

**SKRIPSI**

**ANALISIS DEBIT SUNGAI MENGGUNAKAN  
MODEL *SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL*  
DI SUB DAS MALINO, DAS JENEBERANG**

**Disusun dan diajukan oleh :**

**RAHMATIA CAHYANI**

**M111 16 510**



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

**2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS DEBIT SUNGAI MENGGUNAKAN  
MODEL *SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL*  
DI SUB DAS MALINO, DAS JENEBERANG**

Disusun dan diajukan oleh


**RAHMATIA CAHYANI  
M111 16 510**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fakultas Kehutanan  
Universitas Hasanuddin pada tanggal 25 Februari 2021 dan dinyatakan telah  
memenuhi syarat kelulusan

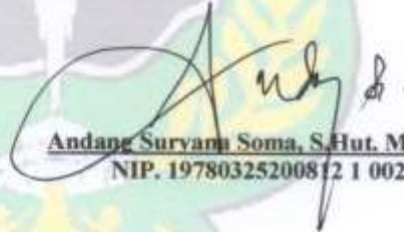
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. H. Usman Arsyad, MS., IPU  
NIDK. 8820523419



Andang Suryani Soma, S.Hut. M.P. Ph.D  
NIP. 19780325200812 1 002

Ketua 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 : Rahmatia Cahyani  
NIM : M11116510  
Program Studi : Kehutanan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

Analisis Debit Sungai Menggunakan Model Soil and Water Assessment Tool di Sub  
DAS Malino, DAS Jeneberang

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar 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, 3 Maret 2021

Yang menyatakan



Rahmatia Cahyani

## ABSTRAK

**RAHMATIA CAHYANI (M111 16 510) Analisis Debit Sungai Menggunakan Model *Soil and Water Assessment Tool* di Sub DAS Malino, DAS Jeneberang. Dibawah Bimbingan Usman Arsyad dan Andang Suryana Soma**

Debit aliran adalah laju aliran air dalam bentuk volume air yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam pengelolaan sumber daya air, data debit merupakan informasi yang paling penting. Debit puncak (banjir) diperlukan untuk merancang bangunan pengendali banjir. Sementara debit aliran kecil diperlukan untuk perencanaan lokasi (pemanfaatan air) untuk berbagai macam keperluan, terutama pada musim kemarau panjang. Debit rata-rata tahunan dapat memberikan gambaran potensi sumberdaya air yang dapat dimanfaatkan dari suatu daerah aliran sungai. Sub DAS Malino, DAS Jeneberang Kabupaten Gowa merupakan salah satu wilayah yang sering mengalami kekeringan pada musim kemarau dan banjir pada musim penghujan di beberapa wilayah. Oleh karena diperlukan analisis menggunakan model SWAT (*Soil and Water Assessment Tools*) untuk memprediksi debit di Sub DAS Malino dengan tujuan untuk menganalisis faktor yang berpengaruh terhadap debit sungai dan menganalisis nilai koefisien rezim aliran (KRA). Parameter yang digunakan dalam analisis debit dengan menggunakan model SWAT yaitu (1) Penutupan Lahan, (2) Jenis Tanah dan Sifat Fisik-Kimia Tanah, (3) Kelerengan dan (4) Data Iklim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas penutupan lahan hutan per sub-sub DAS dan topografi yang curam mempengaruhi besarnya debit. Nilai koefisien rezim aliran (KRA) di Sub DAS Malino menunjukkan kelas KRA yang tinggi ( $80 < KRA \leq 110$ ) dan kelas sangat tinggi ( $KRA > 110$ ).

**Kata Kunci:** Sub DAS Malino, SWAT (*Soil and Water Assessment Tools*), Debit.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan nikmat dan rahmat-Nya sehingga Skripsi dengan judul “Analisis Debit Sungai Menggunakan Model *Soil and Water Assessment Tool* di Sub DAS Malino DAS Jeneberang” dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan suatu langkah awal yang sangat bermakna bagi penulis untuk mampu mengembangkan lebih lanjut ilmu kehutanan.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis mendapat banyak bimbingan sangat berharga dari Bapak Dr. Ir. H. Usman Arsyad, M.P, IPU dan Bapak Andang Suryana Soma, S.Hut, M.P, Ph.D. Kepada beliau yang telah tulus membimbing dengan baik, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ir Baharuddin Mappangaja, M.Sc, Ibu Wahyuni, S.Hut, M.Hut. Ibu Dr. Astuti, S.Hut.M.Si. dan Bapak Ir.Budiaman, M.P. atas segala saran, koreksi dan perbaikan demi kesempurnaan Skripsi ini.

