan kayu diatas ring sampel yang berguna melindungi ring sampel dari kerusakan.
- h. Memukul papan yang dibawahnya terdapat ring sampel agar ring sampel masuk kedalam tanah dan dilakukan pada setiap lapisan tanah yang dibuat.
- i. Mengambil sampel tanah pada setiap lapisan yang telah ada dalam ring sampel.
- j. Mengambil sampel tanah terusik pada setiap lapisan tanah.
- k. Memasukkan ring sampel berisi sampel tanah dan sampel tanah terusik pada setiap plastik sampel dan merekatkan menggunakan isolasi agar udara tidak masuk kedalam plastik
- l. Menandai sampel tanah dengan merekatkan label dengan sampel tanah I, sampel tanah II, sampel tanah III dan begitupula pada tanah terusik.

Data sekunder jenis tanah yang diperoleh dari peta *landsystem* (sistem lahan) *Region Physical Planning Programme for Transmigration* (RePPProT) Badan koordinasi survei dan pemetaan nasional tahun 1987.

- a) Volume Retak Tanah (SOL_CRK)
- b) Kapasitas Air Tersedia (SOL_AWC)
- c) Konduktivitas Hidrolik Jenuh (SOL_K)
- d) Kelompok hidrologi tanah (HYDGRP)
- e) Albedo Tanah (SOL_ALB)

Sifat fisik dan kimia tanah diperoleh dari pengambilan sampel tanah di lapangan untuk mendetailkan karakteristik sifat tanah dan analisis sampel tanah di laboratorium silvikultur dan fisiologi pohon.

- a. Jumlah lapisan tanah (NLAYERS)

Jumlah lapisan tanah diperoleh dengan melakukan pengamatan profil tanah di lapangan.

- b. Kedalaman akar tanaman (SOL_ZMX)

Kedalaman akar tanaman diperoleh dengan melakukan pengamatan profil tanah di lapangan kemudian mengukur perakaran maksimum pada profil tanah menggunakan pita meter.

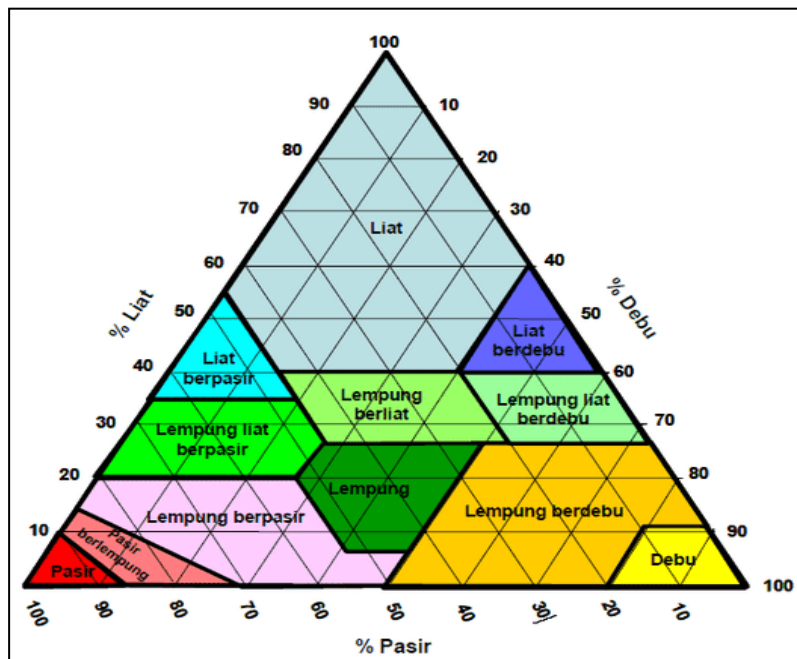
- c. Porositas tanah (ANION_EXCL)

$$\text{Porositas} = 1 - \frac{\text{Bulk Density}}{\text{Partikel Density}} \times 100\%$$

Dimana, Partikel Density = 2,56 g/cm³

- d. Tekstur (*Texture*)

Hasil analisis sampel tanah didapatkan persentase debu, liat dan pasir. Penentuan kelas tekstur tanah menggunakan segitiga tekstur dari *United State Department of Agriculture* (USDA) disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Segitiga Tekstur Tanah

- e. Kedalaman Tanah (SOL_Z)

Kedalaman tanah diukur setelah digali menggunakan pita meter

- f. Bulk Density (SOL_BD)

Nilai *bulk density* (BD) dianalisis dengan mengambil sampel tanah tidak terusik. Sampel tanah dikeringkan di dalam oven selama 24 jam dengan suhu 105°C, kemudian ditimbang dan didapatkan berat kering tanah atau berat volume tanah.

$$\text{Berat Volume Tanah} = \frac{\text{Berat Tanah Kering (g)}}{\text{Volume Tanah (cc)}}$$

$$\text{Volume Tanah} = \text{Volume ring } (\pi r^2 t)$$

g. Permeabilitas

Sampel tanah tidak terusik direndam semalaman pada wadah perendaman. Setelah direndam sampel kemudian dialiri dengan air. Banyaknya volume yang lolos melewati ring merupakan total volume air yang dapat diloloskan oleh tanah.

