

SKRIPSI

**PEMETAAN RAWAN KEKERINGAN DI DAERAH
ALIRAN SUNGAI MATA ALLO**

Disusun dan diajukan oleh

EKA NIRWANA

M11115347



PROGRAM STUDI KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN

PEMETAAN RAWAN KEKERINGAN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI MATA ALLO

Disusun dan diajukan oleh

EKA NIRWANA

M11115347

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan Fakultas

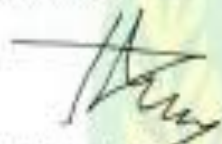
Kehutanan Universitas Hasanuddin

pada tanggal 08 Juli 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

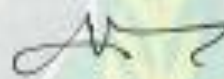
Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Ir. Roland A. Barker
NIP. 19540614 198103 1 007

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Ir. Daud Malamassam, M. Agr.
NIP. 19540209 197802 1 001

Ketua Program Studi,



Dr. Ir. Saiful Rijal, S. Hut., M. Si., IPU
NIP. 19770108 200312 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Eka Nirwana

NIM : M1111547

Program Studi : Kehutanan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Pemetan Rawan Kekeringan di Daerah Aliran Sungai Mata Allo”

Adalah karya tulisan 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, 08 Juli 2022



Eka Nirwana

ABSTRAK

Eka Nirwana (M111 15 347). Pemetaan Rawan Kekeringan Di Daerah Aliran Sungai Mata Allo di bawah bimbingan Roland A. Barkey dan Daud Malamassam

Kekeringan merupakan hubungan antara ketersediaan air di bawah rata-rata minimal kebutuhan air untuk hidup, lingkungan maupun ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekeringan tahun 2018 dan proyeksinya tahun 2032 serta mengetahui perbandingan defisit kadar air tanah di DAS Mata Allo. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Model SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Input data dalam Model SWAT adalah kemiringan lereng, jenis tutupan lahan, iklim, dan jenis tanah. Output Model SWAT yang digunakan dalam menentukan tingkat kekeringan DAS, adalah nilai Kadar Air Tanah (SW). Tingkat kekeringan di DAS Mata Allo berdasarkan penutupan lahan tahun 2018 diklasifikasikan menjadi 2 kelas yaitu dengan luasan sangat rendah sebesar 45% dan rendah sebesar 55% dari total luas DAS Mata Allo, sedangkan berdasarkan rencana pola ruang tahun 2032 luasan tingkat kekeringan sangat rendah sebesar 38,51% dan rendah sebesar 61,49%. Dari gambaran penelitian ini, dapat dikategorikan bahwa tingkat kekeringan di DAS Mata Allo masih tergolong sangat rendah dan rendah, meskipun dengan penerapan Pola Ruang pada tahun 2032 terjadi perubahan luasan yang sangat rendah menjadi sedikit tinggi kerentanannya menjadi rendah. Gambaran tingkat kekeringan di DAS Mata Allo ini juga tergambarkan dari nilai kadar air tanah DAS yang ada. Perubahan tingkat kekeringan yang terjadi pada tahun 2018 ke tahun 2032 terjadi di beberapa sub DAS yang mengalami deficit kadar air tanah seperti Sub DAS Sub DAS 34, 35, 47, 58, 59, 61, 63, 64, 66, 74, 79, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 93, 94, 96, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 107, dan 109 di Kecamatan Mengkendek, Curio, Alla, Baroko, Masalle, Anggeraja, Baraka, Malua, Buntu Batu dan Enrekang.

Kata Kunci: DAS Mata Allo; Tingkat Bahaya Kekeringan; Metode SWAT

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan nikmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi dengan judul “**Pemetaan Rawan Kekeringan di Daerah Aliran Sungai Mata Allo**”.

Atas selesainya skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada banyak pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan baik secara materi maupun non materi. Penulis mengucapkan terima kasih dengan rasa se hormat-hormatnya kepada :

1. Bapak **Dr. Ir. Roland A. Barkey** dan Bapak **Prof. Dr. Ir. Daud Malamassam, M.Agr** selaku pembimbing 1 dan pembimbing 2 atas segala bantuannya dalam memberikan saran, membantu dan mengarahkan penulis mulai dari pemilihan tema, judul, metode hingga selesainya skripsi ini.
2. Bapak **Prof. Dr. Yusran, S.Hut. M.Si** dan Bapak **Munajat Nursputra, S.Hut. M.Sc** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak/ibu **Dosen Fakultas Kehutanan** yang senantiasa memberikan ilmu dengan penuh rasa tanggung jawab tanpa mengenal lelah serta seluruh **Staf Fakultas Kehutanan** yang selalu melayani pengurusan administrasi selama berada di lingkungan Fakultas Kehutanan.
4. Kepada **Muhammad Asy Syukur, S.Hut, Muhammad Syaiful, S.Hut, Ira Anugerah Abbas, S.Hut, Ardiann Halis, S.Hut, Muh. Nursolihien, S.Hut, Andi Setiawan S,Hut** yang telah membantu penelitian di lapangan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, sehingga penulis menerima segala saran dan kritikan dari pembaca yang sifatnya membangun. Akhir kata, semoga hasil penelitian ini dapat memberi manfaat dan pengetahuan bagi kita semua.

Makassar, 8 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
II. PENDAHULUAN	1
2.1. Latar Belakang	1
2.2. Tujuan dan Kegunaan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Kekeringan	4
2.1.1. Pengertian Kekeringan	4
2.1.2. Jenis-Jenis Kekeringan.....	5
2.1.3. Faktor-Faktor Penyebab Kekeringan	6
2.1.4. Ancaman Bahaya (<i>hazard</i>).....	7
2.2. Daerah Aliran Sungai dan Hidrologi.....	8
2.2.1. Pengertian Daerah Aliran Sungai	8
2.2.2. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai	10
2.2.3. Hidrologi	10
2.3. Penutupan Lahan	12
2.4. Rencana Tata Ruang Wilayah	15
2.5. Model Analisis Hidrologi.....	16
2.5.1. Delinase Daerah Aliran Sungai	17

2.5.2	Unit Respon Hidrologi	18
2.5.3	Penggabungan HRU dengan Data Iklim	20
2.5.4	Output SWAT	20
2.6.	Soil Moisture Deficit Index (SMDI)	21
III.	METODE PENELITIAN.....	23
3.1.	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	23
3.2	Alat dan Bahan	23
3.2.1.	Alat	23
3.2.2.	Bahan.....	24
3.3.	Prosedur Penelitian.....	25
3.3.1.	Penentuan Batas Lokasi Penelitian	27
3.3.2.	Input Data Soil Water Assesment Tool.....	27
3.3.3.	Pembentukan Hydrological Response Unit	31
3.3.4.	Simulasi Model Soil and Water Assesment Tool	32
3.3.5.	Analisis Daerah Rawan Kekeringan	32
3.3.6.	Pemetaan Tingkat Kekeringan	33
3.3.7.	Perbandingan Tingkat Kekeringan Tahun 2018 dan Tahun 2032	34
IV.	KEADAAN UMUM LOKASI	35
4.1.	Letak dan Luas	35
4.2.	Kondisi Fisik	35
	<i>Kelerengan</i>	35
	<i>Jenis Tanah</i>	36
	<i>Iklim dan Curah Hujan</i>	38
V.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
5.1.	Penutupan Lahan tahun 2018	39
5.2.	Penutupan Lahan Rencana Pola Ruang tahun 2032.....	40
5.3.	Kekeringan	43
5.3.1.	Tingkat Bahaya Kekeringan berdasarkan Penutupan Lahan tahun 2018	44

