

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumberdaya penting dalam menunjang kehidupan semua makhluk yang ada di bumi. Air juga merupakan sumberdaya vital dalam menunjang pembangunan ekonomi seperti sector industry, perdagangan, pertanian, perikanan, transportasi, pembangkit listrik, pariwisata, rumah tangga dan lainnya. Jumlah penduduk yang semakin meningkat serta pertumbuhan ekonomi yang terus dipacu, permintaan akan sumberdaya air baik kuantitas maupun kualitasnya semakin meningkat melebihi ketersediannya. Hal ini menyebabkan sumberdaya air menjadi langka. Manfaat hutan yang tidak dapat diukur secara nyata (intangibile) sebagai penyedia jasa pengatur tata air tersebut ternyata sampai saat ini belum mempunyai nilai. Sebagian besar masyarakat menggunakan sumberdaya air sebagai barang bebas atau dengan harga murah yang bisa digunakan sekehendak hati tanpa memperhatikan dan memahami proses penyediaan dalam aspek sumber dan keberlangsungannya.

Akhirnya, keberadaan kawasan hutan lindung yang berfungsi sebagai pengatur tata air dianggap sebagai lahan yang tidak produktif sehingga dikonversi menjadi kawasan budidaya yang secara ekonomis lebih nyata hasilnya. Dalam upaya menjaga dan meningkatkan ketersediaan air tanah untuk memenuhi kebutuhan manusia, tata guna lahan pada setiap Daerah Aliran Sungai (DAS) harus ditata sedemikian rupa sehingga setiap kawasan mempunyai fungsi tertentu seperti fungsi lindung, penyangga, dan pemanfaatan. Dalam kawasan lindung, keaslian tutupan lahannya harus tetap terjaga karena mempunyai peran penting dalam menjaga keseimbangan tata air. Hutan dengan tutupan lahan yang baik mampu meningkatkan porositas tanah sehingga memudahkan proses infiltrasi air hujan ke dalam tanah. Tajuk hutan juga berfungsi menghalangi penggerusan lapisan tanah bagian atas oleh air hujan sehingga mencegah terjadinya erosi (Soemarwoto, 2001).

Perkembangan yang terjadi saat ini menunjukkan bahwa banyak terjadi perubahan fungsi tata guna lahan yang mempunyai fungsi lindung menjadi lahan pertanian, perkebunan, pemukiman, dan peruntukan lain yang tidak sejalan dengan fungsi perlindungan. Daerah resapan di Sub DAS yang memiliki fungsi sebagai pendukung sistem penyangga kehidupan terancam oleh eksploitasi dan tekanan penduduk karena telah mengalami pergeseran pemanfaatan secara intensif. Lahan dengan lereng yang curam tanpa penutupan lahan yang cukup mudah terjadi erosi sehingga tanah bagian atas (*top soil*) tidak mampu menahan air hujan untuk dialirkan masuk ke dalam tanah (infiltrasi) untuk menjadi cadangan air tanah sehingga daerah Sub DAS bagian tengah dan hilir akan kesulitan mendapatkan air.

Kabupaten Maros tersebut terbagi pada 14 kecamatan dengan berbagai bentuk topografi di dalamnya. Beberapa kecamatan khususnya yang terletak di Kecamatan Cenrana, Kecamatan Camba dan Kecamatan Mallawa Kabupaten Maros merupakan wilayah pegunungan dengan tutupan lahan berupa hutan primer yang terletak di salah satu Daerah Tangkapan Air Sub DAS Minraleng yang terdapat di DAS Bila Walanae. Daerah Tangkapan Air atau *catchment area* merupakan kesatuan ekosistem yang utuh

dari hilir sampai hilir yang terdiri atas unsur – unsur utama sumber daya alam yaitu tanah, vegetasi (hutan), air, dan sumber daya manusia sebagai pemanfaat sumber daya alam (Asdak, 2010 ; Yumansyah, dkk, 2021). Tingginya intervensi aktivitas masyarakat di wilayah hilir Daerah Tangkapan Air tersebut berpengaruh pada daya dukung hutan terhadap sumberdaya air yang ada di dalamnya. Fungsi hutan sebagai pengatur tata air terganggu akibat kerusakan hutan yang terjadi di hilir Daerah Tangkapan Air tersebut.

Kawasan hutan lindung pada hilir suatu Daerah Tangkapan Air sangat penting dalam mendukung ekosistem DAS sebagai pengatur tata air dan penyangga kehidupan diantaranya sebagai penunjang ketersediaan air baku untuk kebutuhan rumah tangga dan pengairan irigasi persawahan. Fungsi hidrologis hutan ini seringkali tidak disadari dan dinilai secara layak sehingga masih terjadi pengrusakan hutan baik berupa permabhana, penebangan liar dan konversi hutan. Ketersediaan air erat kaitannya dengan keberadaan hutan yang ada di wilayah tersebut, sehingga perlu adanya keseimbangan dalam pengelolaan lahan hutan untuk menjaga ketersediaan air (Putri, 2013).

Di sisi lain tingkat harga air yang digunakan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari – hari umumnya belum mencerminkan harga sebenarnya karena belum sepenuhnya memasukkan biaya pengelolaan lingkungan dan aktivitas manusia yang menyebabkan kerusakan lingkungan. Bahkan beberapa produk air dapat dimanfaatkan secara bebas tanpa biaya, misalnya pemanfaatan air permukaan untuk kegiatan pertanian, air tanah untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga dan industri.

Kelemahan mekanisme dalam penentuan harga air yang digunakan untuk berbagai kebutuhan adalah masyarakat dan pelaku ekonomi tidak berhati – hati dalam memanfaatkan air, untuk itu diperlukan suatu upaya untuk hal ini. Upayanya itu adalah menentukan nilai ekonomi terhadap manfaat hidrologis hutan melalui pendekatan – pendekatan perhtiungan yang bisa menjelaskan secara nyata dan logis besarnya manfaat hidrologis hutan di hilir Daerah Tangkapan Air. Mengetahui manfaat ekonomis dari fungsi hilir Daerah Tangkapan Air sebagai pengatur tata air dapat pula dijadikan bahan pertimbangan bagi semua pihak yang berkepentingan terhadap manfaat yang dihasilkan untuk merubah pola pikir dan bersikap arif terhadap keberadaan hutan dan pengelolaannya secara lestari.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap fungsi hidrologis di Daerah Tangkapan Air Sub DAS Minraleng
2. Berapa nilai ekonomi jasa ekosistem Daerah Tangkapan Air Sub DAS Minraleng akibat perubahan fungsi hidrologis

1.3 Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan sebagai berikut.

1. Menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap fungsi hidrologis di Daerah Tangkapan Air Sub DAS Minraleng

2. Menghitung nilai ekonomi jasa ekosistem Daerah Tangkapan Air Sub DAS Minraleng akibat perubahan fungsi hidrologis

Manfaat dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menjadi rekomendasi perencanaan penutupan lahan dalam upaya memperbaiki fungsi hidrologis hutan
2. Menjadi referensi bagi pengambil kebijakan dalam rangka perencanaan pengelolaan sumberdaya air untuk menunjang perekonomian masyarakat dan pembangunan daerah di Kabupaten Maros
3. Memperkaya konsep dan metode aplikatif dalam mengkuantifikasi manfaat sumberdaya hutan sebagai pengatur tata air pada berbagai jenis ekosistem dan kawasan hutan lainnya.

