

SKRIPSI

**ANALISIS DAMPAK PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN
TERHADAP NILAI DEBIT SUNGAI DI SUB DAERAH
ALIRAN SUNGAI JENELATA**

Disusun dan Diajukan Oleh:

BRIGITTA AUDRYNNE ROMBE BUNGA

M011171535



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS DAMPAK PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN TERHADAP
NILAI DEBIT SUNGAI DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI JENELATA**

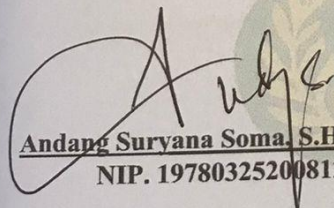
**BRIGITTA AUDRYNNE ROMBE BUNGA
M011171535**

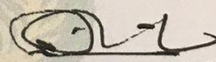
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan Fakultas
Kehutanan Universitas Hasanuddin
pada tanggal 27 Agustus 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping


Andang Suryana Soma, S.Hut., MP., Ph.D
NIP. 19780325200812 1 002


Dr. Ir. Usman Arsyad, MP., IPU
NIP. 19540107198503 1 002



Program Studi,
Dr. Forest. Muhammad Alif K.S., S.Hut., M.Si
NIP. 19790831 200812 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Brigitta Audrynn Rombe Bunga
Nim : M011171535
Program Studi : Kehutanan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul
Analisis Dampak Perubahan Penutupan Lahan terhadap Nilai Debit Sungai di Sub
Daerah Aliran Sungai Jenelata

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 27 Agustus 2021

Yang menyatakan



Brigitta Audrynn Rombe Bunga

ABSTRAK

Brigitta Audryenne Rombe Bunga (M011171535). Analisis Dampak Perubahan Penutupan Lahan terhadap Nilai Debit Sungai di Sub Daerah Aliran Sungai Jenelata di bawah bimbingan Andang Suryana Soma dan Usman Arsyad.

Alih fungsi lahan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) cenderung meningkat dan berdampak terhadap karakteristik hidrologi, salah satunya yaitu debit sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan penutupan lahan dan menganalisis dampak yang ditimbulkannya terhadap nilai debit sungai di Sub DAS Jenelata. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam merencanakan pengelolaan jangka panjang Sub DAS Jenelata. Penelitian dilakukan selama delapan bulan di Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang melalui beberapa tahapan yaitu penyiapan data, pemodelan hidrologi dengan model SWAT dan analisis data. Analisis dampak perubahan tutupan lahan terhadap nilai debit sungai menggunakan simulasi model SWAT. SWAT membutuhkan input data berupa peta penutupan lahan, peta jenis tanah, peta kelerengan, dan data iklim. Simulasi SWAT dilakukan pada dua periode yaitu tahun 2015 dan tahun 2020. Hasil simulasi SWAT menunjukkan kenaikan nilai debit sungai pada tahun 2020 sebagai akibat perubahan penutupan lahan. Besarnya dampak perubahan tutupan lahan terhadap fluktuasi nilai debit sungai berkaitan dengan kemampuan vegetasi dalam meresapkan air ke dalam tanah. Nilai Koefisien Rezim Sungai hasil perbandingan debit maksimum dan debit minimum pada tahun 2015 sangat tinggi dan dikategorikan buruk tetapi ditahun 2020 nilai Koefisien Rezim Sungai yang dihasilkan rendah dan dikategorikan baik.

Kata kunci: Penutupan lahan; Debit Sungai; SWAT; Koefisien Rezim Sungai; Sub DAS Jenelata.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan anugerah, rahmat, Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul “ Dampak Perubahan Penutupan Lahan terhadap Nilai Debit Sungai di Sub Daerah Aliran Sungai Jenelata ” Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang tulus kepada semua pihak yang telah membantu selama penelitian juga dalam proses penyusunan skripsi ini, terutama kepada bapak **Andang Suryana Soma, S.Hut., MP., Ph.D** dan bapak **Dr. Ir. Usman Arsyad, MP., IPU** selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing serta memberi arahan dalam penyusunan skripsi ini.