Rasa hormat dan ucapan terima kasih yang tulus juga penulis sampaikan kepada seluruh staf pengajar Bapak/Ibu dosen beserta staf tata usaha Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingan serta pengetahuan selama menempuh pendidikan.

Secara khusus, ucapan terima kasih, penulis sampaikan kepada Ayahanda Mardi Sulaiman, S.H dan Ibunda Titik Sulistiani, S.E serta saudaraku Rachmat Cahya Al-Hakim atas doa, nasehat, dan dukungan moril yang diberikan kepada penulis Serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu, penulis menyampaikan maaf yang sebesar-besarnya, semoga amalnya diterima oleh Allah SWT dan mendapat balasan yang berlipat.

Makassar, 25 Februari 2021

Penulis

# DAFTAR ISI

## Halaman

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYAATAAN KEASLIAN .....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan .....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.....	3
2.2 Komponen-Komponen Daerah Aliran Sungai.....	4
2.3 Siklus Hidrologi.....	7
2.4 Debit Sungai.....	9
2.5 Koefisien Rezim Aliran (KRA) .....	10
2.6 Metode SWAT .....	11
III. METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Tempat.....	13
3.2 Alat dan Bahan .....	13
3.2.1 Alat.....	13
3.2.2 Bahan .....	14
3.3 Prosedur Penelitian.....	15
3.3.1 Penentuan Batas Lokasi.....	16
3.3.2 Penyiapan Data Input.....	16
3.3.3 Prosedur Aplikasi SWAT .....	21

IV. KEADAAN UMUM LOKASI .....	23
4.1 Letak Geografis dan Luas Wilayah .....	23
4.2 Topografi .....	24
4.3 Karakteristik Tanah .....	25
4.4 Iklim.....	25
4.5 Penutupan Lahan .....	26
V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
5.1 Analisis SWAT .....	27
5.1.1 Deliniasi Batas DAS .....	27
5.1.2 Pembuatan HRU ( <i>Hydrology Respon Unit</i> ).....	27
5.1.3 Input Data Pembangkit Iklim .....	28
5.1.4 Simulasi SWAT .....	28
5.2 Validasi dan Kalibrasi .....	29
5.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Debit Berdasarkan Hasil Penelitian..	30
5.3.1 Curah Hujan .....	30
5.3.2 Penutupan Lahan.....	31
5.3.3 Topografi.....	32
5.3.4 Tanah .....	33
5.4 Debit Bulanan di Setiap Sub-sub DAS .....	35
5.5 Koefisien Rezim Aliran (KRA) .....	37
5.6 Strategi Pengendalian Debit.....	39
VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
6.1 Kesimpulan .....	40
6.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA .....	41
LAMPIRAN.....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi Koefisien Rezim Aliran .....	11
Tabel 2. Confusion matriks .....	16
Tabel 3. Klasifikasi Penutupan Lahan SWAT .....	17
Tabel 4. Luas Desa di Sub DAS Malino .....	24
Tabel 5. Kelas Lereng Sub DAS Malino .....	24
Tabel 6. Karakteristik Tanah .....	25
Tabel 7. Kondisi Iklim Sub DAS Malino.....	26
Tabel 8. Penutupan Lahan Sub DAS Malino .....	26
Tabel 9. Sub-sub DAS di Sub DAS Malino.....	27
Tabel 10. Luas Penutupan Lahan Hutan dan Non Hutan .....	31
Tabel 11. Topografi di Sub DAS Malino.....	32
Tabel 12. Sifat fisik Tanah di Sub DAS Malino .....	33
Tabel 13. Rincian Luas Setiap Tanah berdasarkan Sub-sub DAS .....	34
Tabel 14. Klasifikasi Koefisien Rezim Aliran di Sub DAS Malino .....	37



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Siklus Hidrologi .....	7
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian .....	13
Gambar 3. Prosedur Penelitian.....	15
Gambar 4. Segitiga Tekstur Tanah.....	19
Gambar 5. Peta Sub DAS Malino .....	23
Gambar 6. Hasil Simulasi Kondisi Hidrologi Sub DAS Malino .....	29
Gambar 7. Grafik Debit Bulanan Sub DAS Malino .....	31
Gambar 8. Grafik Bebit Bulanan Sub-sub DAS Tahun 2019 .....	35
Gambar 9. Peta Debit Rata-rata Sub-sub DAS .....	37
Gambar 10. Peta Kelas Koefisien Rezim aliran.....	38