1.4 Teori

1.4.1 Fungsi Hidrologis Hutan

Siklus hidrologi dapat digambarkan sebagai proses sirkulasi air dari lahan, tanaman, sungai, danau, alut serta badan air lainnya yang ada di permukaan bumi menuju atmosfer akibat penguapan serta turunnya kembali air tersebut baik dalam bentuk hujan, salju dan lainnya yang terus berulang. Tahapan pertama dari daur hidrologi adalah penguapan air. Uap ini dibawa di atas daratan oleh massa udara yang bergerak. Bila didinginkan hingga titik embunnya, maka uap tersebut akan membeku menjadi butiran air membentuk awan dan kabut. Butiran – butiran air kecil itu akan berkembang cukup besar untuk dapat jatuh ke permukaan bumi sebagai hujan. Siklus hidrologi adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan distribusi dan pergerakan air di bumi. Hal tersebut merupakan suatu sistem operasi dinamis dan proses interaktif yang mengendalikan kerangka berfikir pada studi teoritis di bidang hidrologi. Faktor keseimbangan harus diperhitungkan dalam penerapannya di semua aspek hidrologi (Waston dan Burnett, 1995) dalam (Irsyad, 2011).

Hujan yang jatuh ke bumi secara langsung menjadi aliran permukaan maupun tidak langsung melalui vegetasi atau media lainnya akan membentuk siklus aliran air mulai dari tempat yang tinggi (gunung dan pegunungan) menuju ke tempat yang rendah baik di permukaan tanah maupun di dalam tanah yang berakhir di laut selama siklus, presipitasi yang turun ke bumi akan mengalami beberapa proses diantaranya aliran interception (aliran pada batang, ranting, pohon), sebagian lainnya yang jatuh di permukaan tanah akan meresapkan ke dalam tanah dalam bentuk – bentuk infiltrasi, perkolasi dan kapiler dan sisanya akan menjadi aliran permukaan (*runoff*). Air yang masuk ke dalam tanah akan mengisi pori – pori tanah dan akan membentuk suatu aliran di dalam tanah. Aliran air tanah dapat dibedakan menjadi aliran tanah dangkal, aliran tanah dalam, aliran tanah antara dan aliran tanah dasar (*base flow*). Disebut aliran dasar karena aliran ini merupakan aliran yang mengisi sistem jaringan sungai (Kodoatie dan Sjarief, 2008) dalam (Yanti, dkk., 2017).

Aliran permukaan terdiri dari dua jenis. Stream flow untuk aliran air yang berada dalam sungai atau saluran, dan *surface runoff (overland flow)* untuk aliran yang mengalir di atas permukaan tanah (Arsyad, 2011). Akibat panas matahari air di permukaan bumi juga akan berubah wujudnya menjadi gas/uap dalam bentuk evaporasi dan bila melalui tanaman disebut transpirasi. Proses pengambilan air oleh akar tanaman kemudian

terjadinya penguapan dari dalam tanaman disebut sebagai transpirasi. Secara sistematis siklus hidrologi dapat ditunjukkan pada beberapa proses utama yang terlibat dalam gerakan air di dalam siklus yaitu evapotranspirasi (Kodoatie dan Sjarief, 2008) dalam (Yanti, dkk., 2017):

1. Evaporasi dari permukaan badan air, khususnya di laut
2. Evapotranspirasi kombinasi dari transpirasi tanaman dan evaporasi permukaan
3. Presipitasi baik dalam bentuk hujan atau salju
4. Infiltrasi ke dalam tanah dan bebatuan yang berkontribusi terhadap sistem air
5. Runoff yang terjadi di permukaan menuju badan air di permukaan tanah seperti sungai dan danau
6. Pengisian kembali dari akuifer dan sungai ke laut, reservoir dimana siklus akan dimulai kembali

Peranan hutan dalam kaitannya dengan fungsi hidrologis adalah melalui peran perlindungannya permukaan tanah dari gempuran tenaga teknis air hujan (proses terjadinya erosi). Tajuk hutan berperan sebagai penampung air hujan untuk kemudian diupayakan kembali ke atmosfer (intersepsi) dan sebagian air akan tertahan dalam lapisan permukaan daun. Sebagian air yang sempat jatuh ke atas permukaan tanah (air lolos) masih akan tertahan oleh serasah organik di lantai hutan. Lapisan permukaan tanah hutan yang umumnya mempunyai pori – pori tanah besar (karena aktivitas mikroorganisme dan akar vegetasi hutan akan memperbesar jumlah air yang masuk ke dalam tanah (infiltrasi). Dengan demikian keberadaan hutan pada DAS akan mampu mempertahankan tanah tetap di tempatnya, memberikan tambahan kapasitas tamping air dan meningkatkan kapasitas infiltrasi lahan (Asdak, 2002).

Menurut Soemarwanto (2001) kuantitas air yang tersedia dipengaruhi oleh luas hutan. Tajuk hutan menangkap air hujan sehingga hanya sebagian dari air hujan yang sampai ke tanah dan meresap ke dalamnya. Dinyatakan dalam persen curah hujan, makin kecil curah hujannya makin besar yang tertangkap. Pada hujan rintik – rintik, hampir 100% curah hujan tertangkap oleh tajuk. Makin tertutup tajuk hutan, makin besar pula persen hujan yang tertangkap. Air hujan yang tertangkap oleh tajuk menguap. Pada lain pihak, hutan dengan serasah di lantainya menggemburkan tanah sehingga memperbesar laju peresapan air ke dalam tanah. Efeknya dua, yaitu pertama, memperbesar laju peresapan air ke dalam tanah dan kedua, mengurangi laju air larian, yaitu air yang mengalir di permukaan tanah. Dengan demikian, persediaan air tanah dalam musim kemarau bertambah dan bahaya banjir dalam musim hujan berkurang.

1.4.2 Debit Sungai

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ($m^3/detik$). Debit aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran. Hidrograf aliran biogeofisik yang berlangsung dalam suatu DAS (oleh karena adanya kegiatan pengelolaan DAS) dan atau adanya perubahan (fluktuasi musiman atau tahunan) iklim lokal (Asdak, 2010)

Menurut Soebarkah (1978) dalam Muchtar dan Abdullah (2007), faktor – faktor yang mempengaruhi besarnya debit sungai adalah :

- a. Hujan, Intensitas Hujan dan Lamanya Hujan

Besarnya infiltrasi, aliran air tanah dan aliran permukaan sangat dipengaruhi oleh hujan, intensitas hujan dan lamanya hujan. Lama waktu hujan sangat berpengaruh terhadap lamanya waktu air hujan mengalir ke sungai.

b. Topografi, Bentuk dan Kemiringan Lereng

Lama waktu mengalirnya air hujan melalui permukaan tanah ke sungai dan intensitas banjirnya sangat dipengaruhi oleh topografi, bentuk dan kemiringan lereng. Aliran permukaan akan lebih besar pada daerah yang curam dibandingkan daerah yang datar.

c. Geologi, Karakteristik Geologi (Jenis dan Struktur Tanah)

Karakteristik tanah mempengaruhi kapasitas infiltrasi dan perkolasi. Jenis dan struktur tanah mempengaruhi bentuk dan kepadatan drainase. Kepadatan drainase yang rendah menyebabkan lamanya peningkatan air sungai dikarenakan air yang mengalir di permukaan tanah membutuhkan waktu yang lama sehingga kehilangan air menjadi besar.

d. Keadaan Tumbuh – tumbuhan

Makin banyak pohon akan menyebabkan makin banyaknya air yang hilang, baik melalui evapotranspirasi maupun melalui infiltrasi sehingga akan mengurangi run off yang dapat mempengaruhi debit sungai. Keadaan tumbuh – tumbuhan akan mempengaruhi besarnya intersepsi, transpirasi, infiltrasi, dan perkolasi.

e. Manusia

Aktivitas manusia dapat mempengaruhi debit sungai. Pembukaan lahan untuk aktivitas pertanian dan pembangunan serta urbanisasi mempengaruhi sifat fisik Daerah Aliran Sungai (DAS).