$$\text{Permeabilitas} = \frac{x}{\frac{1}{4}\pi d^2}; x = \frac{\text{Vol. Tiap Lapisan}}{0,25}$$

h. Bahan Organik (SOL_CBN)

Kadar bahan organik dianalisis menggunakan metode titrasi. Hasil titrasi diolah kemudian didapatkan kadar bahan organik pada sampel tanah.

$$C\% = \frac{(B - T) \times N \times 3 \times 1,33}{\text{Berat Sampel Tanah}} 100\%$$

$$\text{Bahan Organik} = C\% \times 1,724$$

Ket ;

B : Volume blangko (35)

T : Volume tiran

N : Normalitas (0,2)

3 : Berat equivalen

1,22 : Faktor koreksi

i. Persentase Liat (Clay)

$$\% \text{Liat} = \frac{\text{Berat Pasir}}{\text{BDL} + \text{Berat Pasir}} \times 100\%$$

dimana,

$$\text{Berat Debu Liat Pasir (BDL)} = \frac{H1 + 0,3 \times (T1 - 19,8)}{2} - 0,5$$

Keterangan :

H1 : Suhu

T1 : Tekanan

j. Persentase Debu (Silt)

$$\% \text{Debu} = \frac{\text{Berat Debu}}{\text{BDL} + \text{Berat Pasir}} \times 100\%$$

dimana,

$$\text{Berat Debu} = \text{BDL} - \text{BL}$$

- k. Persentase Pasir (*Sand*)

$$\% \text{Pasir} = \frac{\text{Berat Liat}}{\text{BDL} - \text{Berat Pasir}} \times 100\%$$

dimana,

$$\text{Berat Liat} = \frac{H + 0,3 \times (T2 - 19,8)}{2} \times 100\%$$

- l. Erodibilitas Tanah (USLE_K)

$$100K = 1,292 [2,1M^{1,4}(10^{-4})(12 - a) + 3,25(b - 2) + 2,5(c - 3)]$$

M = parameter ukuran partikel (% pasir sangat halus x (100 - %liat))

a = bahan organik (%)

b = kode struktur tanah

c = kelas permeabilitas tanah (cm/jam)

- m. pH (SOL_pH)

Setelah digali, pH tanah diukur menggunakan Ph meter disetiap lapisan yang dilakukan pengambilan sampel.

Data Kelerengan

Data kelerengan diperoleh dari data DEM (*Digital Elevation Model*) yang dapat diunduh pada website INAGEOPORTAL (tanahair.indonesia.go.id). Klasifikasi kelas lereng terdiri dari 5 kelas yaitu 0-8% (datar), 8-15% (landai), 15-25% (agak curam), 25-45% (curam), >45% (sangat curam).

Data Iklim

Data iklim diperoleh dari data global terkait yaitu NASA. Data iklim diperoleh dari <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. Data iklim yang dibutuhkan terdiri atas curah hujan, temperature, radiasi matahari, kelembaban udara, dan kecepatan angin yang merupakan perhitungan harian selama 10 tahun mulai 2012-2021.