5.3.2. Tingkat Bahaya Kekeringan berdasarkan Reencana Pola Ruang tahun 2032	45
5.3.3. Perbandingan Kekeringan Penutupan Lahan tahun 2018 dengan Kekeringan Rencana Pola Ruang tahun 2032.....	47
VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
6.1. Kesimpulan.....	55
6.2. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Data Penelitian	24
Tabel 2.	Confusion Matriks.....	28
Tabel 3.	Klasifikasi Penutupan Lahan Model SWAT tahun 2018.....	28
Tabel 4.	Klasifikasi penutupan Lahan Model SWAT berdasarkan Rencana Pola Ruang tahun 2032	29
Tabel 5.	Parameter Tanah SWAT	30
Tabel 6.	Pembobotan Klasifikasi Indeks SMDI.....	33
Tabel 7.	Klasifikasi Kemiringan Lereng Pada DAS Mata Allo.....	35
Tabel 8.	Klasifikasi Jenis Tanah DAS Mata Allo.....	37
Tabel 9.	Penutupan Lahan tahun 2018.....	39
Tabel 10.	Klasifikasi Rencana Pola Ruang tahun 2032.....	42
Tabel 11.	Tingkat Bahaya Kekeringan DAS Mata Allo.....	44
Tabel 12.	Tingkat Bahaya Kekeringan DAS Mata Allo.....	46
Tabel 13.	Perbandingan Tingkat Bahaya Kekeringan DAS Mata Allo berdasarkan Penutupan Lahan tahun 2018 dan Rencana Pola Rung tahun 2032.....	47
Tabel 14.	Nilai Deficit Air Tanah berdasarkan Penutupan Lahan tahun 2018 dan Rencna Pola Ruang tahun 2032.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Peta Lokasi Penelitian	23
Gambar 2.	Prosedur Penelitian.....	26
Gambar 3.	Peta Kelerengan.....	36
Gambar 4.	Peta Jenis Tanah	37
Gambar 5.	Grafik Rata-rata Curah Hujan Bulanan tahun 2011-2020.....	38
Gambar 6.	Peta Penutupan Lahan tahun 2018	40
Gambar 7.	Peta Pola Ruang tahun 2032.....	43
Gambar 8.	Kekeringan berdasarkan Penutupan Lahan tahun 2018	45
Gambar 9.	Kekeringan berdasarkan Rencana Pola Ruang tahun 2032.....	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Peta Penyebaran Titik Groundcheck DAS Mata Allo	62
Lampiran 2.	Titik Groudcheck DAS Mata Allo	63
Lampiran 3.	Kondisi Penutupan/Penggunaan Lahan DAS Mata Allo	69
Lampiran 4.	Tabel Confusion Matriks Penutupan Lahan tahun 2018 pada DAS Mata Allo	72

II. PENDAHULUAN

2.1. Latar Belakang

Letak geografis Indonesia diantara dua benua, dan dua samudra serta terletak di sekitar garis khatulistiwa merupakan faktor klimatologi penyebab banjir dan kekeringan di Indonesia. Posisi geografis ini menyebabkan Indonesia berada pada belahan bumi dengan iklim monsoon tropis yang sangat sensitive terhadap anomali iklim *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO). ENSO menyebabkan terjadinya kekeringan apabila kondisi suhu permukaan laut Pasifik Equator bagian tengah hingga timur menghangat. Kejadian bencana terbesar di Indonesia yang terjadi setelah tahun 1990-an sebagian besar merupakan bencana yang terkait dengan iklim khususnya banjir, kekeringan, dan kebakaran hutan (Yumono, 2012).

Menurut Undang-undang No. 24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana mendefinisikan kekeringan adalah ketersediaan air yang jauh dibawah kebutuhan air untuk kebutuhan hidup, pertanian, kegiatan ekonomi dan lingkungan. Musim kemarau yang panjang akan menyebabkan kekeringan karena cadangan air tanah akan habis akibat penguapan (evaporasi), transpirasi, ataupun penggunaan lain oleh manusia kekeringan secara sederhana dapat diartikan sebagai kurangnya air bagi kehidupan makhluk hidup disuatu wilayah (Soenarto dkk, 2013).Kekeringan menurut (purweta et al, 2014) adalah hubungan antara ketersediaan airdibawah rata-rata minimal kebutuhan air untuk hidup, lingkungan maupun kegiatan ekonomi.Perubahan tata guna lahan yang relative luas pada Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat menyebabkan terganggunya siklus hidrologi. Hal tersebut dapat mempengaruhi Ekosistem DAS (Sandhyavitri, 2015). Salah satu contohnya Kabupaten Enrekang dan Kabupaten Tana Toraja Sulawesi Selatan.

Setiap tahunnya terjadi kelangkaan air bersih di Kabupaten Enrekang dan Kabupaten Tana Toraja. Hal ini disebabkan tingginya pertumbuhan penduduk yang menyebabkan tingkat penggunaan air tinggi pula. Selain itu meningkatnya

pembukaan lahan yang di alih fungsikan sebagai lahan pertanian memiliki efek negative pada sumberdaya air pada umumnya dan air tanah pada khususnya (Syam, 2012). Untuk suplai air bersih mengandalkan mata air dan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Seperti yang telah dilansir pada *tribunnews.com* September 2019 pada artikel yang berjudul “Kekeringan Mengancam Kabupaten Enrekang yang Mengakibatkan Ratusan Lahan Pertanian Terancam Gagal Panen” menurut Bapak Asrul, sudah 4 bulan musim kemarau melanda sehingga mengakibatkan banyak tanaman jagung yang kemungkinan besar tidak bisa di panen. Sama halnya dengan yang terjadi Kabupaten Tana Toraja di lansir pada *sindonews.com* oktober 2018 pada artikel yang berjudul “ Kekeringan, Ratusan Hektar Sawah di Tana Toraja rusak”. Sehingga pemilihan lokasi ini di Daerah Aliran Sungai Mata Allo karena wilayah Kabupaten Enrekang dan Kabupaten Tana Toraja berada pada DAS ini yang sama-sama mengalami kekeringan.

Selain curah hujan yang rendah, penyebab kekeringan lahan juga disebabkan karena daerah yang dahulunya merupakan daerah bervegetasi menjadi wilayah permukiman (Adiningsih, 2014). Perubahan penggunaan lahan adalah berubahnya suatu penggunaan lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan yang lainnya diikuti dengan berkurangnya tipe penggunaan lahan yang lain dari satu waktu ke waktu berikutnya, atau berubahnya fungsi suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda (Syukur, dkk, 2010).

Penyediaan air yang tidak merata disebabkan oleh penurunan kapasitas infiltrasi tanah dan peningkatan aliran permukaan, sehingga ada waktu-waktu tertentu terjadi kelebihan air yang tidak termanfaatkan dan sebaliknya pada waktu lainnya terjadi kekurangan air. Penurunan kapasitas infiltrasi tanah dan peningkatan aliran permukaan dipengaruhi oleh perubahan penutupan lahan. Pada konteks hubungan antara perubahan penutupan lahan dengan kekeringan, maka diperlukan penataan penggunaan lahan yang diharapkan dapat menurunkan aliran permukaan dan meningkatkan jumlah air hujan yang masuk dan tersimpan di dalam tanah, sehingga akan meningkatkan aliran dasar (base flow) atau aliran sungai (Marwah, 2014).