KRS adalah perbandingan antara debit air maksimum dan debit minimum dalam suatu DAS. Tersusunnya RTkRHL – DAS tak terlepas oleh pengembangan sumber daya air yang difokuskan kepada upaya pengendalian tata air dimana pengendalian tata air bertujuan untuk memperkecil nilai dari KRS (Kementerian Kehutanan RI, 2010). Nilai KRS menunjukkan perbandingan antara nilai debit sungai maksimum (q_{maks}) dan debit sungai minimum (q_{min}). Apabila nilai krs tinggi, maka akan ditemukan nilai debit puncak sungai yang sangat besar pada saat kejadian hujan dan nilai debit minimum yang sangat kecil pada saat musim kemarau. Hal ini memberi pertanda bahwa aliran air menjadi sangat besar jika terjadi hujan sehingga terkadang tidak mampu lagi ditampung oleh sungai yang berakibat air meluap dan menyebabkan genangan. Jika musim kemarau, aliran air sungai akan sangat kecil bahkan tidak jarang terjadi kekeringan melanda suatu DAS sebagai konsekuensi dari tidak cukupnya ketersediaan air. Nilai KRS yang tinggi adalah hasil pengelolaan tata air yang buruk dan menjadi salah satu indikator dalam penilaian suatu DAS.

1.4.3 Koefisien Rezim Sungai (KRS)

Standar nilai KRS yang dapat dijadikan sebagai acuan yaitu sebagai berikut (Kementerian Kehutanan RI, 2010):

1. Baik; apabila $KRS < 50$
2. Sedang; apabila $KRS 50 - 120$
3. Jelek; apabila $KRS > 120$

Menurut FAO (1996) dalam (Kultsum, 2021) nilai hutan adalah nilai – nilai ekonomi yang berhubungan dengan hutan yang dengan kata lain nilai – nilai yang berkaitan dengan ukuran keuangan (*monetary measure*) yang dapat diperoleh dari hutan. Hal ini tidak berarti nilai – nilai lain seperti nilai sosial, etika, budaya dan religius tidak perlu dipertimbangkan.

Dalam memanfaatkan hutan terdapat banyak nilai, beberapa diantaranya dapat diukur secara sempurna di pasar tertentu dalam bentuk uang, estetika, rekreasi dan nilai air yang berhubungan dengan lahan hutan misalnya sangat penting diketahui dalam hubungannya dengan penentuan penggunaan lahan (*land use*), tetapi pengukurannya dalam bentuk uang tidak sempurna dan tidak lengkap (Kultsum, 2021)

1.4.4 Nilai Hutan

Gregersen dan Contreras (1992) dan FAO (1996) dalam (Kultsum, 2021) mengemukakan berbagai macam nilai hutan sebagai berikut :

- 1) Nilai Penggunaan Langsung (*direct use value*) terdiri atas:
 - a. Penggunaan konsumtif (*consumptive use*) yang meliputi:
 1. Barang – barang yang dapat dipasarkan secara komersial (*commercial/industrial goods*) seperti: kayu bakar, papan, pulp, buah – buahan, binatang, makanan ternak, obat – obatan, dan lain – lain;
 2. Barang dan jasa yang tidak dipasarkan (*indigenous non market good and service*) seperti: kayu bakar, binatang, kulit, buah – buahan, dan lain – lain.
 - b. Penggunaan tidak konsumtif (*non consumptive use*) seperti rekreasi, ilmu pengetahuan dan lain – lain.
- 2) Nilai penggunaan tidak langsung (*indirect use value*)
Seperti perlindungan daerah aliran sungai atau daerah hilir, perlindungan dan peningkatan kesuburan tanah, pertukaran gas dan penyimpanan karbon (meningkatkan kualitas udara, menurunkan gas – gas rumah kaca), sebagai habitat serta perlindungan jenis dan keanekaragaman hayati.
- 3) Nilai pilihan (*option value*)
Meskipun seorang tidak mempunyai rencana untuk menggunakan suatu nilai hutan, mereka kadang – kadang mau membayar sesuatu sebagai pilihan untuk memanfaatkannya di masa datang. Nilai pilihan ini banyak berkaitan dengan elemen – elemen budaya, termasuk moral dan etika kepercayaan.
- 4) Nilai eksistensi/keberadaan (*existence value*)
Hutan mempunyai nilai yang selalu ingin dipertahankan oleh masyarakat untuk dimanfaatkan di masa datang. Masyarakat misalnya bersedia mengorbankan uang, waktu, dan sumber – sumber lain untuk mempertahankan spesies – spesies dan ekosistem tertentu yang terancam. Secara ekonomi, nilai eksistensi mungkin diwujudkan dalam bentuk religius, spiritual, budaya, atau nilai – nilai lainnya yang diyakini oleh individu atau kelompok sosial dalam masyarakat.

1.4.5 Metode Penilaian Sumber Daya Hutan

Penggunaan metode analisis biaya dan manfaat (*Cost – benefit analysis*) yang konvensional sering tidak mampu menjawab permasalahan dalam menentukan nilai sumberdaya karena konsep biaya dan manfaat sering tidak memasukkan manfaat

ekologis di dalam analisisnya (Fauzi, 2006). Oleh karena itu, lahirlah pemikiran konsep valuasi ekonomi, khususnya valuasi non pasar (*non – market valuation*).

Valuasi ekonomi penggunaan sumberdaya alam hingga saat ini telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Dalam konteks ilmu ekonomi sumberdaya dan lingkungan, perhitungan – perhitungan tentang biaya lingkungan sudah banyak berkembang (Dijiono, 2002). Beberapa metode penilaian barang dan jasa lingkungan sebagai berikut.

a. Metode Pendekatan Produktivitas (*Method of Productivity*).

Metode produktivitas disebut juga sebagai faktor pendapatan bersih atau nilai yang digunakan untuk memperkirakan nilai ekonomi ekosistem produk atau layanan yang diproduksi secara komersial di pasar (King dkk, 2000). Kuantitas sumberdaya alam dipandang sebagai faktor produksi. Perubahan dalam kualitas lingkungan mengubah produktivitas dan biaya produksi yang kemudian mengubah harga dan tingkat yang dapat diamati dan diukur (KLH, 2007).

b. *Benefit transfer*

Metode ini bertujuan untuk menduga nilai sumber daya alam dan lingkungan dengan cara meminjam hasil studi atau penelitian di tempat lain yang mempunyai karakteristik dan tipologi yang sama atau hampir sama (KLH, 2007). Manfaat metode transfer digunakan untuk memperkirakan nilai ekonomi layanan ekosistem yang tersedia dengan mentransfer informasi dari studi yang pernah dilakukan di tempat lain. Benefit transfer sering digunakan bila penelitian yang akan dilakukan terlalu mahal atau karena keterbatasan waktu yang tersedia untuk melakukan penilaian terhadap manfaat lingkungan (King dkk, 2000).

c. Metode Harga Hedonik (*Method of Hedonic Price*)

Metode ini didasarkan pada gagasan bahwa barang pasar menyediakan pembeli dengan sejumlah jasa yang beberapa di antaranya bisa merupakan kualitas lingkungan. Misalnya bangunan rumah dengan kualitas udara segar disekitarnya, pembelinya akan menerimanya sebagai pelengkap (Yakin, 2004). Metode harga hedonic yang digunakan untuk memperkirakan nilai ekonomi ekosistem atau jasa lingkungan yang secara langsung dapat mempengaruhi harga pasar (King dkk, 2000).