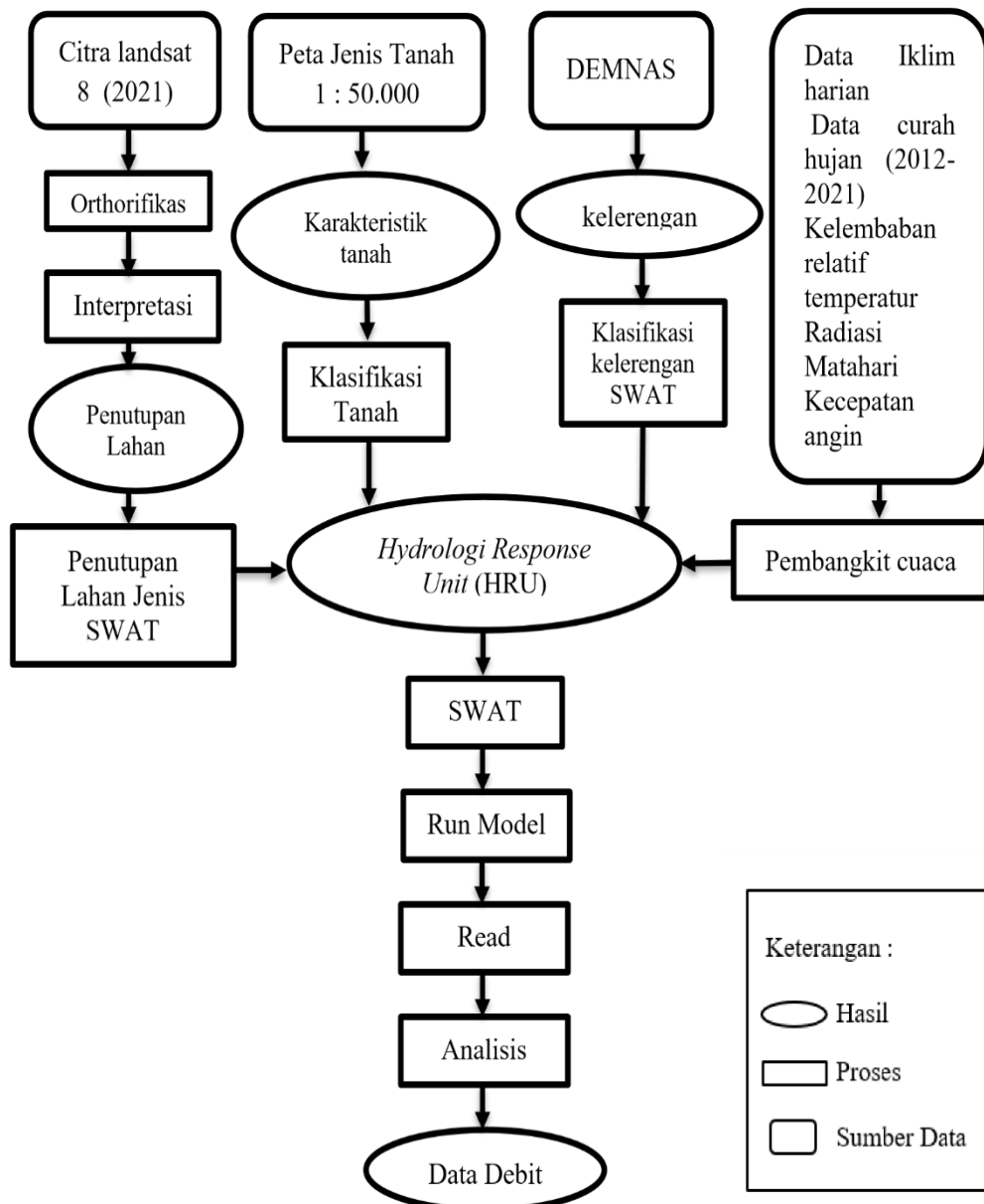
2.3.3 Prosedur Aplikasi SWAT

Adapun prosedur yang dilakukan dalam penggunaan aplikasi SWAT yaitu :

1. *Watershed delineation*. Proses ini membentuk batasan atau mendefinisikan DAS yang dimodelkan. Prosesnya meliputi *set up* DEM, *stream* dan *watershed definition*.
2. *HRU analysis*. Proses yang melakukan susun peta tataguna lahan, tanah dan kelerengan untuk membentuk atau mendefinisikan *Hydrologic Response Units* (HRU) dalam kawasan DAS yang dimodelkan.
3. Basis data iklim (*Weather Generator Data*). Model SWAT dioperasikan melalui sub menu *weather data definition*. Pada tahap ini dilakukan masukan data iklim (*Weather Generator Data*), curah hujan, temperatur, kelembaban, radiasi matahari, dan kecepatan angin.

4. Simulasi SWAT (*SWAT Simulation*) dilakukan dengan memilih waktu yang akan disimulasikan pada mode *Run SWAT*. Penyimpanan data *output* hasil simulasi dilakukan dengan memilih *Read SWAT Output*.

Secara singkat prosedur penelitian dapat terlihat di Gambar 3.



Gambar 3. Prosedur Penelitian

2.4 Analisis Data

Perhitungan data debit dilakukan dengan menggunakan model SWAT. SWAT secara otomatis akan mensimulasikan besaran nilai debit sesuai dengan data yang telah dimasukkan. Prinsip perhitungan SWAT dalam menentukan nilai debit menggunakan persamaan Manning yaitu (Neitsch, dkk. 2005):

$$q_{ch} = \frac{A_{ch} \cdot R_{ch}^{\frac{2}{3}} \cdot slp_{ch}^{\frac{2}{3}}}{n}$$

Keterangan:

A_{ch} : Luas penampang saluran (m²)

R_{ch} : Radius hidraulik saluran (m)

slp_{ch} : Kemiringan sepanjang saluran

(m/m)n : Koefisien kekasaran Manning

Perhitungan koefisien rezim aliran (KRA) dilakukan setelah nilai debit maksimum dan minimum diketahui. Perhitungan KRA dirumuskan dengan (Kementrian Kehutanan RI, 2014)

$$KRA = \frac{Q_{maks}}{Q_{min}}$$

Keterangan:

KRA : Koefisien rezim aliran

Q maks : Debit maksimum

Q min : Debit minimum

Hasil perhitungan koefisien rezim aliran kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi koefisien rezim aliran (Kementrian Kehutanan RI, 2014).

No	Nilai	Kelas
1	$KRA \leq 20$	Sangat rendah
2	$20 < KRA \leq 50$	Rendah
3	$50 < KRA \leq 80$	Sedang
4	$80 < KRA \leq 110$	Tinggi
5	$KRA > 110$	Sangat tinggi