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengambilan dan Pengujian Sampel Tanah.....	45
Lampiran 2. Peta Penutupan Lahan di Sub DAS Malino.....	46
Lampiran 3. Peta Jenis Tanah di Sub DAS Malino .....	47
Lampiran 4. Peta Kelas Lereng di Sub DAS Malino .....	48
Lampiran 5. Peta Hasil Deliniasi di Sub DAS Malino.....	49
Lampiran 6. Sebaran HRU di Sub DAS Malino .....	50
Lampiran 7. Karakteristik Tanah .....	57
Lampiran 8. Data Pembangkit Iklim .....	64
Lampiran 9. Debit Bulanan Tahun 2019.....	65
Lampiran 10. Tabel Confusion Matrix.....	66

# I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan air akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, industri dan dunia usaha. Peningkatan ini disebabkan meningkatnya permintaan di berbagai sektor baik domestik, industri, pertanian, energi dan lain-lain. Namun, ketersediaan air belum bisa dipastikan dapat memenuhi kebutuhan tersebut secara berkelanjutan. Ketersediaan air dalam memenuhi kebutuhan dapat diketahui potensinya melalui pengelolaan sumber daya air. Jika pengelolaan sumber daya air kurang tepat maka dapat menimbulkan ketidak seimbangan antara kebutuhan air dan ketersediaan air. Saat kebutuhan air tidak dapat terpenuhi maka perlu dilakukan upaya untuk memenuhi kebutuhan tersebut 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).

Debit aliran adalah laju aliran air dalam bentuk volume air yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam pengelolaan sumber daya air, data debit merupakan informasi yang paling penting. Debit puncak (banjir) diperlukan untuk merancang bangunan pengendali banjir. Sementara debit aliran kecil diperlukan untuk perencanaan lokasi (pemanfaatan air) untuk berbagai macam keperluan, terutama pada musim kemarau panjang. Debit rata-rata tahunan dapat memberikan gambaran potensi sumberdaya air yang dapat dimanfaatkan dari suatu daerah aliran sungai (Asdak, 2010).

Curah hujan menjadi salah satu penyebab tingginya atau rendahnya debit sungai. Besarnya infiltrasi dan aliran permukaan sangat dipengaruhi oleh intensitas dan lama waktu hujan. Selain itu, waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir ke sungai juga dipengaruhi oleh lama waktu hujan dan keadaan topografi (Soebarkah, 1978) dalam (Muchtar dan Abdullah, 2007).

Salah satu Sub DAS yang terdapat di DAS Jeneberang adalah Sub DAS Malino. Sub DAS ini secara administratif terletak di Kecamatan Tinggi Moncong Kabupaten Gowa dengan luas sekitar 10,96% dari luas DAS Jeneberang

(Kementerian Kehutanan, 2012) dalam (Ashab, 2014). Sub DAS Malino merupakan salah satu Sub DAS yang memiliki kawasan pariwisata. Sebagai wilayah yang memiliki kawasan wisata, Sub DAS Malino ketersediaan air merupakan hal yang sangat penting. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nurindah, dkk., 2014, Sub DAS Malino sering mengalami kekeringan pada musim kemarau dan banjir pada musim penghujan di beberapa wilayah.

Uraian diatas menunjukkan perlunya dilakukan studi pada Sub DAS tersebut 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 Irsyad (2011), faktor kemiringan lahan, jenis tanah dan vegetasi di atasnya sangat berperan dalam menentukan besarnya limpasan yang terjadi dan air yang dapat disimpan ke dalam tanah melalui proses infiltrasi. Jika limpasan yang terjadi saat hujan kecil dan infiltrasi air ke dalam tanah besar, maka air terlebih dahulu disimpan di dalam tanah sehingga akan meningkatkan ketersediaan air tanah.

Analisis debit Sub DAS Malino dilakukan dengan menganalisis data GIS (*Geographic Information System*) yang didapat dari citra satelit. Analisis debit dengan pengolahan data GIS telah banyak dilakukan baik skala nasional maupun internasional, khususnya dengan aplikasi *Soil and Water Assessment Tools* (SWAT). Data GIS dianalisis dengan menggunakan aplikasi *ARCSWAT*. Aplikasi tersebut dapat menghitung besarnya debit dari pengelolaan suatu DAS pada periode waktu tertentu.