Berdasarkan kondisi tersebut penelitian ini dilakukan untuk menggambarkan tingkat kerawanan kekeringan menggunakan model Soil and

Water Assesment Tool (SWAT). Penelitian ini diharapkan dapat dapat memberikan informasi dalam perencanaan pengelolaan DAS Mata Allo.

2.2. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui tingkat kerawanan kekeringan DAS Mata Allo berdasarkan Penutupan Lahan tahun 2018 dan Rencana Pola Ruang Kabupaten Enrekang dan Kabupaten Tana Toraja tahun 2032.
2. Mengetahui perbandingan nilai deficit air dan melihat kecamatan yang megalami perubahan kekeringan di Daerah Aliran Sungai Mata Allo.

Kegunaan dari penelitian ini sebagai referensi spasial baik dalam perencanaan pengelolaan DAS maupun sebagai system monitoring kejadian kekeringan dakam rangka mengantisipasi kerugian yang lebih besar akibat gagal panen serta sebagai bahan pertimbangan penyusunan rencana tata ruang wilayah Kabupaten Enrekang dan Kabupaten Tana Toraja.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kekeringan

2.1.1. Pengertian Kekeringan

Kekeringan (drought) secara umum didefinisikan sebagai pengurangan persediaan air atau kelembaban yang bersifat sementara dibawa normal atau volume yang diharapkan untuk jangka waktu khusus. Kekeringan dapat diartikan juga sebagai suatu keadaan dimana terjadi kekurangan air, dalam hal ini biasanya dikonotasikan dengan kekurangan air hujan (Raharjo, 2010).

Kekeringan adalah suatu kejadian yang dapat mengganggu kelangsungan hidup manusia. Kekeringan berkaitan erat dengan cadangan air yang ada di dalam tanah dan cadangan air untuk kebutuhan sehari-hari. Dibidang pertanian kekeringan membawa dampak yang cukup signifikan. Kekeringan dapat menjadi penghambat produksi yang akan berdampak pada kondisi ekonomi (Irianto, 2002).

Kekeringan pada dasarnya diakibatkan oleh kondisi hidrologi suatu daerah dalam kondisi air tidak seimbang. Kekeringan terjadi akibat dari distribusi hujan yang tidak merata yang merupakan satu-satunya input bagi suatu daerah. Ketidakmerataan hujan ini akan mengakibatkan beberapa daerah yang curah hujannya kecil akan mengalami ketidakseimbangan antara input dan output air (Jamil, 2013). Changnom (1987) dalam *Sukresno et all* (2005) mendefinisikan, kekeringan pertanian adalah sebagai suatu periode di mana air tanah tidak cukup memenuhi kebutuhan air tanaman sehingga pertumbuhannya tetap, bahkan tanaman mati. Definisi kekeringan hidrologis adalah suatu periode di mana bila untuk sungai alirannya di bawah normal dan atau bila untuk waduk tampungan air tidak ada (habis). Kekeringan sosial ekonomi adalah hasil proses fisik yang terkait dengan aktivitas manusia yang terkena dampak kekeringan. Selanjutnya dengan mengacu pada definisi dan peristilahan terkait dengan kekeringan, kemudian ditetapkan formulasi kerentanan kekeringan dan potensi air.

2.1.2. Jenis-Jenis Kekeringan

Berdasarkan penyebab dan dampak yang ditimbulkan, kekeringan diklasifikasikan sebagai kekeringan alamiah dan kekeringan akibat ulah manusia. Kekeringan alamiah dibedakan menjadi beberapa jenis kekeringan (Pratiwi, 2011), yaitu :

a. Kekeringan Meteorologis

Kekeringan yang berkaitan dengan tingkat curah hujan dibawah normal dalam satu musim di suatu kawasan. Kekeringan ini mengacu pada kurangnya intensitas hujan bila dibandingkan dengan kondisi rata-rata dalam periode waktu yang lama. Ambang batas yang dipilih, seperti 50% dari curah hujan normal selama jangka waktu enam bulan akan bervariasi menurut lokasi sesuai dengan kebutuhan pengguna atau aplikasi. Pengukuran kekeringan meteorologis merupakan indeks pertama adanya kekeringan.

b. Kekeringan Hidrologis

Kekeringan yang berkaitan dengan kekurangan pasokan air permukaan dan air tanah. Kekeringan hidrologis biasanya didefinisikan oleh kekurangan pada permukaan dan persediaan air bawah permukaan relative terhadap kondisi rata-rata pada berbagai titik dalam waktu semusim. Ada juga waktu kesenjangan yang cukup besar antara penyimpanan dari curah hujan dan titik dimana kekurangan- kekurangan ini menjadi jelas dalam komponen permukaan dan bawah permukaan dari system hidrologi.

c. Kekeringan Pertanian

Kekeringan pertanian didefinisikan sebagai kurangnya ketersediaan air tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan makanan ternak dari curah hujan normal selama beberapa periode waktu tertentu. Hubungan antara curah hujan dan infiltrasi air hujan ke dalam tanah seringkali tidak berlangsung. Tingkat infiltrasi bervariasi tergantung pada kondisi kelembaban, kemiringan, jenis tanah, dan intensitas dari peristiwa presipitasi. Karakteristik tanah juga berbeda. Sebagai contoh, beberapa tanah memiliki kapasitas menyimpan air lebih tinggi, yang membuat

mereka kurang rentan terhadap kekeringan. Adapun kekeringan akibat perilaku manusia hal ini disebabkan karena ketidaktaatan pada aturan yang ada. Kekeringan jenis ini dikenal dengan kekeringan Antropologi, yang didakan menjadi 2 jenis , yaitu:

- a. Kebutuhan air lebih besar daripada pasokan yang direncanakan akibat ketidaktaatan pengguna terhadap pola tanam/pola penggunaan air.
- b. Kerusakan kawasan tangkapan air dan sumber-sumber air akibat perbuatan manusia.

2.1.3. Faktor-Faktor Penyebab Kekeringan

Penyebab Kekeringan Kekeringan tidak hanya disebabkan oleh kurangnya curah hujan saja, tetapi ada beberapa faktor lain yang berpengaruh (Pratiwi, 2011), yaitu :

- a. Faktor Meteorologi Kekeringan yang disebabkan oleh faktor meteorologi merupakan ekspresi perbedaan presipitasi dari kondisi normal untuk suatu periode tertentu, karena itu faktor meteorologi bersifat spesifik wilayah sesuai dengan iklim normal di suatu wilayah. Selain dipengaruhi oleh dua iklim pulau Jawa juga dipengaruhi oleh dua gejala alam yaitu gejala alam La Nina yang dapat menimbulkan banjir dan gejala alam El Nino yang menimbulkan dampak musim kemarau yang kering.
- b. Faktor Hidrologi Pada saat ini kondisi hutan di Jawa Tengah cukup memprihatinkan dan pada tahun-tahun terakhir ini sering terjadi penjarahan hutan dan pemotongan pohon yang tidak terprogram, sehingga menyebabkan gundulnya tanah di daerah tangkapan air, hal ini menyebabkan bertambahnya koefisien run-off dan berkurangnya resapan air ke dalam tanah (infiltrasi). Kondisi ini sangat berpengaruh dengan berkurangnya air yang meresap ke dalam tanah maka variabilitas aliran sungai akan meningkat dan pada musim kemarau berkurang pula debit air pada sungai-sungai sebagai sumber air yang menyebabkan kekeringan di bagian hilir sungai tersebut.
- c. Faktor Agronomi Kekurangan kelembaban tanah menyebabkan tanah tidak mampu memenuhi kebutuhan tanaman tertentu pada periode waktu tertentu,

karena itu apabila para petani tidak disiplin dan tidak patuh pada pelaksanaan Pola Tanam dan Tata Tanam yang telah disepakati dan merupakan salah satu dasar untuk perhitungan kebutuhan air, maka akan mempengaruhi efektifitas dan efisiensi pemberian air untuk tanaman.