d. Metode Biaya Pengganti (*Method of Replacement Cost*)

Teknik digunakan untuk mengganti biaya perbaikan suatu kerugian asset lingkungan dan penggantian biaya ini merupakan sebuah nilai keuntungan dari perbaikan lingkungan (Turner dkk, 1994). Pendekatan ini secara umum mengidentifikasi biaya pengeluaran untuk perbaikan lingkungan hingga mencapai / mendekati keadaan semula. Biaya yang diperhitungkan untuk mengganti sumber daya alam (SDA) yang rusak dan kualitas lingkungan yang menurun atau karena praktek pengelolaan SDA yang kurang sesuai dapat menjadi dasar penaksiran manfaat yang diperkirakan dari suatu perubahan (KLH, 2007).

e. Metode Valuasi Kontingen (*Contingent Valuation Method*)

Metode valuasi kontingen adalah metode teknik survey untuk menanyakan penduduk tentang nilai atau harga yang mereka berikan terhadap komoditi yang tidak memiliki pasar seperti barang lingkungan, jika pasarnya betul – betul tersedia atau jika ada cara – cara pembayaran lain seperti pajak yang diterapkan. Secara prinsip, metode ini memiliki kemampuan untuk diterapkan dalam menilai keuntungan dari penyediaan

barang lingkungan pada lingkup masalah lingkungan yang luas dan juga mampu menentukan pilihan estimasi harga pada kondisi ketidakpastian (*uncertainty*).

f. Metode Harga Pasar (*Method of Market Price*)

Pendekatan ini dilakukan untuk memberikan harga SDA dan lingkungan menggunakan harga pasar yang sesungguhnya (KLH, 2007). Metode harga pasar digunakan untuk memperkirakan nilai ekonomi ekosistem produk atau layanan yang dibeli dan dijual di pasar komersial, menggunakan teknik standar ekonomi untuk mengukur manfaat ekonomi dari pasar barang, berdasarkan jumlah orang yang membeli pada harga yang berbeda. Standar metode yang digunakan untuk mengukur nilai sumber daya di pasar adalah perkiraan surplus konsumen dan surplus produsen menggunakan harga pasar dan kuantitas data.

1.4.6 Kualitas Air

1. Kualitas Air

Kualitas air yaitu sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat energy atau komponen lain di dalam air. Kualitas air juga merupakan istilah yang menggambarkan kesesuaian atau kecocokan air untuk penggunaan tertentu, misalnya air minum, perikanan, pengairan/irigasi, industri, rekreasi, dan sebagainya (Kultsum, 2021).

Beberapa defenisi yang berkaitan dengan kualitas air (PPRI Nomor 82 tahun 2001 dalam Kultsum, 2021):

- a. Sumber air adalah wadah air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini akuifer, mata air, sungai, rawa, danau, situ, waduk, dan muara;
- b. Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter – parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang – undangan yang berlaku;
- c. Kelas air adalah peringkat kualitas air yang dinilai masih layak untuk dimanfaatkan bagi peruntukan tertentu;
- d. Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energy, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air;

2. Pencemaran Air

Pencemaran air adalah gangguan pada mutu air sehingga air tidak bisa digunakan sesuai peruntukannya. Keadaan normal air berbeda – beda tergantung pada faktor penentunya yaitu kegunaan air dan asal sumber air (Effendi, 2003). Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air yang dimaksud dengan pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hdiup zat energy dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi sesuai dengan peruntukannya (PPRI Nomor 82 tahun 2001 dalam Kultsum, 2021).

Bahan pencemar atau polutan adalah bahan - bahan yang bersifat asing bagi alam atau bahan yang berasal dari alam sendiri yang memasuki suatu ekosistem sehingga mengganggu peruntukan ekosistem tersebut. Berdasarkan cara masuknya ke dalam lingkungan, polutan dikelompokkan menjadi dua yaitu polutan alamiah dan

polutan antropogenik. Polutan alamiah adalah plutan yang memasuki suatu lingkungan atau badan air secara alami misalnya akibat letusan gunung berapi tanah longsor, banjir, dan fenomena alam yang lain. Polutan antropogenik adalah plutan yang masuk ke badan air akibat aktivitas manusia misalnya kegiatan domestik (rumah tangga), kegiatan urban (perkotaan), kegiatan industri. Intensitas antropogenik dapat dikendalikan dengan cara mengontrol aktivitas yang menyebabkan timbulnya polutan tersebut (Effendi, 2003).

Berdasarkan perbedaan sifat – sifatnya polutan air dapat dikelompokkan menjadi 9 (sembilan) kelompok yaitu: (1) pdatan; (2) bahan bungana yang membutuhkan oksigen (*oxygen-demanding wastes*); (3) mikroorganisme; (4) komponen organik sitetik; (5) nutrien tanaman; (6) minyak; (7) senyawa anorganik dan mineral; (8) bahan radioaktif dan (9) panas. Pengelompokan tersebut bukan merupakan pengelompokan yang baku, akrena suatu jenis polutan dapat dimasukkan ke dalam lebih dari satu kelompok (Yuliasuti, 2011).

1.4.7 Penutupan Lahan

Hardjowigeno dan Widiatmaka (2011) menyebutkan bahwa lahan merupakan lingkungan fisik yang meliputi tanah, iklim, relief, hidrologi dan vegetasi, di mana faktor – faktor tersebut mempengaruhi potensi penggunaannya. Menurut Arsyad (2010) lahan juga berarti hasil aktivitas manusia di masa lampau maupun masa sekarang dan perluasan sifat – sifatnya tersbut mempunyai pengaruh terhadap penggunaan lahan oleh manusia di saat sekarang maupun di masa yang akan datang.

Arsyad (2010) mendefenisikan penggunaan lahan (*landuse*) sebagai setiap bentuk intervensi (campur tangan) manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik materil maupun spiritual. Berdasarkan SNI 7645 (2010) penutupan lahan adalah permukaan bumi yang dapat diamati merupakan suatu hasil pengaturan, aktivitas, dan perlakuan manusia yang dilakukan pada jenis penutupan lahan tertentu untuk melakukan kegiatan produksi, perubahan, ataupun perawatan pada penutup lahan tersebut. Kelas penutupan lahan dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu daerah bervegetasi dan daerah tak bervegetasi. Semua kelas penutupan lahan dalam kategori daerah bervegetasi diturunkan dari pendekatan konseptual struktur fisiognomi yang konsisten dari bentuk tumbuh, bentuk tutupan, tinggo tumbuhan, dan distribusi spasialnya. Daerah yang dikategorikan tidak bervegetasi, pendetailan kelas mengacu pada aspek permukaan tutupan, distribusi atau kepadatan, dan ketinggian atau kedalaman objek.

Perubahan tutupan lahan yang terjadi pada suatu wilayah seperti daerah berhutan menjadi tidak berhutan yang umumnya dijadikan lahan pertanian akan sangat mempengaruhi keadaan DAS. Perubahan nilai debit sungai terjadi sebagai akibat adanya erosi yang disebabkan perubahan tutupan lahan. Erosi akan menyebabkan meningkatnya kandungan zat padat tersuspensi (*suspended solid*) dalam air sungai sebagai akibat dari sedimentasi (Asdak, 2010). Arsyad (2010) menyatakan bahwa penagruh vegetasi terhadap aliran permukaan dan erosi dapat dibagi dalam (1) intersepsi air hujan, (2) mengurangi kecepatan aliran permukaan dan kekuatan perusak hujan, (3) pengaruh akar, bahan organik sisa – sisa tumbuhan yang jatuh di permukaan tanah, dan kegiatan – kegiatan biologi yang berhubungan dengan pertumbuhan vegetatif dan pengaruhnya terhadap stabilitas struktur porositas tanah, dan (4) transpirasi yang mengakibatkan berkurangnya kandungan air tanah. Untuk mengetahui akibat yang

ditimbulkan dari perubahan penutupan lahan terhadap karakteristik hidrologi dapat menggunakan model hidrologi yang saat ini banyak berkembang. Berdasarkan Homdee, dkk. (2011) salah satu model untuk menduga dampak perubahan penutupan lahan terhadap respon hidrologi adalah *Soil and Water Assessment Tool (SWAT)*.