Terkhusus salam hormat dan kasih sayang kepada orangtua tercinta, Ayahanda **Drs. Andarias Rombe Bunga** dan Ibunda **Dra. Liliana Kalo** yang selalu memberikan motivasi, dukungan serta doa. Dengan segala kerendahan hati penulis juga mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Ibu **Wahyuni, S.Hut, M.Hut** dan Ibu **Andi Vika Faradiba Muin, S.Hut, M.Hut** selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran, bantuan serta koreksi dalam penyusunan skripsi.
2. Kepada **Muh. Faiq, Feby Natasha, S.Hut, Riska Sariyani S.Hut, Muh. Arif Budiman, Dini Albertin M S.Hut, Ega Cyntia, S.Hut, Ardiana, S.Hut, Fanny Fadillah, S.Hut, Alm. Sulfadly, Rezky Jusrianti, S.Hut, Tasya Febrina, Triana Sagita** yang telah membantu dalam proses penelitian dan pengerjaan skripsi.
3. **Lol Squad (Ega, Feby, Anamoo, Panny, Tacca, Faisal, Padly)** dan geng arisan **Makan Teros (Mery, Risna, Dwi, Alfiana, Uya)** selaku sahabat-sahabat yang selalu hadir dimasa-masa sulit penulis selama perkuliahan.
4. Teman-teman “**Kelas D dan DAS Squad 17**” untuk dukungan serta waktu menyenangkan yang telah dihabiskan bersama penulis.

5. Keluarga besar “ **Fraxinus Angkatan 2017** ” terima kasih telah hadir menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis.
6. Sahabat-sahabat penulis semasa SMA yang hingga sekarang masih *keep in touch* dengan penulis di tengah situasi yang sulit, **Alicia, Lulu, Dian** you guys are the best!!!

Dengan keterbatasan ilmu dan pengetahuan, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Bertolak dari itulah, penulis mengharapkan adanya koreksi, kritik dan saran yang membangun, dari berbagai pihak sehingga menjadi masukan bagi penulis untuk peningkatan di masa yang akan datang. Akhir kata penulis mengharapkan penyusunan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Makassar, 27 Agustus 2021

Brigitta Audryenne Rombe Bunga

DAFTAR ISI

	Halaman
SKRIPSI.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan dan Kegunaan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS).....	4
2.2. Siklus Hidrologi.....	5
2.3. Debit Sungai	7
2.4. Koefisien Rezim Sungai	8
2.5. Penutupan Lahan	9
2.6. Soil and Water Assessment Tool (SWAT).....	10
III. METODE PENELITIAN.....	12
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	12
3.2.1 Alat.....	12
3.2.2 Bahan	13
3.3. Prosedur Penelitian	14
3.3.1 Penyiapan Data	15
3.3.2 Pemodelan Hidrologi dengan Model SWAT.....	19
3.4. Analisis Data	20
IV. KEADAAN UMUM LOKASI	21

4.1 Kelas Lereng.....	21
4.2 Tanah	21
4.3 Penutupan Lahan	22
4.4 Kondisi Iklim.....	24
V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
5.1. Analisis SWAT.....	25
5.1.1 Delineasi Batas DAS.....	25
5.1.2 Analisis HRU	26
5.1.3 Simulasi SWAT	26
5.2. Faktor yang Mempengaruhi Debit.....	29
5.2.1 Curah Hujan	29
5.2.2 Kelas Lereng	30
5.2.3 Jenis Tanah.....	31
5.2.4 Perubahan Penutupan Lahan	33
5.3. Karakteristik Debit	35
5.3.1 Debit Tahun 2015	35
5.3.2 Debit Tahun 2020	37
5.4. Dampak Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Nilai Debit	39
5.5. Koefisien Rezim Sungai (KRS).....	43
VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
6.1. Kesimpulan.....	45
6.2. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Peta lokasi penelitian Sub DAS Jenelata.....	12
Gambar 2.	Prosedur penelitian.....	14
Gambar 3.	Segitiga tekstur tanah.....	17
Gambar 4.	Peta jenis tanah di Sub DAS Jenelata.....	22
Gambar 5.	Siklus hidrologi di Sub DAS Jenelata tahun 2015.....	27
Gambar 6.	Siklus hidrologi di Sub DAS Jenelata tahun 2020.....	28
Gambar 7.	Curah hujan di Sub DAS Jenelata tahun 2015.....	29
Gambar 8.	Curah hujan di Sub DAS Jenelata tahun 2020.....	30
Gambar 9.	Peta debit rata-rata bulanan Sub-sub DAS tahun 2015.....	37
Gambar 10.	Peta debit rata-rata bulanan Sub-sub DAS tahun 2020.....	39