- d. Faktor Prasarana Sumberdaya Air Dengan meningkatnya kebutuhan air untuk irigasi, air minum, industri, rumah tangga dan berbagai keperluan lainnya, maka diperlukan ketersediaan air yang lebih banyak pula, sedangkan air yang tersedia sekarang jumlahnya terbatas. Di sisi lain prasarana sumber daya air sebagai penampung air seperti waduk, embung dan lain-lain masih sangat terbatas, disamping kondisi prasarana yang ada tersebut banyak yang rusak atau kapasitasnya menurun.
- e. Faktor Penegakan Hukum Kurangnya kesadaran masyarakat/aparat dan belum terlaksananya penegakan hukum secara tegas menjadi salah satu faktor yang mengakibatkan bencana kekeringan yaitu pencurian air, perusakan sarana dan prasarana sumberdaya air sehingga mengakibatkan kesulitan pembagian air yang akhirnya menimbulkan kerugian serta konflik antar pengguna karena tidak terpenuhinya kebutuhan air.
- f. Faktor Sosial Ekonomi Tingkat sosial ekonomi masyarakat di sekitar sumber air mempengaruhi tingkat partisipasi dan handarbeni masyarakat akan pentingnya pelestarian sumberdaya air dan lingkungannya karena tata guna lahan yang tidak serasi (tidak sesuai Master Plan/Tata Ruang Wilayah) serta pemakaian air yang tidak efisien.

2.1.4. Ancaman Bahaya (*hazard*)

Bahaya menurut Aditya (2010) adalah fenomena ataupun aktivitas manusia yang dapat menyebabkan hilangnya nyawa atau luka. Kerusakan, dan kehidupan social ekonomi tengganggu maupun penurunan kualitas hidup. Setiap ancaman atau bahaya memiliki karakteristik berupa keterkaitannya terhadap peluang, lokasi, waktu, dan besarnya dampak :

1. Bahaya memiliki faktor penyebab
2. Bahaya dinyatakan sebagai probabilitas
3. Bahaya berada pada lokasi tertentu
4. Bahaya memiliki intensitas tertentu

5. Bahaya memiliki durasi dampak
6. Bahaya memiliki batasan waktu tertentu

Untuk menghindari dampak yang ditimbulkan, manusia perlu terlebih dahulu mengenali dan memahami ancaman atau bahaya yang ada. Salah satu upaya untuk mengenali bahaya (*hazard assessment*). Penilaian bahaya meliputi kegiatan analisis aspek-aspek fisik dari fenomena atau kejadian alam melalui pengumpulan data historis, interpretasi data topografi, geologi dan hidrologi untuk mendapatkan prakiraan kemungkinan spasial dan temporal datangnya kejadian dan besarnya bahaya. Selanjutnya dari penilaian bahaya dapat dilakukan pemetaan bahaya (*hazard mapping*). *Hazard mapping* adalah melakukan penelian dan penyajian informasi bahaya untuk menampilkan karakteristik bahaya (sifat dan jenis bahaya), intensitas (waktu dan durasi dampak yang ditimbulkan) dan luas daerah pengaruh sebagai zona-zona bahaya yang berguna bagi kegiatan mitigasi bencana.

2.2. Daerah Aliran Sungai dan Hidrologi

2.2.1. Pengertian Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) 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 topografi dan batas laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (Peraturan Menteri Kehutanan RI, 2009) Wilayah daratan tersebut dinamakan daerah tangkapan air (DTA atau *catchment area*) yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumberdaya alam (tanah, air dan vegetasi) dan sumberdaya manusia sebagai pemanfaat sumber daya alam (Asdak, 2010).

Daerah Aliran Sungai memiliki 3 (tiga) komponen utama yang terjadi ciri khas atau penciri utamanya, yaitu: (1) suatu wilayah yang dibatasi oleh puncak gunung/bukit dan punggung/igir-igirnya; (2) hujan yang jatuh di atasnya diterima, disimpan, dan dialirkan oleh system sungai; dan (3) system sungai itu keluar melalui satu *outlet* tunggal. Selanjutnya beberapa ahli DAS membuat suatu

kesimpulan bahwa DAS merupakan: (1) suatu wilayah bentang lahan dengan batas topografi; (2) suatu wilayah kesatuan hidrologi; dan (3) suatu wilayah kesatuan ekosistem (Kementrian Kehutanan, 2013)

Soemarto (1987) mengatakan bahwa DAS adalah suatu system yang mengubah curah hujan (*input*) ke dalam debit (*ouput*) dipelepasannya (*outlet*). Sebagai suatu ekisistem, DAS merupakan sisteyang kompleks dan heterogen yang terdiri dari beberapa sub system, dimana sub system tersebut dianggap homogeny. Karena merupakan suatu ekosistem, maka DAS merupakan suatu kesatuan berbagai sub-sistem yang didalamnya terdapat berbagai interaksi ekologi, ekonomi dan sosial. Sehingga dalam konteks seperti itu, DAS merupakan suatu initt pengelolaan (*management unit*) dimana pemanfaatan sumber daya hutan, lahan dan air diarahkan untuk dapat memeberikan manfaat secara ekologis, ekonomi dan sosial (Baja S, 2012).

Daerah Aliran Sungai dapat dibagi kedalam tiga komponen utama yaitu menjadi daerah hulu, tengah dan hilir. Daerah hulu merupakan daerah konservasi yang mempunyai kerapatan *drainase* yang lebih tinggi dan memiliki kemiringan lahan yang besar. Sementara daerah hilir merupakan daerah pemanfaatan, kerapatan *drainase* lebih kecil dan memiliki kemiringan lahan yang kecil sampai dengan sangat kecil. DAS bagian tengah merupakan daerah trasisi dari kedua bagian DAS yang berbeda tersebut (Asdak, 2010). Peran hutan daerah hulu sangat penting mengingat lahan hutan dapat meningkatkan infiltrasi (Barkey R. M., 2017). Kondisi daerah hilir dipengaruhi oleh seluruh aktivitas yang dilakukan di daerah hulu karena adanya keterkaitan antara daerah hulu dan daerah hilir dala suatu DAS. Sehingga aktivitas manusia pada daerah hulu DAS baik yang bersifair perbaikan kondisi DAS maupun eksploitasi akan berdampak pada kondisi hidrologi daerah hilir (Mubarok, dkk., 2014).

Daerah Aliran Sungai memepunyai karakteristik yang spesifik dalam hubungannya dengan system hidrologi serta berkaitan erat dengan unsur utamanya seperti jenis tanah, tata guna lahan, topografi, kemiringan dan panjang lereng. Karakteristik biofisik DAS tersebut dalam merespon curah hujan yang jatuh diwilayah DAS tersebut dapat memeberikan pengaruh terhadap besar-kecilnya evapotraspirasi, infiltrasi, perkolasi, air larian, aliran permukaan, kandungan air

tanah, dan aliran sungai (Asdak, 2010). Siklus hidrologi di skala DAS adalah proses yang kompleks yang dipengaruhi oleh iklim, karakteristik fisik DAS (geologi, medan, sifat tanah, vegetasi) dan aktivitas manusia (penggunaan lahan, peraturan waduk, transfer air) (Samie M, dkk., 2019).