## **1.2 Tujuan dan Kegunaan**

Berdasarkan uraian diatas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu untuk

1. Menganalisis faktor yang berpengaruh terhadap debit di Sub DAS Malino.
2. Mengetahui koefisien rezim aliran (KRA) di Sub DAS Malino.

Penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi bagi masyarakat juga pemerintah di wilayah Sub DAS Malino.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan dan merupakan satu kesatuan bagian dari sungai dan anak-anak sungai, yang memiliki fungsi untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan air secara alami dari curah hujan ke danau atau lautan alami dengan batas darat merupakan pemisah topografi dan batas laut berupa perairan yang masih dipengaruhi oleh aktifitas manusia (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2012; Republik Indonesia, 2014; Republik Indonesia, 2019). Sedangkan menurut Asdak (2010), daerah Aliran Sungai (DAS) adalah wilayah daratan yang dibatasi oleh topografi pegunungan yang menampung dan menyimpan air hujan dan kemudian mengalirkannya ke laut melalui sungai utama. Wilayah daratan ini disebut daerah tangkapan air (DTA) dan merupakan ekosistem yang unsur utamanya meliputi sumber daya alam (tanah, air dan vegetasi) juga sumber daya manusia sebagai pemanfaat sumber daya alam.

Dalam satu DAS terdiri dari daerah hulu, tengah dan hilir. Daerah hulu memiliki ciri sebagai daerah konservasi dengan kerapatan drainase yang tinggi dan kemiringan lereng yang besar (lebih dari 15%), tidak termasuk daerah banjir, pengaturan pemakaian air tergantung pada pola drainase dan jenis vegetasi biasanya hutan. Daerah hilir didefinisikan sebagai daerah pemanfaatan dengan kerapatan drainase yang lebih kecil (kurang dari 8%), beberapa daerah merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air tergantung pada bangunan irigasi, jenis vegetasi sebagian besar adalah tanaman pertanian (kecuali daerah estuaria) dimana di dominasi oleh gambut dan bakau. Bagian tengah DAS merupakan daerah peralihan dari dua karakteristik biogeofisik yang berbeda dari DAS (Asdak, 2010).

Pengelolaan DAS merupakan upaya yang dilakukan manusia dalam menyesuaikan hubungan antara sumber daya alam dan manusia serta segala aktivitasnya di DAS untuk mencapai kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatkan manfaat sumber daya alam dengan cara yang berkelanjutan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2012; Republik Indonesia, 2014).

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. Menurut Baja (2012), 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 social

Perubahan penggunaan lahan di wilayah hulu sungai yang mengabaikan prinsip perlindungan, seperti reboisasi, pembalakan hutan, deforestasi, dan pertanian, akan berdampak juga pada hilir DAS, sehingga wilayah hulu memiliki peran perlindungan dalam pengelolaan air. Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan keterkaitan biofisik dalam siklus hidrologi, maka fokus perencanaan pengelolaan DAS biasanya pada DAS bagian hulu (Asdak, 2010).

## **2.2 Komponen-Komponen Daerah Aliran Sungai**

### ***Vegetasi***

Vegetasi merupakan lapisan pelindung atau penyangga antara atmosfer dan tanah. Suatu vegetasi penutup tanah yang baik seperti rumput yang tebal atau rimba yang lebat akan menghilangkan pengaruh hujan dan topografi terhadap erosi. Oleh karena kebutuhan manusia akan pangan, sandang, dan permukiman, maka semua tanah tidak dapat dibiarkan tertutup hutan dan padang rumput (Arsyad, 2010).

Vegetasi mempengaruhi siklus hidrologi melalui pengaruhnya terhadap air hujan yang jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi, ke tanah dan batuan di bawahnya. Oleh karena itu ia mempengaruhi volume air yang masuk ke sungai dan danau, ke dalam tanah dan cadangan air bawah tanah. Bagian vegetasi yang ada di atas permukaan tanah, seperti daun dan batang, menyerap energi perusak hujan, sehingga mengurangi dampaknya terhadap tanah, sedangkan bagian vegetasi yang ada di dalam tanah, yang terdiri atas sistem perakaran, meningkatkan kekuatan mekanik tanah.