DAFTAR TABEL

Gambar	Judul	Halaman
Tabel 1.	Variabel <i>output</i> SWAT pada outlet sungai.....	11
Tabel 2.	Jenis data dan keterangan data.....	13
Tabel 3.	Perhitungan <i>confusion matrix</i>	15
Tabel 4.	Kelas kelerengan di sub DAS Jenelata.....	21
Tabel 5.	Luas penutupan lahan tahun 2015 Sub DAS Jenelata.....	23
Tabel 6.	Luas penutupan lahan tahun 2020 Sub DAS Jenelata.....	23
Tabel 7.	Curah hujan wilayah Sub DAS Jenelata tahun 2011-2020.....	24
Tabel 8.	Hasil deliniasi batas DAS di Sub DAS Jenelata.....	25
Tabel 9.	Sebaran luas Sub-sub DAS (ha) berdasarkan kelas kelerengan.....	30
Tabel 10.	Data tutupan lahan tahun 2015 di setiap Sub-sub DAS.....	33
Tabel 11.	Data tutupan lahan tahun 2020 di setiap Sub-sub DAS.....	33
Tabel 12.	Nilai debit tahun 2015 di setiap Sub-sub DAS Jenelata.....	35
Tabel 13.	Nilai debit tahun 2020 di setiap Sub-sub DAS Jenelata.....	37
Tabel 14.	Persentase perubahan penutupan lahan dan debit maksimum.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Dokumentasi pengambilan dan pengujian sampel tanah.....	51
Lampiran 2.	Peta penutupan lahan Sub DAS Jenelata tahun 2015.....	52
Lampiran 3.	Peta penutupan lahan Sub DAS Jenelata tahun 2020.....	53
Lampiran 4.	Peta kelas lereng Sub DAS Jenelata.....	54
Lampiran 5.	Hasil delineasi batas DAS.....	55
Lampiran 6.	Peta HRU 2015 pertanian lahan kering.....	56
Lampiran 7.	Peta HRU 2015 hutan lahan lereng sekunder.....	57
Lampiran 8.	Peta HRU 2015 sawah.....	58
Lampiran 9.	Peta HRU 2015 semak belukar.....	59
Lampiran 10.	Peta HRU 2015 permukiman.....	60
Lampiran 11.	Peta HRU 2015 tubuh air.....	61
Lampiran 12.	Peta HRU 2020 pertanian lahan kering.....	62
Lampiran 13.	Peta HRU 2020 hutan lahan lereng sekunder.....	63
Lampiran 14.	Peta HRU 2020 sawah.....	64
Lampiran 15.	Peta HRU 2020 semak belukar.....	65
Lampiran 16.	Peta HRU 2020 permukiman.....	66
Lampiran 17.	Peta HRU 2020 tubuh air.....	67
Lampiran 18.	Hasil uji sifat fisik tanah.....	68
Lampiran 19.	Rincian luas tanah berdasarkan Sub-sub DAS.....	70
Lampiran 20.	Tabel <i>confusion matrix</i> 2015.....	72
Lampiran 21.	Tabel <i>confusion matrix</i> 2020.....	73

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan populasi manusia saat ini menyebabkan tingginya kebutuhan akan lahan sedangkan luas daratan di dunia bersifat tetap atau tidak dapat bertambah. Tingginya kebutuhan akan lahan membuat pola penutupan lahan ikut mengalami perubahan. Daerah hijau dan berhutan perlahan berubah menjadi areal pertanian dan permukiman seiring dengan kebutuhan manusia akan pangan dan papan yang semakin meningkat, tanpa menyadari bahwa hutan memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Penurunan kualitas suatu wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) berdasarkan Ningkeula (2016), berkaitan erat dengan aktivitas manusia yang bersifat merubah tata guna lahan pada wilayah DAS. Perubahan tata guna lahan banyak terjadi di kawasan hulu DAS berupa eksploitasi sumber daya hutan, dan di kawasan tengah DAS melalui pengembangan permukiman atau usaha pertanian tanpa mempertimbangkan aspek lingkungan.

Intensitas alih fungsi lahan pada DAS cenderung meningkat menurut ruang dan waktu dan berdampak negatif terhadap karakteristik hidrologi pada suatu wilayah DAS. Dampak negatif yang ditimbulkan seperti meningkatnya debit puncak, fluktuasi debit antar musim, koefisien aliran permukaan, serta bencana banjir dan kekeringan (Nasrullah dan Kartiwa, 2012). Sejalan dengan penelitian oleh Rahayu, dkk. (2017) yang menunjukkan perubahan penutupan lahan yang terjadi mempengaruhi nilai koefisien aliran permukaan.