2.2.2 Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Pengelolaan DAS adalah upaya manusia dalam mengatur hubungan timbal balik antara sumberdaya alam dengan manusia di dalam DAS dan segala aktivitasnya, agar terwujud kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya kemanfaatan sumberdaya alam bagi manusia secara berkelanjutan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2012). Tujuan pengelolaan DAS adalah terjaminnya pemanfaatan sumberdaya alam skala DAS secara berkelanjutan, tercapainya keseimbangan ekologis sebagai system penyangga kehidupan, terjaminnya kuantitas dan kualitas air sepanjang tahun, pengendalian aliran permukaan dan banjir serta pengendalian erosi tanah dan proses degradasi lahan lainnya (Asdak, 2010).

Pengelolaan DAS sebagai bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai unit pengelolaannya. Pada dasarnya merupakan usaha-usaha penggunaan sumber daya alam (hutan, tanah, air) di suatu DAS secara rasional untuk mencapai tujuan ekonomi (produksi) sumberdaya lahan yang optimum dan berkelanjutan, disertai dengan upaya-upaya untuk menekan kerusakan seminimql mungkin, melalui konservasi tanah dan air. Untuk itu diperlukan perencanaan tata guna lahan secara baik, dank arena kompleksnya karakteristik DAS, maka dibutuhkan dukungan permodelan spasial dalam upaya membantu perencanaan secara efektif (Baja S, 2012).

2.2.3 Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari sifat dan karakteristik air, kejadian, distribusi dan gerakan air. Termasuk di dalamnya adalah penyebaran, daur dan perilakunya, sifat-sifat fisika dfan kimianya, serta hubungannya dengan unsur-unsur hidup dalam air itu sendiri (Indarto, 2012 dalam Muis, 2017). Dalam system hidrologi, peranan vegetasi sangat penting karena kemungkinan intervensi manusia terhadap unsur tersebut sangat besar. Vegetasi dapat merubah sifat fisika

dan kimia tanah dalam hubungannya dengan air, dapat mempengaruhi kondisi permukaan tanah, dan dengan demikian, mempengaruhi besar-kecilnya aliran air permukaan (Asdak, 2010).

Daur hidrologi alamiah menunjukkan gerakan air di permukaan bumi. Selama berlangsungnya daur hidrologi, yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti, air tersebut akan tertahan sementara di sungai, danau/waduk dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya. Dalam daur hidrologi, energy panas matahari dan factor-faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah di laut atau badan-badan air lainnya (Asdak, 2010).

Air hujan yang sampai ke permukaan tanah yang disebut seplai air permukaan tanah, akan mengalir di permukaan tanah atau masuk ke dalam tanah. Air yang mengalir dipermukaan tanah disebut disebut aliran permukaan (*runoff*), dan air yang masuk ke dalam tanah di sebut infiltrasi. Peristiwa masuknya air ke dalam tanah di sebut infiltrasi (*infiltration*). Air aliran permukaan akan terkumpul di dalam danau, waduk, dan sungai kemudian mengalir ke laut. Aor infiltrasi sebagian akan menguap dari permukaan tanah dan akan kembali ke udara, sebagian lagi diserap tumbuhan kemudian kembali ke udara melalui transpirasi, dan sebagian lagi terpekolasi masuk lebih dalam ke dalam tanah menjadi air bawah tanah (*ground water*) yang kemudian akan masuk ke dalam sungai atau danau melalui aliran bawah tanah (*ground water flow*). Air di dalam danau, waduk, sungai, dan laut akan menguap dan kembali ke udara (Asdak, 2010).

Siklus suatu komponen utama dalam hidrologi adalah debit atau aliran sungai. Aliran sungai atau debit adalah jumlah air mengalir melalui suatu penampang sungai tertentu per satuan waktu. Dalam system satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meterkubik per detik (m^3/dt) (Arimunandar & Kuwahara, 2004). Debit aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran. Hidrograf aliran adalah suatu perilku debit sebagai respns adanya perubahan karakteristik biogeofisik yang berlangsung dalam suatu DAS (oleh adanya kegiatan pengelolaan DAS) dan/atau adanya perubahan (fluktuasi musiman atau tahunan) klim local (Asdak, 2010).

Kekeringan atau defisit pasokan air adalah salah satu indikator kerusakan DAS, selain disebabkan oleh pergeseran musim, alih fungsi lahan, hancurnya kawasan hutan, dan lain sebagainya. Miwardi (2012) dalam Ayuba (2016) menyatakan bahwa ketersediaan air tanah sulit diperhitungkan secara pasti, walaupun bisa diprediksi dari besarnya pengisian kembali air tanah (*recharge*).

2.3. Penutupan Lahan

Perwujudan secara fisik objek-objek yang menutupi lahan tanpa mempersoalkan kegiatan manusia terhadap objek-objek tersebut disebut dengan penutupan lahan (Arsyad, 2011). Penutupan lahan memiliki kaitan dengan penggunaan terhadap suatu lahan merupakan hal yang nyata dari pengaruh aktivitas manusia terhadap sebagian fisik permukaan bumi. Sehingga membahas klasifikasi penggunaan/penutupan lahan tidak terlepas dari makna tentang lahan sebagai sumber daya alam. Sumber daya alam sebagai kesatuan unsur-unsur lingkungan, baik fisik maupun biotik, yang diperlukan manusia untuk memenuhi kebutuhan dan meningkatkan kesejahteraan (Muis, 2017).

Kelas penutupan lahan dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu daerah bervegetasi dan daerah tidak 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. Sedangkan dalam kategori daerah tidak bervegetasi, pendetailan kelas mengacu pada aspek permukaan tutupan, distribusi atau kepadatan, dan ketinggian atau kedalaman objek (Bada Standarisasi Nasional 2011).

Tutupan lahan berupa hutan mempunyai kaitan dengan hidrologi. Salah satunya hutan sebagai penahan tanah yang mempunyai kelerengan tinggi. Sehingga air hujan yang jatuh di daerah tersebut tertahan dan meresap ke dalam tanah yang selanjutnya akan menjadi air tanah. Air tanah di daerah hulu merupakan cadangan air bagi sumber air sungai. Oleh karena itu hutan yang terjaga dengan baik akan memberikan manfaat berupa penyediaan sumber-sumber air pada musim kemarau. Sebaliknya hutan yang gundul akan menyebabkan terjadinya banjir dan tanah longsor (Asdak, 2010).

Laju perubahan penutupan lahan membutuhkan penanganan yang terpadu melalui pola pengelolaan hutan yang lestari. Kegiatan monitoring dengan memanfaatkan data penginderaan jauh (inderaja) di bidang kehutanan merupakan salah satu pilihan yang tepat untuk memperoleh data yang cepat, akurat dan relatif murah untuk mendeteksi perubahan penutupan lahan (Syam, Dkk., 2012). Pemanfaatan citra satelit yang mempunyai resolusi spasial yang tinggi sangat efektif dalam mendeteksi penampakan obyek dipermukaan bumi, salah satu citra satelit yang dapat digunakan yaitu citra SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*). Penelitian ini menggunakan citra SPOT 7 yang merupakan satelit observasi resolusi tinggi yang membawa sensor NAOMI (*New AstroSat Optical Modular Instrument*) dengan resolusi 6 meter *multispectral* dan 1,5 meter *pankromatik* (Wastono, 2015).