1.4.8 Metode *Soil and Water Assessment Tool (SWAT)*

SWAT adalah model yang dikembangkan oleh Dr. Jeff Arnold pada awal tahun 1990 – an untuk pengembangan *Agricultural Research Service (ARS)* dari USDA. Model tersebut dikembangkan untuk melakukan prediksi dampak dari manajemen lahan pertanian terhadap air, sedimentasi dan jumlah bahan kimia, pada suatu area DAS yang kompleks dengan mempertimbangkan variasi jenis tanahnya, tata guna lahan, serta kondisi manajemen suatu DAS setelah melalui periode yang lama. SWAT merupakan model terdistribusi yang terhubung dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan mengintegrasikan Spasial DSS (*Decision Support System*). 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).

Peta HRU tersusun atas kombinasi peta tutupan lahan, klasifikasi kelas lereng dan peta jenis tanah, selanjutnya dikelompokkan pada setiap wilayah DAS/Sub DAS. Pembagian DAS mampu membuat model yang mencerminkan perbedaan evapotranspirasi untuk jenis tanaman dan tanah yang bervariasi. Aliran permukaan (*surface runoff*) diprediksi secara terpisah untuk masing – masing HRU dan dapat ditelusuri untuk memperoleh aliran permukaan total (*total runoff*) suatu DAS. Hal ini dapat meningkatkan keakuratan dan memberikan gambaran fisik yang lebih baik untuk neraca air (Ditjen. BP DAS dan Perhutanan Sosial, 2014).

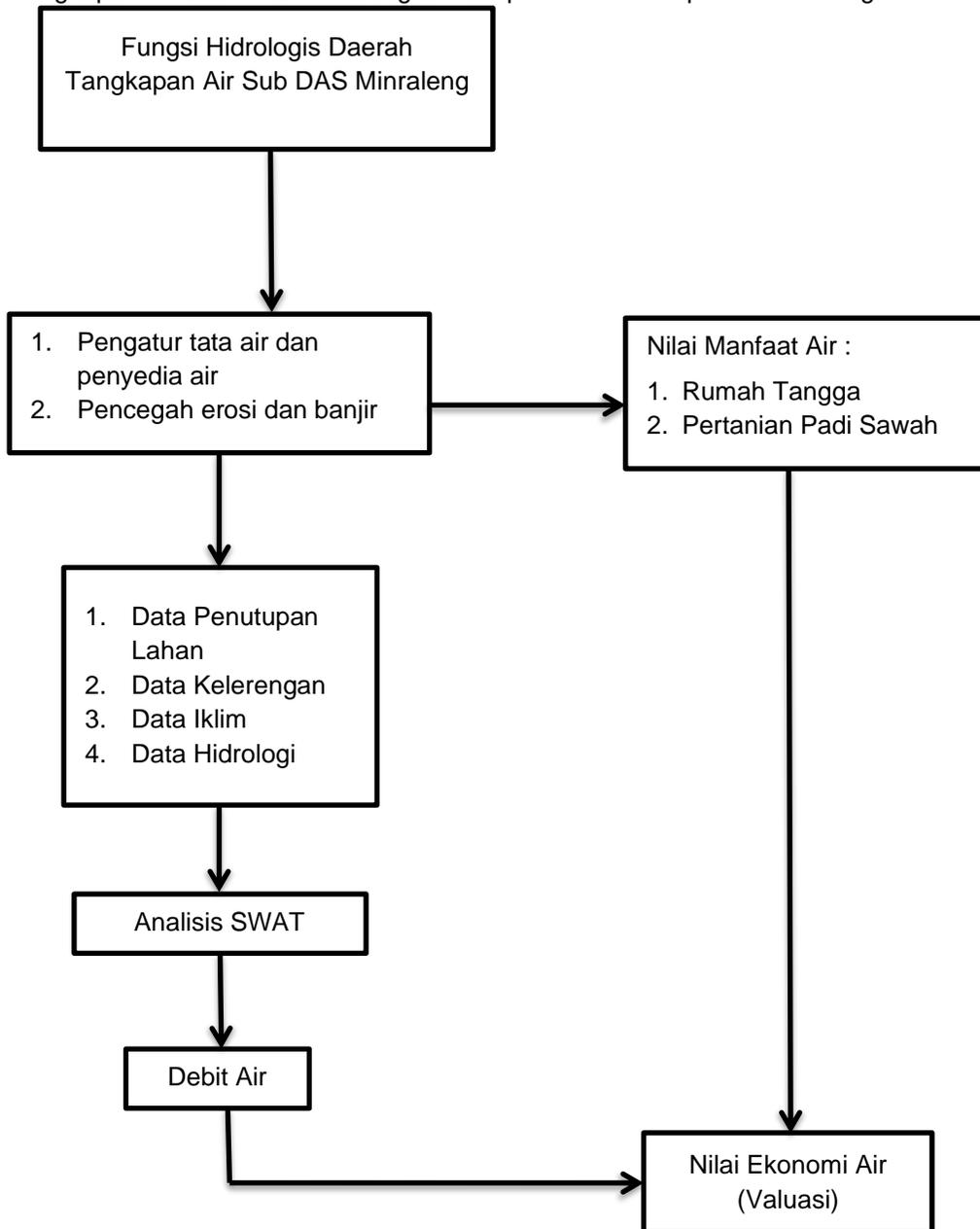
Output SWAT terangkum dalam *file – file* yang terdiri dari *file* HRU, SUB, dan RCH. File HRU berisikan *output* dari masing – masing sungai utama pada setiap Sub DAS. Informasi *output* pada data SUB dan data HRU adalah luas area (AREA km²), jumlah curah hujan (PRECIP mm), evapotranspirasi aktual (ET mm H₂O), kandungan air tanah (SW), aliran permukaan (SURQ mm), aliran lateral (LATQ), aliran dasar (GWQ mm), hasil sedimen (SED ton/ha) (Adrianita, 2011).

1.4.9 Kerangka Berpikir Penelitian

Fungsi hidrologis hutan pada Daerah Tangkapan Air Sub DAS Minraleng di Kabupaten Maros dapat diketahui dengan menganalisa kondisi fisik DAS, yaitu Data Penutupan Lahan, Data Kelerengan, Data Iklim, dan Data Hidrologi.

Analisa terhadap kondisi fisik hilir Daerah Tangkapan Air Sub DAS Minraleng dilakukan dengan menggunakan analisis Soil Water Assessment Tools (SWAT) untuk mengetahui pengaruh tutupan lahan terhadap fungsi hidrologis, kemudian dihubungkan dengan jasa ekosistem DAS (nilai manfaat) yang diperoleh dari fungsi hidrologis tersebut. Nilai manfaat/jasa ekosistem DAS pada penelitian ini difokuskan untuk mengetahui nilai manfaat air yang digunakan untuk pembangkit listrik dan irigasi persawahan.