Karakteristik hidrologi DAS dapat dievaluasi dari perubahan penutupan lahan dengan melihat nilai debit sungai. Debit merupakan jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit sungai sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik DAS, termasuk di dalamnya bentuk penutupan lahan pada DAS. Kondisi debit mampu menggambarkan potensi sumberdaya air pada DAS tersebut. Pengetahuan akan debit sungai diperlukan agar perencanaan pengelolaan air berlangsung dengan efektif (Kondolembang, 2016).

Salah satu model yang dapat digunakan untuk menganalisis perubahan nilai debit yaitu dengan menggunakan model SWAT. SWAT (*Soil and Water*

Assessment Tool) adalah model yang saat ini dikembangkan dan banyak digunakan dalam berbagai penelitian hidrologi. SWAT merupakan model hidrologi yang terhubung dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan mengintegrasikan *Spatial DSS (Decision Support System)*. Pengoperasian model SWAT dilakukan pada interval waktu harian untuk memprediksi dampak jangka panjang dari praktik pengelolaan lahan terhadap sumberdaya air, sedimen dan hasil *agrochemical* pada DAS dengan berbagai skenario tanah, penggunaan lahan dan pengelolaan berbeda (Pawitan, 2004). Hasil analisis yang dilakukan dengan model SWAT juga dapat memberikan informasi mengenai banjir, sedimen pada sungai dan waduk, serta aliran yang keluar dari waduk. Penggunaan model SWAT untuk menganalisis dampak perubahan lahan terhadap karakteristik hidrologi telah digunakan oleh beberapa penelitian sebelumnya. Homdee, dkk. (2011) menggunakan model SWAT dalam mengidentifikasi dampak perubahan penutupan lahan terhadap respon hidrologi pada Sungai Chi dan hasilnya model SWAT mampu mensimulasikan beberapa skenario perubahan tutupan lahan. Selain itu, model SWAT juga berhasil mensimulasikan *runoff* dan hasil sedimentasi pada penelitian yang dilakukan oleh Worku, dkk. (2017).

Perubahan penutupan lahan dapat menimbulkan berbagai macam bencana. Berdasarkan data BNPB tahun 2019 bencana banjir terjadi di wilayah DAS Jeneberang pada bulan Januari tahun 2019. Peristiwa tersebut mengakibatkan sebanyak 68 orang meninggal dan 6.757 orang harus mengungsi serta 5.198 unit rumah terendam banjir. Banjir yang terjadi merupakan implikasi dari perubahan tutupan lahan selain karena curah hujan yang sangat tinggi. Lokasi penelitian yang dipilih adalah Sub DAS Jenelata yang merupakan bagian dari DAS Jeneberang dan berada pada 119°34'45" - 119°49'48" BT dan 05°15'40" - 05°25'50" LS (Sariyani, 2020). Secara administratif Sub DAS Jenelata yang berada di wilayah Kecamatan Manuju, Kecamatan Bungaya dan Kecamatan Bontolempangan, Kabupaten Gowa memiliki luas ± 22845 ha. Sub DAS Jenelata dipilih karena merupakan salah satu daerah penampungan air (*reservoir*) utama pada DAS Jeneberang. Selain itu, berdasarkan hasil interpretasi citra menggunakan aplikasi *google earth*, terlihat bahwa tutupan lahan pada hulu Sub DAS Jenelata mengalami deforestasi. Daerah yang masih berhutan hanya ditemukan pada puncak-puncak bukit dengan

kelerengan yang sangat curam sehingga persebaran areal hutan menjadi tidak proporsional. Meningkatnya jumlah kejadian banjir pada Sub DAS Jenelata jika musim hujan akibat nilai debit sungai yang sangat tinggi dan peristiwa kekeringan pada musim kemarau menjadi indikasi pengelolaan lahan yang tidak sesuai dengan fungsinya.

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penelitian mengenai analisis dampak perubahan penutupan lahan terhadap nilai debit sungai di sub DAS Jenelata.

1.2. Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi perubahan tutupan lahan yang terjadi pada sub DAS Jenelata.
2. Menganalisis dampak perubahan tutupan lahan terhadap nilai debit sungai di Sub DAS Jenelata.