Pengelolaan citra menjadi data penutupan lahan dilakukan dengan metode interpretasi citra. Interpretasi citra merupakan perbuatan mengkaji foto udara dan ataucitra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut. Teknik interpretasi citra penutupan lahan dilakukan dengan proses digitasi yaitu mengkonversi data analog menjadi data digital yang atributnya dapat ditambah berupa informasi dari objek yang dimaksud. Dalam hal ini dibutuhkan unsur-unsur pengenalan objek ataupun gejala yang terekam pada citra. Unsur-unsur inilah yang dinamakan unsur interpretasi.

Ada 9 jenis unsur interpretasi, yaitu (Sutanto, 1986 dalam Nasir, 2018) :

1. Rona/Warna, merupakan karakteristik *spectral*, karena rona/warna termasuk akibat besar kecilnya tenaga pantulan maupun pancaran. Unsur ini nampak pada citra dengan tingkat cerah dan gelapnya suatu objek. Umumnya rona/warna diklasifikasikan menjadi cerah, agak cerah, sedang, agak kelabu dan kelabu. Tingkatan rona/warna ini diukur secara kualitatif.
2. Ukuran, unsur ini merupakan ukuran dari suatu objek secara kualitatif maupun kuantitatif. Ukuran kualitatif ditunjukkan dengan besar, sedang, dan kecil (seperti : Objek hutan, perkebunan). Sedangkan ukuran dapat diukur secara kuantitatif yang ditunjukkan dengan ukuran objek dilapangan, karena itu skala harus diperhitungkan sebelum interpretasi citra maupun data digit.

1. Bentuk, unsur ini ditunjukkan dengan bentuk dari objek, karena setiap objek mempunyai bentuk seperti : Jalan = memanjang, Lapangan Bola = Persegi, dan sebagainya.
2. Tekstur, suatu objek ditunjukkan dengan kehalusan suatu rona, dimana perbedaan rona tidak terlalu menyolok, seperti : rona air jernih, sehingga air jernih/kotor mempunyai tekstur yang halus, tetapi bila objek bervariasi seperti objek hutan belukar, pantulan tenaga dari objek bervariasi yang ditunjukkan dari tekstur yang kasar.
3. Pola, meruakan unsur keteraturan dari suatu objek dilapangan yang Nampak pada citra. Objek manusia umumnya memiliki suatu pola tertentu yang diklasifikasikan menjadi : teratur, kurang teratur, dan tidak teratur.
4. Tinggi, unsur ini akan nampak bila objek ini mempunyai tinggi, dan tiap objek memiliki kecuali permukaan air, tetapi untuk citra skala kecil tinggi objek tidak Nampak. Tinggi dapat diukur bila skalanya memungkinkan, terutama citra foto yang menunjukkan bentuk 3 dimensi.
5. Bayangan, objek yang mempunyai tinggi akan mempunyai bayangan dan bayangan dapat digunakan untuk mengukur tinggi suatu objek. Bayangan ditunjukkan dengan ukuran yang nampak pada citra maupun data digit. Pengukuran panjang bayangan dan mengetahui jam terbang dapat diketahui tinggi suatu objek.
6. Situs, unsur ini merupakan ciri khusus yang dimiliki suatu objek dan setiap objek mempunyai situs, seperti : lapangan bola mempunyai situs anak gawang dan podium, sawah mempunyai situs pematang dan galengan dan sebagainya. Sehingga tinggi objek diketahui.
7. Asosiasi, unsur ini digunakan untuk menghubungkan suatu objek dengan objek lain, karena kenyataan suatu objek akan berasosiasi dengan objek lain dan berkaitan seperti : sawah berasosiasi dengan aliran air (irigasi), permukiman dan sebagainya.

Menguji keakuratan interpretasi citra maka dilakukan uji akurasi citra. Akurasi merupakan perbandingan antara data hasil interpretasi dengan kondisi lapangan. Pengecekan lapangan dilakukan dengan tujuan untuk melakukan koreksi terhadap hasil klasifikasi penutupan lahan. Penetapan titik koordinat

ditentukan secara *purposive sampling* yaitu memilih lokasi yang dijadikan sebagai titik sampling yang mewakili setiap bentuk penutupan lahan yang ada. Penetapan titik koordinat dilakukan dengan mempertimbangkan faktor kemudahan aksesibilitas dengan maksimal jarak dari akses yaitu 500 m dari setiap penutupan lahan yang dipilih.

2.4. Rencana Tata Ruang Wilayah

Rencana tata ruang wilayah (RTRW) merupakan perangkat penataan ruang wilayah yang disusun berdasarkan pendekatan wilayah administrative yang secara hierarki terdiri atas rencana tata ruang wilayah nasional, rencana tata ruang wilayah provinsi, dan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota. Rencana umum tata ruang kabupaten/kota adalah penjabaran RTRW provinsi ke dalam kebijakan dan strategi pengembangan wilayah kabupaten/kota yang sesuai dengan fungsi dan perannya di dalam rencana pengembangan wilayah provinsi secara keseluruhan, strategi pengembangan wilayah ini selanjutnya dituangkan ke dalam rencana struktur dan rencana pola ruang operasional (Menteri Pekerjaan Umum, 2009).

Perencanaan tata ruang wilayah kabupaten meliputi proses dan prosedur penyusunan serta penetapan RTRW kabupaten, Penyusunan RTRW kabupaten dilakukan dengan berasaskan pada kaidah-kaidah perencanaan yang mencakup asas keselarasan, keserasian, keterpaduan, kelestarian, keberlanjutan serta berkaitan antar wilayah baik di dalam kabupaten bersangkutan maupun dengan kabupaten sekitarnya. Dalam rangka perencanaan tata ruang wilayah kabupaten, perlu disusun pedoman penyusunan RTRW kabupaten sebagai acuan bagi semua pihak terkait dalam penyusunan RTRW kabupaten, baik kalangan pemerintah, swasta, maupun masyarakat pada umumnya (Anila A, 2017).

Perencanaan tata ruang untuk sumber daya air dilakukan dengan tujuan pengelolaan lahan dengan menyediakan tempat yang tepat untuk air memenuhi maksimum penyediaan air dalam tanah yang disebut infiltrasi, sehingga mengurangi limpasan permukaan air yang tinggi. Faktor pendorong penting untuk mengubah respon hidrologi DAS yaitu perubahan penggunaan lahan (Niraula, dkk., 2015).

2.5. Model Analisis Hidrologi

Hidrologi merupakan bidang ilmu pengetahuan yang mempelajari kejadian-kejadian serta penyebaran/distribusi air secara alami di bumi. Analisis yang dapat dilakukan untuk menggambarkan kondisi hidrologi DAS adalah dengan mengandaikan proses transformasi yang dapat menggambarkan kondisi biofisik DAS yang disusun dalam sebuah model analisis hidrologi (Harto, 2000 dalam Junaidi & Taringan, 2011). *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) adalah salah satu model analisis hidrologi untuk skala DAS yang dikembangkan oleh Dr. Jeff Arnold untuk *USDA ARS (US Department of Agriculture-Agricultural Research Service)* (Neitsch S. A., 2002). SWAT merupakan salah satu model yang dapat secara efektif digunakan untuk mensumulasikan air dan transportasi sedimen pada DAS yang didominasi oleh kegiatan pertanian dan untuk menilai dampak jangka panjang dari praktek manajemen yang berbeda pada skala DAS (Saghafian,dkk., 2017).