Bagan alur kerangka fikir penelitian valuasi fungsi hidrologis hutan pada Daerah Tangkapan Air Sub DAS Minraleng di Kabupaten Maros dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 1. Kerangka Berpikir Penelitian

BAB II

METODE PENELITIAN

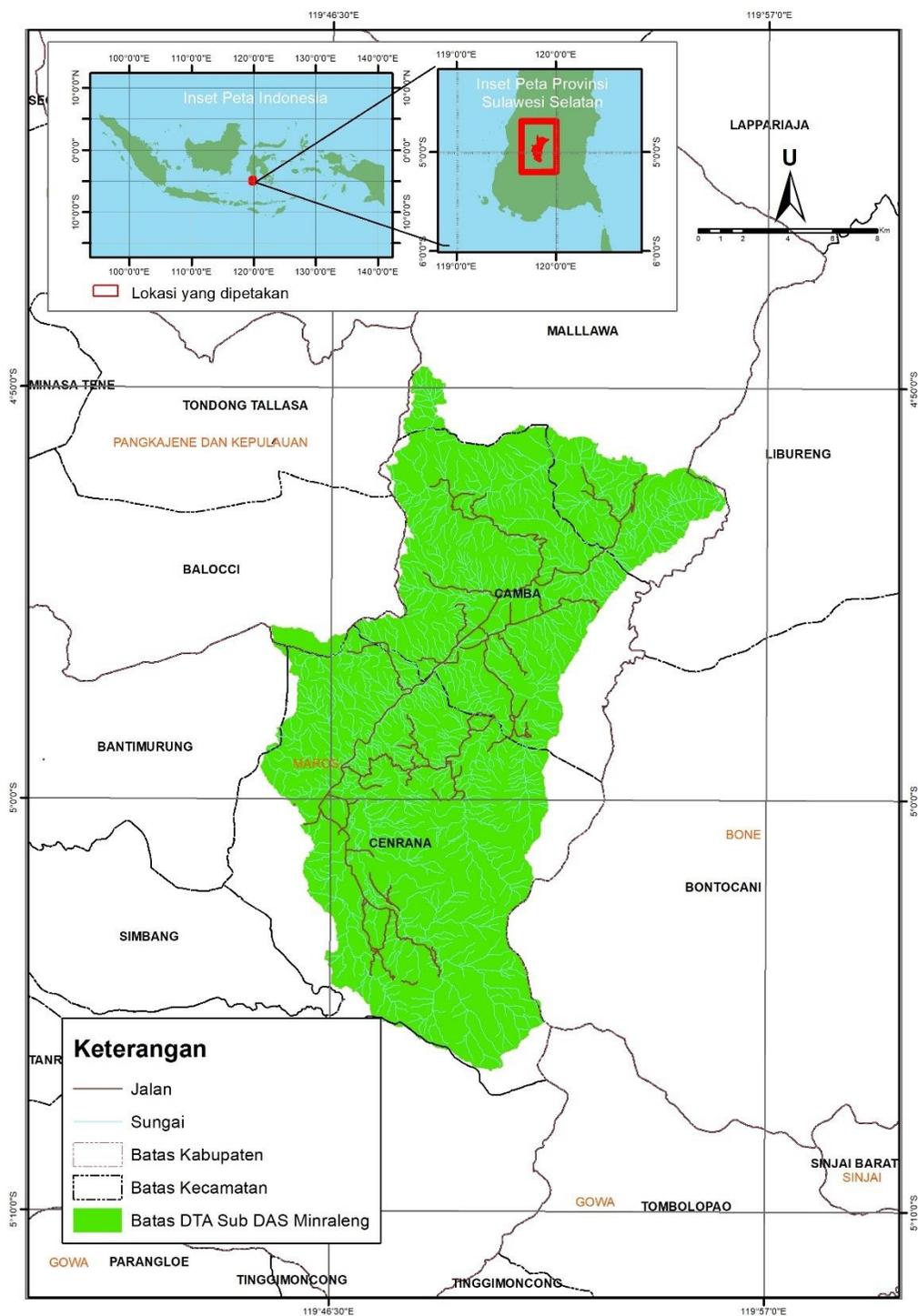
2.1 Pendekatan dan Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat kuantitatif karena menggunakan data yang disertai dengan angka – angka, dengan melakukan observasi lapangan dan juga melakukan survey pada pihak – pihak yang mendapatkan manfaat dari keberadaan hutan sebagai bagian dari ekosistem Daerah Tangkapan Air.

Sasaran survei pada penelitian ini adalah pihak – pihak yang memanfaatkan sumberdaya hutan sebagai pengatur tata air yang berada di wilayah Daerah Tangkapan Air Sub DAS Minraleng, yaitu masyarakat pengguna air serta pengguna/pengambil manfaat rumah tangga dan irigasi pertanian padi sawah.

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Agustus 2023 sampai dengan Januari 2025. Lokasi penelitian dilakukan di Daerah Tangkapan Air Sub DAS Minraleng yang secara administrasi terletak di Kecamatan Cenrana, Kecamatan Camba dan Kecamatan Mallawa Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan (Gambar 1). Analisis sampel tanah di Laboratorium Silvikultur dan Fisiologi Pohon, analisis SWAT di Laboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai serta analisis Valuasi dilakukan di Laboratorium Kebijakan dan Kewirausahaan Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian Daerah Tangkapan Air Sub DAS Minraleng

2.3 Alat dan Bahan Penelitian

2.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian, yaitu :

1. Laptop yang dilengkapi oleh perangkat lunak (*software*) yaitu, *Microsoft Office Word, Excel* dan *Access* yang digunakan untuk membantu pengolahan kata dan data numeric, serta *ArcGIS 10.3* yang digunakan untuk pengolahan data spasial dan SWAT.
2. *Receiver GPS (Geography Position System)* digunakan dalam pengambilan titik kordinat lokasi penelitian
3. Cangkul digunakan sebagai alat untuk menggali tanah
4. *Ring sample* digunakan untuk mengambil sampel tanah tidak terusik
5. Label digunakan untuk melabeli atau menandai sampel tanah yang diambil
6. Plastic sampel digunakan untuk menyimpan sampel tanah terusik
7. Alat tulis menulis digunakan untuk mencatat hasil pengamatan
8. Kamera digunakan untuk mendokumentasikan hasil penelitian
9. Pipet tetes digunakan untuk meneteskan bahan kimia pada tanah
10. Botol roll film digunakan untuk mengocok tanah
11. pH meter digunakan untuk menentukan pH tanah
12. Gelas ukur digunakan untuk menghitung jumlah air
13. Timbangan digital digunakan untuk menimbang tanah
14. Buret digunakan untuk meneteskan larutan indicator
15. Pipa paralon digunakan untuk mengukur permeabilitas

2.3.2 Bahan

Bahan yang dibutuhkan berupa data primer hasil pengamatan langsung dan data spasial berupa peta. Informasi data yang dibutuhkan tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Data dan Keterangan Data