Kegunaan penelitian ini agar data hasil penelitian dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam merencanakan pengelolaan jangka panjang Sub DAS Jenelata serta menjadi referensi untuk penelitian yang sejenis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Peraturan Pemerintah nomor 37 tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS), menyatakan bahwa Daerah Aliran Sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Kodoatie dan Sugiyanto (2002) dalam Saifudin (2017) mendefinisikan DAS sebagai suatu kesatuan daerah/wilayah/kawasan tata air yang terbentuk secara alamiah dimana air tertangkap (berasal dari curah hujan), dan akan mengalir dari daerah/wilayah/kawasan tersebut menuju ke arah sungai dan sungai yang bersangkutan. Disebut juga Daerah Pengaliran Sungai (DPS) atau Daerah Tangkapan Air (DTA). Dalam bahasa Inggris ada beberapa macam istilah yaitu *Catchment Area*, *Watershed*. DAS juga merupakan suatu ekosistem di mana komponen-komponen yang ada di dalamnya saling mempengaruhi satu sama lain dalam menjalankan suatu fungsi.

DAS terbagi atas 3 daerah yaitu daerah hulu, daerah tengah dan daerah hilir. Secara biofisik, daerah hulu DAS dicirikan dengan kerapatan drainase yang lebih tinggi, merupakan daerah konservasi, merupakan daerah dengan kemiringan lereng besar (lebih besar dari 15%), bukan merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh pola drainase, dan jenis vegetasi umumnya merupakan tegakan hutan. Daerah hilir DAS dicirikan dengan kerapatan drainase lebih kecil, merupakan daerah pemanfaatan, daerah dengan kemiringan lereng kecil sampai dengan sangat kecil (kurang dari 8%), pada beberapa tempat merupakan daerah banjir (genangan), pengaturan pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi dan jenis vegetasi didominasi tanaman pertanian kecuali daerah estuaria yang didominasi hutan bakau/gambut. DAS bagian tengah merupakan daerah

transisi dari kedua karakteristik biogeofisik DAS yang berbeda tersebut (Asdak, 2010).

Sumberdaya alam yang dimiliki oleh suatu DAS dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu sumberdaya lahan serta sumberdaya air. Tindakan pengelolaan DAS diperlukan untuk menjamin kualitas, kuantitas, dan kontinuitas dari sumberdaya yang terkandung dalam suatu wilayah DAS. Notohadiprawiro (1985) dalam Sudaryono (2002) mengemukakan 3 alasan mengapa pengelolaan DAS harus dilakukan secara terpadu, yaitu:

1. Adanya keterkaitan antara berbagai kegiatan dalam pengelolaan sumberdaya alam dan pembinaan aktivitas manusia dalam penggunaannya.
2. Dari segi jenis ilmu yang mendasarinya, pengelolaan DAS bercirikan multidisiplin.
3. Penyelenggaraan pengelolaan DAS bersifat lintas sektoral, sehingga tidak ada instansi yang mempunyai kewenangan secara utuh.

Apabila fungsi dari suatu DAS terganggu, maka sistem hidrologi akan terganggu, penangkapan curah hujan, resapan dan penyimpanan airnya sangat berkurang, atau memiliki aliran permukaan (*runoff*) yang tinggi. Vegetasi penutup dan tipe penggunaan lahan akan kuat mempengaruhi aliran sungai, sehingga adanya perubahan penggunaan lahan akan berdampak pada aliran sungai. 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).

Berdasarkan hal diatas, tindakan pengelolaan DAS meliputi pemanfaatan, pemeliharaan, pengawasan, pengendalian, pemulihan dan pengembangan DAS dengan tetap mempertahankan kelestariannya.

2.2. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah sirkulasi air dari laut ke atmosfer kemudian ke bumi dan kembali lagi ke laut dan seterusnya. Air dari permukaan laut menguap ke udara, bergerak dan naik ke atmosfer. Kemudian mengalami kondensasi dan berubah

menjadi titik air berbentuk awan dan selanjutnya jatuh ke bumi dan lautan sebagai hujan. Hujan yang jatuh ke bumi sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan sebagian lagi meresap ke dalam tanah, jika tanah sudah jenuh maka air akan mengalir di atas permukaan tanah yang mengisi cekungan, danau, sungai dan kembali lagi ke laut (Hidayat dan Empung, 2016).