SWAT digunakan untuk memperkirakan dengan model fisik yaitu memperhitungkan data seperti iklim, sifat tanah, topografi, tutupan lahan dan manajemen, dan menghasilkan *output* dengan menggunakan persamaan hidrologi umum (M. Pikounis, dkk., 2003). SWAT mudah digunakan dan telah diterapkan untuk DAS di banyak negara, wilayah dan daerah penelitian meliputi penelian hidrologi, migrasi polutan, dampak perubahan iklim, sensitivitas, kalibrasi dan analisis ketidakpastian (Zhang, dkk., 2011). Hal tersebut sejalan dengan Varanou, dkk., (2002) bahwa SWAT dapat digunakan untuk mengetahui siklus air harian yang lebih rinci dan kompleks yang dikembangkan untuk menilai dampak jangka panjang dari penggunaan lahan dan pengelolaan pada DAS sehingga dengan demikian memberikan pendekatan yang lebih holistic untuk hasil air.

Model data ArcGIS-SWAT didasarkan pada struktur *geodatabases*. *Geodatabases* adalah database rasional yang dapat menyimpan fitur geografis (MacDonald, 1999). Artinya, *geodatabases* adalah sebuah table yang dapat menyimpan data dalam bentuk geografis (yaitu: titik, garis, atau polygon), *String*, atau nomor dan yang terkait satu sama lain melalui bidang kunci. Terlepas dari jumlah table dan hubungan dalam *geodatabases*, itu disimpan dalam satu file, dan

isinya dapat dieksplorasi menggunakan sistem manajemen database (DBMS). Tabel *geodatabases* adalah kelas objek dimana setiap baris mewakili sebuah objek dan setiap kolom menyimpan atribut dari objek. Kelas objek juga dikaitkan dengan kelas fitur. Kelas fitur mengumpulkan fitur dari satu jenis, baik itu kelas fitur titik, kelas fitur garis maupun kelas fitur polygon. Selanjutnya, kelas fitur dari data spasial yang sama dapat dikumpulkan dalam fitur dataset. Dalam fitur dataset, jaringan geometris dapat dibangun berdasarkan kelas fitur garis, yang membangun hubungan topologi antara elemen (Olivera, dkk., 2006).

Proses hidrologi DAS yang disimulasi dalam SWAT terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu proses di lahan dan di sungai. Bagian pertama adalah fase lahan dari siklus hidrologi. Fase lahan siklus hidrologi mengontrol jumlah air, sedimen, unsur-unsur hara dan pestisida yang bergerak di lahan menuju sungai utama pada masing-masing Sub DAS. Bagian kedua adalah fase *routing* atau proses pergerakan air, sedimen, bahan pestisida dan bahan *nutrient* lainnya melalui jaringan sungai dalam DAS menuju ke *outlet* (Ditjen Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial, 2014).

Pembagian DAS mampu membuat model yang mencerminkan perbedaan evapotranspirasi untuk jenis tanaman dan tanah yang bervariasi. Aliran permukaan (*surface run off*) diprediksi secara terpisah untuk masing-masing unit respon hidrologi (*Hydrologic Respon Unit/HRU*) dan dapat ditelusuri untuk memperoleh aliran permukaan total (*total runoff*) suatu DAS (Ditjen Bina Pengelolaan DAS dan perhutanan Sosial, 2014). Data masukan model untuk setiap HRU Sub DAS dikelompokkan ke dalam beberapa kategori yaitu iklim, HRU, gennangan/daerah basah, air bawah tanah dan saluran utama yang mendrainase Sub DAS. Parameter iklim yang digunakan dalam SWAT berupa data curah hujan, temperature udara maksimum dan minimum, radiasi matahari, kecepatan angin serta kelembaban udara yang merupakan data harian (Adrianto, 2011). Adapun proses analisis model SWAT yaitu :

2.5.1 Delinase Daerah Aliran Sungai

Delinease DAS (*wathershed/basin*) atau daerah tangkapan (*catcment area*)

Sering dilakukan dalam analisis hidrologi yang ditujukan untuk membuat batas DAS dengan prinsip yaitu seluruh saluran air yang jatuh pada suatu DAS atau daerah tangkapan akan mengalir ke satu titik yang sama (*outlet*). Delinease batas DAS digunakan untuk tujuan pengelolaan. Adapun tahapan analisis yang dilakukan dalam delinase batas DAS yaitu (Ditjen Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial, 2014) :

1. Menyimpan data berupa data DEM.
2. Memilih menu *watershed delineation* pada program ArcSWAT kemudian pilih *automatic watershed delineation* kemudian input data DEM.
3. Mengatur *sistem* proyeksi DEM.
4. Menganalisis hidrologi-topologi yaitu *Flow Direction* dan *Flow Accumulation*.
5. Menentukan *outlet* untuk delinease DAS, *outlet* ditentukan otomatis oleh analisis, namun untuk delinease daerah tangkapan, titik *outlet* harus ditentukan oleh pengguna.
6. Menjalankan delinease dengan *output* berupa batas DAS atau batas daerah tangkapan dalam format raster.
7. Analisis lanjutan (jika diperlukan) seperti konversi batas DAS/daerah tangkapan menjadi data vector, analisis jejaring aliran (*stream network*), dsb.

2.5.2 Unit Respon Hidrologi

Unit respon hidrologi atau *Hydrological Response Unit* (HRU) merupakan unit terkecil dalam skala analisis/perhitungan yang dilakukan oleh SWAT. Setisp lokasi HRU bersifat unit dalam respon terhadap kondisi hidrologinya, seperti kondisi *runoff*, erosi, penyimpanan air tanah, aliran bawah tanah, neraca air dan lain sebagainya. Peta HRU tersusun atas kombinasi peta tutupan lahan, peta kelas lereng dan peta jenis tanah. Selanjutnya dikelompokkan pada setiap wilayah DAS/SubDAS. Dataset peta tutupan lahan dan peta jenis tanah dalam format *vector shape file*, Grid ESRI ataupun *Feature Geodatabase* sedangkan klasifikasi kelas lereng berasal data dataset DEM yang digunakan untuk membuat delinasi batas DAS. Dataset yang digunakan ini harus menggunakan sistem proyeksi yang sama.

Beberapa prosedur kunci dalam membuat peta HRU adalah sebagai berikut (Ditjen Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial, 2014) :

1. Mendefinisikan dataset tutupan lahan dan mengklasifikasikan berdasarkan atribut tutupan lahan yang digunakan dalam SWAT.
2. Mendefinisikan dataset jenis tanah dan mengklasifikasikan berdasarkan atribut tanah yang digunakan dalam SWAT.
3. Mengklasifikasikan kelas lereng.
4. Overlay dataset tutupan lahan, jenis tanah dan kelas lereng.

Klasifikasi Penutupan Lahan

Data penutupan lahan dapat diperoleh dari hasil interpretasi citra maupun dari berbagai instansi kementerian. Adapun data penutupan lahan yang di input pada SWAT merupakan data yang telah diolah sebelumnya yaitu mengklasifikasikan atributnya dengan database klasifikasi penutupan lahan model SWAT.