Vegetasi mempengaruhi siklus hidrologi dengan mempengaruhi air hujan yang jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi kemudian ke tanah dan batuan di bawahnya. Oleh karena itu akan mempengaruhi jumlah air yang masuk ke sungai, danau, air tanah dan cadangan air tanah. Bagian vegetasi di atas permukaan tanah (seperti daun dan batang) menyerap energi yang merusak air hujan, sehingga mengurangi dampak terhadap tanah, sedangkan bagian tanah yang terdiri dari akar meningkatkan kekuatan mekanik tanah. Pengaruh vegetasi permukaan terhadap erosi tanah adalah melindungi permukaan tanah dari hujan lebat (mengurangi kecepatan akhir dan mengurangi diameter hujan), mengurangi kecepatan dan volume permukaan, dan memperbaiki partikel tanah pada posisi yang benar melalui sistem akar dan tanah. Bedakan dan menjaga kestabilan kemampuan tanah dalam menyerap air (Arsyad, 2010; Asdak, 2010; Desifindiana, dkk., 2013; Rahman, dkk., 2012; Dewi, dkk., 2012).

### ***Tanah***

Tanah adalah suatu benda alami heterogen yang terdiri atas komponen-komponen padat, cair, dan gas yang mempunyai sifat dan perilaku yang dinamik. Ilmu tanah memandang tanah dari dua konsep utama, yaitu sebagai hasil pelapukan bahan induk melalui proses biofisika kimia dan sebagai habitat tumbuhan (Arsyad, 2010).

Jenis tanah memiliki kepekaan yang berbeda terhadap erosi. Apakah tanah mudah terkikis atau erodibilitas tanah tergantung pada sifat tanah tersebut (Asdak, 2010; Arsyad, 2010; Desifindiana, dkk., 2013; Hermon, 2010; Rahman, dkk., 2012; Dewi, dkk., 2012). Sifat fisik tanah terdiri dari partikel-partikel mineral dan organik dengan berbagai ukuran. Partikel-partikel tersebut tersusun dalam bentuk matriks yang pori-porinya kurang lebih 50% sebagian terisi oleh air dan sebagian terisi oleh udara. Secara esensial, semua penggunaan tanah dipengaruhi oleh sifa-sifat fisik tanah. Dalam kaitannya dengan konservasi tanah dan air, sifat fisik tanah yang berpengaruh meliputi : tekstur, struktur, infiltrasi, dan kandungan bahan organik (Suripin, 2004).

## *Sungai*

Sungai mempunyai fungsi mengumpulkan curah hujan dalam suatu daerah tertentu dan mengalirkannya ke laut. Sungai dapat juga digunakan dalam berbagai aspek seperti pembangkit tenaga listrik, pelayaran, pariwisata, perikanan dan lain-lain. Dalam bidang pertanian sungai berfungsi sebagai sumber air yang penting untuk irigasi (Sosrodarsono dan Takeda, 1999).

Air sungai berasal dari hujan yang masuk ke dalam sungai dalam bentuk aliran permukaan, aliran air bawah permukaan, air bawah tanah dan butir-butir air hujan yang langsung jatuh di permukaan sungai. Debit aliran sungai akan naik setelah terjadi hujan yang cukup, kemudian akan turun kembali setelah hujan selesai (Arsyad, 2010).

## *Manusia dan segala aktifitasnya*

Pertumbuhan manusia yang cepat menyebabkan perbandingan antara jumlah penduduk dengan lahan pertanian tidak seimbang. Hal ini telah menyebabkan kepemilikan lahan semakin sempit. Keterbatasan lapangan kerja dan kendala keterampilan yang terbatas telah menyebabkan kecilnya pendapatan petani. Keadaan tersebut seringkali mendorong sebagian petani merambah hutan dan lahan yang tidak produktif lainnya sebagai lahan pertanian (Asdak, 2010).

Perambahan hutan untuk kegiatan pertanian telah meningkatkan koefisien air larian, yaitu meningkatkan jumlah air hujan menjadi air larian, dan dengan demikian, meningkatkan debit sungai. Perambahan hutan juga mengakibatkan hilangnya serasah dan humus yang dapat menyerap air hujan. Dalam skala besar, dampak kejadian tersebut adalah terjadi gangguan perilaku aliran sungai. Pada musim hujan debit air sungai meningkat tajam sementara pada musim kemarau debit air sangat rendah. Dengan demikian, resiko banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau meningkat (Asdak, 2010).