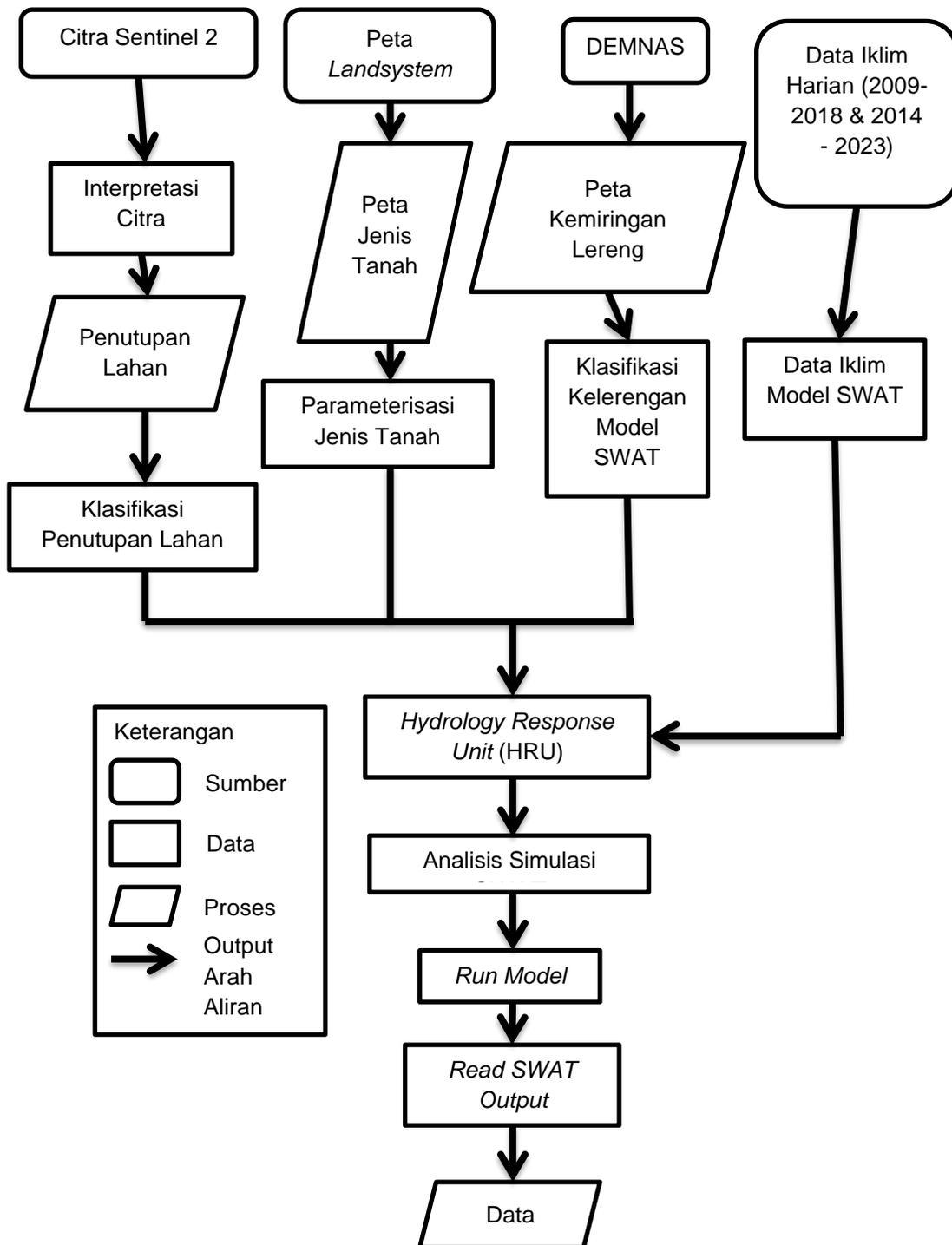
Jenis data	Keterangan Data
Citra <i>Sentinel 2</i> tahun 2018 dan 2023	Resolusi 15 meter hasil penajaman citra Sumber data : www.usgs.gov
Data Lereng	DEMNAS resolusi 10 meter Sumber data : INAGEOPORTAL (tanahair.indonesia.go.id)
Data Tanah	Data sistem lahan (<i>landsystem</i>) Regional Physical for Transmigration (REPPPProt) tahun 1984 dan hasil analisis sifat fisik tanah di laboratorium.
Data Iklim	Hujan harian, suhu maksimum – minimum harian, kelembaban, temperatur, lama penyinaran matahari, kecepatan angin rata – rata harian tahun 2009 – 2018 dan 2014 – 2023.

	Sumber data : <i>https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/</i>
Nilai Manfaat Air	Wawancara & Kuisisioner Sumber : Masyarakat sekitar Daerah Tangkapan Air.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Menghitung Debit Air Sungai

Prosedur penelitian ini melalui 2 tahap utama yaitu penyiapan data dan pemodelan hidrologi dengan model SWAT. Data yang disiapkan digunakan sebagai data input pada model SWAT. Secara singkat, prosedur penelitian dapat terlihat di Gambar 2.



Gambar 3. Tahapan Analisis SWAT

2.4.2 Penyiapan Data

1. Data iklim yang disiapkan terdiri atas hujan harian, suhu maksimum – minimum harian, kelembaban, temperature minimum dan maksimum harian, lama penyinaran matahari, kecepatan angin rata – rata harian tahun 2009 – 2018 dan 2014 – 2023. Data iklim diperoleh dari <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
2. Peta penutupan lahan tahun 2018 dan 2023 dibuat berdasarkan hasil interpretasi citra *Sentinel 2*. Citra *Sentinel 2* memiliki resolusi 10 meter. Interpretasi citra dilakukan menggunakan aplikasi *ArcMap*. Citra akan diorthoretrifikasi lalu dilakukan *image classification* untuk menentukan penutupan lahan berdasarkan pola dan karakteristik yaitu rona, warna, dan tekstur pada citra tersebut. Penentuan kelas penutupan lahan diklasifikasikan sesuai dengan penamaan penutupan lahan model SWAT.
3. Data jenis tanah yang digunakan diperoleh dari data sistem lahan (*landsystem*) Regional Physical for Transmigration (RePPProt) Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional tahun 1987.
 - a) Volume Retak Tanah (SOL_CRK)
 - b) Kapasitas Air Tersedia (SOL_AWC)
 - c) Konduktivitas Hirdolik Jenuh (SOL_K)
 - d) Kelompok Hidrologi Tanah (HYDGRP)
 - e) Albedo Tanah (SOL_ALB)
4. Data sifat fisik tanah diperoleh dari peta semi detail 1:50.000. Pengambilan sampel tanah di lapangan bertujuan untuk menrincikan karakteristik sifat tanah dan dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling*. *Purposive sampling* adalah teknik pengambilan sampel dengan mempertimbangkan kriteria tertentu (Sugiyono, 2019). Pengambilan sampel tanah terusik dan tidak terusik menggunakan ring sampel dengan cara :
 - a) Menggali permukaan tanah perlahan – lahan menggunakan cangkul.
 - b) Membersihkan permukaan tanah dari tumbuhan serasah dan batu kemudian meratakannya.
 - c) Meletakkan ring sampel secara acak pada permukaan tanah dimana bagian tajam bersinggungan dengan tanah.
 - d) Menekan ring sampel kedua tepat di atas ring hingga $\frac{3}{4}$ bagian terbenam dalam tanah.
 - e) Menekan ring sampel kedua tepat di atas ring sampel pertama sampai kedalaman 0 – 30 cm.
 - f) Menggali tanah sekeliling ring sampel sehingga ring sampel dapat diambil dalam keadaan utuh dan bersambungan.
 - g) Mengerat tanah lebihan di bagian depan ring sampel pertama dan di antara ring sampel pertama dan kedua dengan pisau tipis. Kemudian menutup ring sampel dengan tutup tabung yang tersedia.
 - h) Sampel tanah terusik diambil dari tanah bekas galian ring sampel yang dibenamkan di dalam tanah, kemudian disimpan pada palstik sampel dan diberi label.