Klasifikasi Jenis Tanah

Kebutuhan input data tanah dalam model SWAT adalah data tanah berupa jenis tanah serta parameter fisik dan kimia tanah yang meliputi jumlah lapisan tanah, kelompok hidrologi tanah, kedalaman perakaran maksimum tanaman, kelas tekstur tanah, ketebalan solum tanah, kandungan pasir, liat dan debu, kandungan batuan, nilai *albedo* tanah, nilai *erodibilitas* tanah, kalsium karbonat dan pH. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan input parameter SWAT dilakukan analisis untuk mendapatkan input parameter data tanah.

Peta tanah terdiri dari data tanah dalam model SWAT adalah jenis tanah, parameter fisik dan kimia tanah yang terdiri dari jumlah lapisan tanah, tanah kelompok hidrologi, kedalaman akar tanaman, kelas tekstur tanah, ketebalan tanah, berat tanah, kadar air tanah, kandungan bahan organik tanah, dan pasir, tanah liat dan debu, dan konten *rock*, nilai *albedo* tanah, nilai *erodibilitas* tanah, kalsium karbonat dan pH. Analisis untuk mendapatkan input dari parameter data tanah dilakukan untuk memenuhi input parameter SWAT yang dibutuhkan. Pendekatan analisis yang digunakan adalah dengan mengekstraksi informasi tanah dari peta RePPPProT (*Regional Physical Planning Programme for Transmigration*)

Badan Kordinasi *Survey* dan Pemetaan Nasional Tahun 1987 (Barkey R. S., 2019).

Kalisifikasi Kelerengan

Penentuan klasifikasi kelas lereng mengacu pada Perdirjen BPDASPS nomor P.4/V-SET/2013 yang terbagi kedalam 5 kelas sesuai dengan kelas yang telah ditetapkan dalam program ArcSWAT yaitu 0-8, 8-15%, 15-25%, 25-40%, dan >40%.

Rencana Pola Ruang

Rencana pola ruang memadukan dan menyerasikan tata guna tanah, tata guna udara, tata guna air, dan tata guna sumber alam lainnya dalam satu kesatuan tata lingkungan yang harmonis dan dinamis serta ditunjang oleh pengelolaan perkembangan kependudukan yang serasi, disusun melalui pendekatan wilayah dengan memperhatikan sifat lingkungan alam dan lingkungan sosial. Data rencana pola ruang digunakan untuk pendekatan penggunaan lahan untuk beberapa tahun kedepan yang digunakan sebagai data pendukung analisis proyeksi. Data rencana pola ruang kemudian diklasifikasikan sesuai dengan klasifikasi penamaan rencana pola ruang model SWAT.

2.5.3 Penggabungan HRU dengan Data Iklim

Penggabungan HRU dengan data iklim dilakukan setelah analisis HRU telah selesai. Iklim adalah sifat cuaca dalam jangka waktu panjang dan pada daerah yang luas, maka data cuaca yang digunakan untuk menyusun seyogyanya dapat mewakili keadaan atmosfer seluas mungkin diwilayah yang bersangkutan. Data iklim dalam DAS menyajikan informasi mengenai tingkat kelembaban dan jumlah energy yang mengendalikan neraca air dan menentukan tingkat prioritas komponen-komponen neraca air lainnya. Data iklim yang dibutuhkan oleh SWAt terdiri dari data curah hujan harian, temperature udara, radiasi matahari, kelembaban udara, dan kecepatan angin.

2.5.4 Output SWAT

Outpu SWAT terangkum dalam file-file yang terdiri dari file HRU, SUB dan RCH. File HRU berikan output dari masing-masing HRU, sedangkan SUB

berisikan output dari masing-masing sub DAS dan RCH merupakan output dari masing-masing sungai utama pada setiap sub DAS. Informasi output pada file SUB dan file HRU adalah luas area (AREA km²), jumlah curah hujan (PRECIP mm), evapotranspirasi actual (ET mm H₂O), kandungan air (SW), aliran permukaan (SURQ mm), aliran lateral (LATQ), aliran dasar (GWQ), hasil sedimen (SED ton/ha). Sedangkan informasi output yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah luas AREA (AREA km²), jumlah curah hujan (PRECP mm), kandungan air (SW mm) (Adrionita, 2011).

2.6. Soil Moisture Deficit Index (SMDI)

Model hidrologi yang didistribusikan secara spasial sangat penting untuk mengembangkan indeks kekeringan. Sebelum menguraikan perkembangan indeks kekeringan, penting untuk membahas karakteristik dari indeks kekeringan yaitu :

1. Indeks harus mampu mencerminkan pengembangan jarak pendek kondisi kering, sehingga merespons pertanian kekeringan.
2. Indeks tidak boleh memiliki musiman misalnya: indeks harus dapat mengidentifikasi kekeringan terlepas dari apakah itu musim panas atau musim dingin.
3. Indeks kekeringan harus sebanding secara spasial, terlepas dari zona iklim (lembab atau gersang).

Karakteristik ini diperhitungkan dalam pengembangan dua indeks tanah yaitu Indeks Defisit kelembaban (SMDI). Soil Moisture Deficit Index (SMDI) adalah salah satu indikator kekeringan utama yang mempertimbangkan kelembaban tanah sebagai parameter input. Indeks Kekeringan Kelembaban Tanah membutuhkan parameter terbatas. Indeks ini didasarkan pada total kelembaban tanah harian, indeks ini juga digunakan dalam kelembaban tahunan, alasan kurangnya penggunaan kelembaban tanah di sebagian besar indikator adalah kurangnya pengukuran langsung di stasiun cuaca. Oleh karena itu, untuk menentukan kelembaban tanah selama periode statistik dan mengevaluasi kekeringan pertanian dengan bantuan indikator berdasarkan kelembaban tanah, beberapa model dapat digunakan yang didasarkan pada hubungan antara air dan

tanah. Model-model yang menyelidiki hubungan tanah, air dan tumbuh-tumbuhan digunakan untuk berbagai tujuan (Ramazani Etedali H, 2012).

Analisis yang digunakan dalam menentukan kerentanan DAS terhadap kekeringan adalah dengan menggunakan *Soil Moisture Deficit Index (SMDI)*. Dengan menggunakan data output hasil model *SWAT* yakni *Soil Water/SW* (Kadar Air Tanah) yang diperoleh pada masing-masing Sub Das dengan satuan (MM). Nilai SW kemudian diolah dalam Arcgis untuk mendapatkan nilai SDMI yang kemudian akan diklasifikasikan dalam klasifikasi SDMI. Setelah mendapatkan nilai SMDI selanjutnya akan dikategorikan ke dalam kelas kerentanan hal ini bertujuan untuk lebih memudahkan dalam penentuan kerentanan kekeringan. Adapun formula yang digunakan adalah :

Jika, $SW \leq MSW$

$$\text{Maka, } SD = \frac{SW - MSW}{MSW - \min SW} \times 100$$

Dan jika, $SW > MSW$

$$\text{Maka, } SD = \frac{SW - MSW}{\max MSW - MSW} \times 100$$

Dimana :

- SD : Defisit kadar air dalam tanah (%)
- SW : Total kadar air tanah pada tahun analisis
- MSW : Nilai median dari total kadar air dalam tanah pada periode tahun analisis
- maxSW : Nilai maksimum dari total kadar air dalam tanah pada periode tahun analisis
- minSW : Nilai minimum dari total kadar air dalam tanah pada periode tahun analisis

Nilai deficit kadar air dalam tanah (SD) tersebut kemudian dikalkulasikan dalam nilai indeks yakni Soil Moisture Deficit Index (SMDI), menggunakan rumus :

$$SDMI_i = 0,5 SMDI_{i-1} + \frac{SD}{50}$$