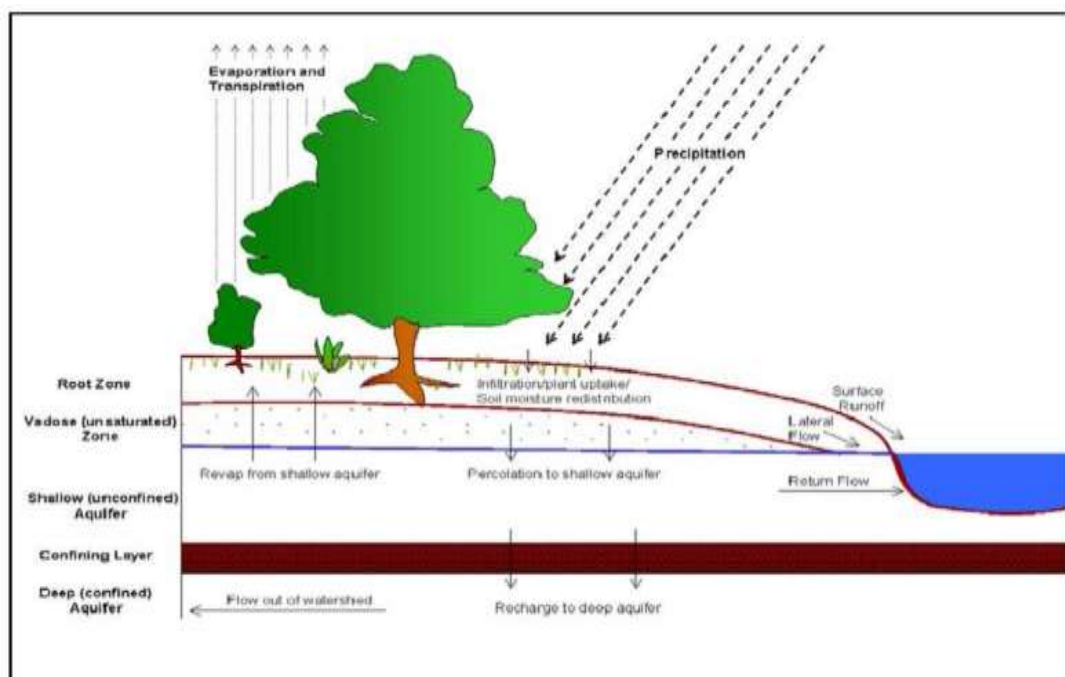
Kepekaan tanah dapat ditentukan oleh perilaku manusia, jika manusia membuat teras-teras pada tanah yang berlereng curam maka akan berdampak baik terhadap tanah karena dapat mengurangi erosi. Sedangkan jika manusia melakukan tindakan negatif seperti penggundulan hutan maka akan mempercepat terjadinya erosi. Lingkungan jika diperlakukan secara bijaksana



dapat memberikan dampak positif bagi manusia dalam kurun jangka panjang (Rahman, dkk., 2012).

### 2.3 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi dapat digambarkan sebagai proses sirkulasi air dari lahan, tanaman, sungai, danau, laut 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 atau 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). Skema siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Siklus Hidrologi (Neitsch, dkk., 2010).

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, 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 meresap ke dalam tanah dalam bentuk-bentuk infiltrasi, perkolasi, kapiler dan sisanya akan menjadi aliran permukaan (*runoff*). Air yang masuk ke dalam tanah akan mengisi pori-pori tanah dan akan membentuk suatu aliran air 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, 2010). 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. Secara skematis 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 dan salju
4. Infiltrasi ke dalam tanah dan bebatuan yang berkontribusi terhadap sistem air
5. *Runoff* yang terjadi di permukaan menuju badan air dipermukaan tanah seperti sungai dan danau
6. Pengisian kembali dari akuifer dan sungai ke laut, reservoir dimana siklus akan dimulai kembali

Perubahan tata guna lahan merupakan penyebab utama banjir (tingginya *runoff*) dibandingkan dengan faktor lainnya. Apabila suatu hutan yang berada dalam suatu daerah aliran sungai diubah menjadi pemukiman, maka debit puncak sungai akan meningkat antara 6 sampai 20 kali. Angka tersebut tergantung dari jenis hutan dan jenis pemukiman (Kodoatie dan Sjarief, 2008) dalam (Yanti, dkk., 2017). Selanjutnya, faktor penutupan lahan vegetasi cukup signifikan dalam pengurangan ataupun peningkatan aliran permukaan. Hutan yang lebat mempunyai tingkat penutup lahan yang tinggi, sehingga apabila hujan turun, faktor penutupan lahan ini akan memperlambat kecepatan aliran permukaan, bahkan bisa terjadi kecepatan mendekati nol.