Proses hidrologi di dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) dipengaruhi secara langsung oleh variabel masukan berupa hujan yang masuk ke dalam daerah aliran sungai (DAS) dan secara tidak langsung oleh variabel iklim lainnya (evaporasi, temperatur, kecepatan angin, kelembaban udara) (Rohman, dkk., 2019). DAS memiliki karakteristik spesifik yang saling berkaitan dengan unsur utamanya, seperti tata guna lahan, topografi, jenis tanah, kemiringan dan panjang lereng. Karakteristik biofisik DAS tersebut dalam merespon curah hujan yang jatuh di dalam wilayah DAS dapat memberikan pengaruh terhadap besar kecilnya evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, air larian, aliran permukaan, kandungan air tanah, dan aliran sungai (Asdak, 2010).

Menurut Hartini (2017), pada sistem sungai, aliran mengalir mulai dari sistem sungai kecil ke sistem sungai yang besar dan akhirnya menuju mulut sungai atau sering disebut *estuary* yaitu tempat bertemunya sungai dengan laut. Air hujan sebagian mengalir meresap ke dalam tanah atau yang sering disebut dengan infiltrasi, dan bergerak terus kebawah. Air hujan yang jatuh ke bumi sebagian menguap (evaporasi dan transpirasi) dan membentuk uap air. Sebagian lagi mengalir masuk ke dalam tanah (infiltrasi, perkolasi, kapiler).

Air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat di dalam ruang – ruang antara butir – butir tanah dan di dalam retak – retak dari batuan. Dahulu disebut air lapisan dan yang terakhir disebut air celah (*fissure water*). Aliran air tanah dapat dibedakan menjadi aliran tanah dangkal, aliran tanah antara dan aliran dasar (*base flow*). Disebut aliran dasar karena aliran ini merupakan aliran yang mengisi sistem jaringan sungai. Hal ini dapat dilihat pada musim kemarau, ketika hujan tidak turun untuk beberapa waktu, pada suatu sistem sungai tertentu aliran masih tetap dan kontinyu (Hartini, 2017).

Sebagian air yang tersimpan sebagai air tanah (*groundwater*) yang akan keluar ke permukaan tanah sebagai limpasan, yakni limpasan permukaan (*surface*

runoff), aliran intra (*interflow*) dan limpasan air tanah (*groundwater runoff*) yang terkumpul di sungai yang akhirnya akan mengalir ke laut kembali terjadi penguapan dan begitu seterusnya mengikuti siklus hidrologi (Hartini, 2017).

Karakteristik hidrologi meliputi limpasan permukaan, debit maksimum (Q_{maks}), debit minimum (Q_{min}), debit rata-rata (Q_{av}), koefisien rezim sungai (Q_{maks}/Q_{min}), dan koefisien *storage* sungai (Q_{min}/Q_{av}) (Ningkeula, 2016). Setiap wilayah DAS memiliki karakteristik yang berbeda antara satu dengan yang lainnya. Menurut Rohman, dkk. (2019), hal yang dapat mempengaruhi perbedaan karakteristik hidrologi pada suatu DAS yaitu iklim dan aktivitas manusia. Faktor iklim meliputi hujan, evaporasi, temperatur, kecepatan angin, kelembaban udara, sedangkan aktivitas manusia yang paling mempengaruhi karakteristik hidrologi yaitu perubahan penggunaan lahan (*landuse*).

2.3. Debit Sungai

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, 2010). Debit aliran sungai dapat berasal dari beberapa sumber air, yaitu (Susilowati, 2007):

Limpasan Permukaan: Merupakan limpasan yang berada di atas permukaan tanah yang akan mengalir ke tempat yang lebih rendah seperti saluran sungai.

1. Limpasan Bawah Permukaan (limpasan hujan bawah permukaan, aliran bawah permukaan): Limpasan ini berasal dari limpasan permukaan yang terinfiltrasi ke dalam tanah dan secara lateral bergerak menuju sungai melalui horizon tanah
2. Limpasan Permukaan Langsung: Limpasan ini merupakan limpasan yang mengalir langsung ke sungai saat terjadi hujan. ke sungai Bagian limpasan permukaan memasuki sungai secara langsung setelah curah hujan.

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 dipermukaan 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).