Uji laboratorium terhadap sampel tanah untuk menghasilkan karakteristik tanah sebagai berikut

- Jumlah lapisan tanah (NLAYERS)
- Kedalaman akar tanaman (SOL_ZMX)
- Porositas tanah (ANION_EXCL)

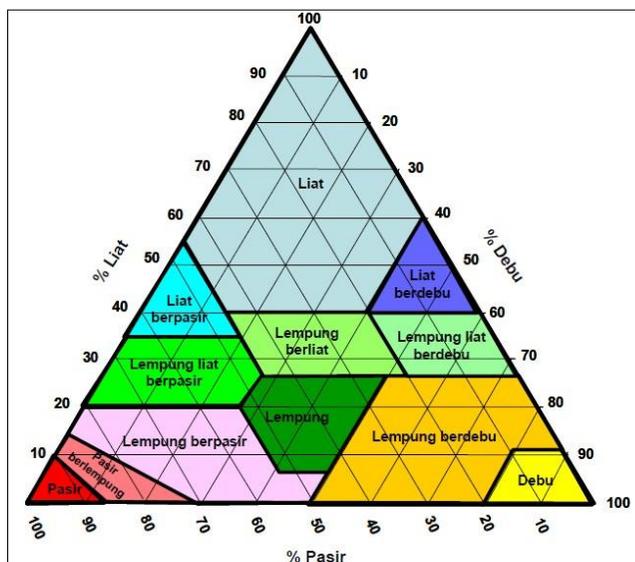
$$\text{Porositas} = 1 - \frac{\text{Bulk Density}}{\text{Partikel Density}} + 100\%$$

dimana,

$$\text{Partikel Density} = 2,56 \text{ g/cm}^3$$

- Tekstur (TEXTURE)

Hasil analisis sampel tanah didapatkan persentase debu, liat dan pasir. Penentuan kelas struktur tanah menggunakan segitiga tekstur dari United State Department of Agriculture (USDA) disajikan pada Gambar 3.



Gambar 4. Segitiga Tekstur Tanah

$$\% \text{liat} = \frac{\text{Berat pasir BDL} + \text{Berat pasir}}{\text{Berat pasir BDL} + \text{Berat pasir}} \times 100 (\%)$$

$$\% \text{debu} = \frac{\text{Berat debu BDL} + \text{Berat pasir}}{\text{Berat debu BDL} + \text{Berat pasir}} \times 100 (\%)$$

$$\% \text{pasir} = \frac{\text{Berat liat BDL} + \text{Berat pasir}}{\text{Berat liat BDL} + \text{Berat pasir}} \times 100 (\%)$$

dengan

$$BDL = H1 + 0,3X(T1 - 1,98)^{2-0,5}$$

$$BL = H2 + 0,3X(T1 - 1,98)^{2-0,5}$$

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

Keterangan :

BDL = Berat Debu Liat Pasir

BL = Berat Liat

H1 dan H2 = Pengukuran suspensi dengan *hydrometer*

T1 dan T2 = Pengukuran suspensi dengan *thermometer*

e) Kedalaman Tanah (SOL_Z)

Kedalaman tanah diukur setelah digali dengan 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 terusik direndam semalaman pada wadah. Setelah direndam sampel kemudian dialiri dengan air. Banyaknya volume yang lolos melewati ring merupakan total volume air yang dapat diloloskan oleh tanah.

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

h) Bahan Organik (SOL_CBN)

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

$$C\% = \frac{(B-T) \times 0,2 \times 3 \times 1,33}{\text{Berat Sampel Tanah}} 100\%$$

i) Persentase Liat (CLAY)

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

dimana,

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

j) Persentase Debu (SILT)

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

dimana,

$$Berat\ Debu = BDL - BL$$

k) Persentase Pasir (SAND)

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

dimana,

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

l) Erodibilitas Tanah (USLE_K)

m) pH (SOL_pH)

5. Peta kemiringan lereng dapat dibuat dengan mengolah data DEM (*Digital Elevation Model*) berdasarkan DEMNAS Tahun 2010 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 – 40 % (curam), >40 % (sangat curam).

2.4.3 Pemodelan Hidrologi dengan Model SWAT

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. Membangun data masukan model SWAT berdasarkan masukan pada tahap 1 hingga 3 yang akan terbentuk secara otomatis dengan memilih sub menu *Write All*.
5. 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*.

2.4.4 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):

$$q_{ch} = \frac{A \cdot R_{ch}^{\frac{2}{3}} \cdot slp_{ch}^{\frac{2}{3}}}{n} \times 100\%$$

Keterangan :

- q_{ch} : Debit saluran (m³/s)
 A_{ch} : Luas penampang saluran (m²)
 R_{ch} : Radius hidraulik saluran (m)
 slp_{ch} : Kemiringan sepanjang saluran (m/m)
 n : Koefisien kekasaran Manning

Perhitungan KRS dilakukan setelah nilai debit minimum dan maksimum diketahui. Perhitungan KRS dirumuskan dengan (Kementerian Kehutanan RI, 2010):

$$KRS = \frac{q_{maks}}{q_{min}}$$

Keterangan :

- KRS : Koefisien Rezim Sungai
 q_{maks} : Debit maksimum
 q_{min} : Debit minimum

2.4.5 Menghitung Nilai Manfaat Hidrologis Hutan (Valuasi)

Data Valuasi diperoleh dari wawancara yang dilakukan pada masyarakat di sekitar hilir Daerah Tangkapan Air Sub DAS Minraleng. Pengambilan sampel berupa kuisioner pada sejumlah responden dan dilakukan dengan menggunakan metode *snowball sampling*. Nilai manfaat yang dihasilkan dari manfaat hidrologis hutan pada penelitian ini digunakan teknik valuasi sebagai berikut (Putri, 2013 ; Pratama, dkk, 2018).

a. Rumah Tangga

Untuk menghitung nilai ekonomi pemanfaatan air rumah tangga menggunakan Persamaan 1. Pada persamaan tersebut, NART adalah nilai ekonomi pemanfaat air rumah tangga (Rp/KK/bulan), RTPA adalah jumlah rumah tangga pemanfaat air (KK), JA adalah rata – rata jumlah anggota keluarga (Orang/KK), KP adalah konsumsi rata – rata air rumah tangga (m³/KK/bulan), dan HAS adalah harga setara PDAM (Rp/m³)

$$NART = RTPA \times JA \times KP \times HAS \dots\dots\dots(Persamaan 1)$$

b. Pertanian Padi Sawah

Untuk menghitung nilai pemanfaat air untuk pertanian sawah, menggunakan Persamaan 2. Pada persamaan tersebut, NAUT adalah nilai pemanfaat air untuk pertanian sawah, LUT adalah luas lahan sawah (Ha), BPA adalah biaya pengadaan

air (Rp/ha/musim tanam per tahun), dan MAT adalah musim tanam padi (musim tanam per tahun).

$$\text{NAUT} = \text{LUT} \times \text{BPA} \times \text{MAT} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2})$$

c. Nilai Ekonomi Total

Nilai pemanfaat air Sub DAS Minraleng yang dihitung adalah nilai penggunaan yang meliputi nilai penggunaan langsung dan nilai penggunaan tidak langsung. Nilai penggunaan ini didasarkan pada kondisi pemanfaatan air Sub DAS Minraleng yang digunakan oleh masyarakat di hilir DAS untuk kepentingan rumah tangga, pertanian padi sawah, dan PLTMH. Sehingga nilai ekonomi pemanfaat air Daerah Tangkapan Air Sub DAS Minraleng dirumuskan pada Persamaan 3. Pada persamaan tersebut NET adalah nilai total pemanfaat air masyarakat sekitar Daerah Tangkapan Air Sub DAS Minraleng, NART adalah nilai ekonomi pemanfaatan air rumah tangga (Rp/tahun), NAUT adalah nilai ekonomi pemanfaatan air untuk pertanian padi sawah (Rp/tahun), dan NAPL adalah nilai ekonomi pemanfaatan air untuk listrik (Rp/tahun).

$$\text{NET} = \text{NART} + \text{NAUT} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3})$$