## **2.4 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 hidrogra aliran. Hidrograf aliran biogeofisik yang berlangsung dalam suatu DAS (oleh adanya kegiatan pengelolaan DAS) dan atau adanya perubahan (fluktuasi musiman atau tahunan) iklim lokal (Asdak, 2010).

Data debit atau aliran sungai merupakan informasi yang paling penting bagi pengelolaan sumberdaya air. Debit puncak (banjir) diperlukan untuk merancang bangunan pengendali banjir. Sementara debit aliran kecil diperlukan untuk perencanaan lokasi (pemanfaatan air) untuk berbagai macam keperluan, terutama pada musim kemarau panjang. Debit rata-rata tahunan dapat memberikan gambaran potensi sumberdaya air yang dapat dimanfaatkan dari suatu daerah aliran sungai (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 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).

## 2.5 Koefisien Rezim Aliran (KRA)

Koefisien rezim aliran (KRA) merupakan perbandingan antara nilai debit *maximum* ( $Q_{max}$ ) dengan nilai dari debit *minimum* ( $Q_{min}$ ) dalam suatu DAS. Nilai KRA dapat diperoleh dari hasil pengamatan SPAS (stasiun pengamat arus sungai) ataupun dari hasil perhitungan. Untuk daerah yang pada saat musim kemarau tidak terdapat air di aliran sungainya maka nilai KRA diperoleh dari perbandingan debit *maximum* ( $Q_{max}$ ) dan debit andalan ( $Q_a = 0,25 \times Q$  rata-rata bulanan) (Kementerian Kehutanan, 2014). Klasifikasi koefisien rezim aliran (KRA) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Koefisien Rezim Aliran

Daerah	Nilai	Kelas
Basah	$KRA \leq 20$	Sangat Rendah
	$20 < KRA \leq 50$	Rendah
	$50 < KRA \leq 80$	Sedang
	$80 < KRA \leq 110$	Tinggi
	$KRA > 110$	Sangat Tinggi
Kering	$KRA \leq 5$	Sangat Rendah
	$5 < KRA \leq 10$	Rendah
	$10 < KRA \leq 15$	Sedang
	$15 < KRA \leq 20$	Tinggi
	$KRA > 20$	Sangat Tinggi

Sumber: Kementerian Kehutanan, 2014.

## 2.6 Metode 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).

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. Simulasi proses-proses hidrologi dibagi menjadi dua komponen daratan (pergerakan air, nutrisi, pestisida dan sedimen ke sungai yang telah terakumulasi) dan komponen sungai (pergerakan air di saluran ke sungai untuk kemudian menuju outlet DAS) (Fohrer, dkk., 2005) dalam (Febrianti, dkk., 2018).

Menurut Neitsch, dkk., (2005), model SWAT berbasis fisik dengan memasukkan persamaan regresi untuk menggambarkan hubungan antara variable *input* dan *output*, SWAT membutuhkan informasi spesifik tentang cuaca, sifat tanah, topografi, vegetasi, dan praktek-praktek pengelolaan lahan yang terjadi di DAS. Proses secara fisik terkait dengan pergerakan air, transpor sedimen dan lainnya. SWAT dapat digunakan untuk studi proses yang lebih khusus seperti transportasi bakteri, sedimen, dan unsur hara. Simulasi untuk DAS yang sangat besar atau berbagai strategi pengelolaannya dapat dilakukan tanpa investasi waktu atau uang yang besar, serta memungkinkan pengguna untuk mempelajari dampak jangka panjang.

Parameter *input* faktor iklim yang digunakan dalam SWAT adalah curah hujan harian, suhu udara maksimum dan minimum, data radiasi matahari, kelembaban relatif, dan data kecepatan angin, yang dapat diambil dari catatan pengukuran atau data observasi. Kelembaban relatif dan kecepatan angin diperlukan jika menggunakan Penman-Monteith (Monteith 1965) dalam menghitung evapotranspirasi yang terjadi. *Input* suhu maksimum dan minimum yang digunakan untuk memperhitungkan suhu tanah dan air harian.