2.4. Koefisien Rezim Sungai

Koefisien rezim sungai (krs) adalah perbandingan antara debit maksimum dan debit minimum dalam suatu DAS. Dalam penyusunan RTkRHL-DAS, pengembangan sumberdaya air 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 didapati nilai debit puncak sungai yang sangat besar pada saat

kejadian hujan dan nilai debit minimum yang sangat kecil pada saat musim kemarau. Hal ini menandakan aliran air menjadi sangat besar jika terjadi hujan sehingga terkadang tidak mampu lagi ditampung oleh sungai yang berakibat meluapnya air dan menyebabkan genangan. Jika musim kemarau, aliran air sungai menjadi sangat kecil bahkan tidak jarang kekeringan melanda suatu DAS sebagai konsekuensi dari tidak cukupnya ketersediaan air. Nilai KRS yang tinggi adalah hasil dari pengelolaan tata air yang buruk dan menjadi salah satu indikator dalam penilaian kondisi suatu DAS.

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

- Baik; apabila KRS <50
- Sedang; apabila KRS 50-120
- Jelek; apabila KRS >120

2.5. 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 tersebut mempunyai pengaruh terhadap penggunaan lahan oleh manusia di saat sekarang maupun di masa yang akan datang.

Arsyad (2010) mendefinisikan 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, tinggi 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 pengaruh 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 dipermukaan 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).

2.6. Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

Soil and Water Assessment Tool (SWAT) adalah model hidrologi skala DAS berbasis fisik, deterministik, dan kontinyu, yang dikembangkan oleh USDA *Agricultural Research Service* (Neitsch, dkk. 2004). Neitsch, dkk. (2005) menyatakan SWAT memungkinkan untuk diterapkan dalam berbagai analisis serta simulasi dalam suatu DAS. Informasi data masukan pada tiap sub das kemudian dilakukan pengelompokan atau disusun dalam kategori: iklim, *hydrological response unit* (HRU), tubuh air, air tanah, dan sungai utama sampai pada drainase pada Sub DAS. Unit respon hidrologi pada tiap Sub DAS terdiri dari variasi penutup lahan, tanah dan manajemen pengelolaan.

Saat pemodelan berlangsung, SWAT akan membagi DAS menjadi unit-unit yang lebih kecil. Hasil pembagian unit DAS dinamakan dengan *Hydrological*

Response Unit (HRU). Pembentukan HRU berdasarkan hasil *overlay* input peta tanah dan peta penggunaan lahan. Neitsch, dkk. (2005) mengemukakan bahwa model SWAT akan menghasilkan informasi berupa evapotranspirasi potensial dan aktual, jumlah kandungan air dalam tanah, perkolasi, aliran permukaan, aliran dasar, aliran lateral, dan hasil air pada setiap HRU dan Sub DAS. Informasi yang dapat diperoleh pada tingkat sungai ialah aliran masuk dan aliran keluar (Saifudin, 2017). Variabel *output* SWAT pada outlet sungai dapat terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel *output* SWAT pada outlet sungai

Variabel	Definisi
1	2
FLOW_IN	Debit sungai harian rata-rata yang masuk ke outlet (m ³ /detik).
FLOW_OUT	Debit sungai harian rata-rata yang keluar dari outlet (m ³ /detik).
EVAP	Jumlah kehilangan air harian rata-rata karena penguapan (m ³ /detik).
TLOSS	Jumlah kehilangan air harian rata-rata karena kebocoran (m ³ /detik).
SED_IN	Sedimen yang terangkut air dan masuk ke outlet (ton).
SED_OUT	Sedimen yang terangkut air dan keluar dari outlet (ton).

Sumber: Saifudin (2017)

SWAT memungkinkan sejumlah proses fisik yang berbeda untuk disimulasikan pada suatu DAS. Simulasi proses hidrologi terbagi atas dua komponen yaitu komponen daratan meliputi pergerakan air, nutrisi, 13 pestisida dan sedimen ke sungai yang telah terakumulasikan dan komponen sungai berupa pergerakan air di saluran ke sungai untuk kemudian menuju outlet DAS (Fohrer, dkk., 2005 dalam Febrianti, dkk., 2018).

Penggunaan model SWAT dapat mengidentifikasi, menilai, mengevaluasi tingkat permasalahan suatu DAS dan sebagai alat untuk memilih tindakan pengelolaan dalam mengendalikan permasalahan tersebut. Walaupun nanti hasil terdapat *error* yang cukup besar pada hasil pengamatan pada daerah drainase kecil, model SWAT cukup handal di skala yang cukup besar (Vigiak, dkk., 2015).