

**ANALISIS TINGKAT KEKERINGAN DAN ARAHAN MITIGASI  
DI DAERAH ALIRAN SUNGAI JENEBERANG HULU**

*ANALYSIS OF DROUGHT RATE AND MITIGATION  
DIRECTIVES IN THE WATERSHED JENEBERANG  
UPSTREAM*

IIN SURAENI

M012191033



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**ANALISIS TINGKAT KEKERINGAN DAN ARAHAN MITIGASI DI  
DAERAH ALIRAN SUNGAI JENEBERANG HULU**

**Tesis**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister**

**Program Studi**

**Ilmu Kehutanan**

**Disusun dan Diajukan oleh**

**IIN SURAENI**

**Kepada**

**SEKOLAH PASCASARJANA**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TESIS**

**ANALISIS TINGKAT KEKERINGAN DAN ARAHAN MITIGASI DI  
DAERAH ALIRAN SUNGAI JENEBERANG HULU**

**Disusun dan Diajukan oleh**

**IIN SURAENI  
M012191033**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam  
rangka penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu  
Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin

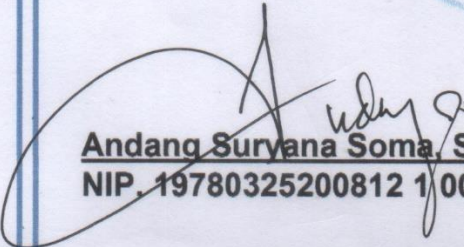
Pada tanggal 7 Februari 2022

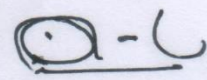
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan,

Menyetujui,  
Komisi Penasehat

Ketua


Anggota

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

  
Dr. Ir. H. Usman Arsyad, M.Si  
NIP.195401071985031002

Ketua Program Studi S2  
Ilmu Kehutanan

Dekan Fakultas Kehutanan,

  
Prof. Dr. Ir. Muhammad Dassir, M.Si  
NIP.196710051991031006

  
Dr. A. Mujetahid M., S.Hut., M.P.  
NIP.196902081997021002

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : lin Suraeni  
NIM : M012192033  
Program Studi : Ilmu Kehutanan  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **Analisis Tingkat Kekeringan Dan Arah Mitigasi Di Daerah Aliran Sungai Jeneberang Hulu**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain, bahwa Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Februari 2022

Yang Menyatakan



lin Suraeni

## PRAKATA

*Alhamdulillahirabbil 'Aalamiin*

Pujian dan dan rasa syukur hanya kepada Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan anugerah, rahmat, karunia dan izin-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Shalawat dan salam juga penulis panjatkan kepada Baginda Rasulullah Shallallahu'alaihi wa Sallam yang selalu menjadi suri tauladan bagi kita semua.

Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam rangka penyusunan tesis ini, yang hanya berkat bantuan berbagai pihak, maka tesis ini dapat terselesaikan. Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan rasa terima kasih khususnya kepada :

1. **Andang Suryana Soma, S.hut., M.P., Ph.D** sebagai Ketua Komisi Penasihat dan **Dr. Ir. H. Usman Arsyad, M.Si.** sebagai Anggota Komisi Penasihat atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan terhadap penulisan tesis ini.
2. **Dr. Ir. Syamsuddin Millang, MS, Dr.Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU,** dan **Mukrimin, S.Hut., MP. Ph.D** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
3. Bapak dan Ibu seluruh Staf Administrasi Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin atas bantuannya selama ini.
4. Alm. Ayahanda H. Abdullah, Hj. Marwah T, S.Pd, Ibu Juliati, dan Bapak Ramli, atas doa dan dukungannya dalam proses penyelesaian studi.

5. Leprina Sambolangi, S.Hut, Nurherlinda Hafid, S.Hut, Pardi, Rusdi, dan Juanda Priatna yang telah menyempatkan waktunya untuk menemani dan membantu peneliti di lapangan.
6. Nurul Apriani, S.Hut., M.Hut, Syaeful Rahmat S.Hut, Try Ardiansyah S.Hut., M.Hut, Bismiragandi Ahmad S.Hut, Muh. Dandy Rachmat Ramadhan, S.Hut, dan teman-teman Laboratorium Daerah Aliran Sungai yang tidak bisa disebutkan satu persatu atas bantuan dan semangatnya dalam penyusunan tesis ini.
7. Teman angkatan Pasca Sarjana Ilmu Kehutanan 2019 yang telah memberikan semangat dalam penyusunan tesis ini. Dan yang terakhir ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mereka yang namanya tidak tercantum tetapi telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
8. Ucapan terkhusus penulis haturkan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua tercinta **H. M. Suriadi Wahab, S.Pd** dan **Hj. Husnaeni, S.Pd**, serta suami tercinta Zulqadri Ramly, S.Hut yang tak henti-hentinya memberikan semangat dan doa dalam penyelesaian studi. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan limpahan berkah dan hidayah-Nya kepada beliau.

Penulis sangat menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu semua saran dan kritik dalam penyempurnaannya akan penulis terima dengan segala kerendahan hati. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat

dan kiranya Allah SWT senantiasa melindungi dan meridhoi setiap langkah kita. Aamiin.

Makassar, Januari 2022

**Iin Suraeni**

## ABSTRAK

**IIN SURAENI.** *Analisis Tingkat Kekeringan dan Arah Mitigasi di Daerah Aliran Sungai Jeneberang Hulu* (dibimbing oleh **Andang Suryana Soma** dan **Usman Arsyad**).

Penelitian ini bertujuan mengetahui (1) persebaran tingkat kekeringan di DAS Jeneberang Hulu, (2) pola penanaman pada setiap tingkat kekeringan di DAS Jeneberang Hulu, dan (3) arahan mitigasi untuk meminimalisir dampak kekeringan di DAS Jeneberang Hulu.

Fokus lokasi penelitian ini mencakup daerah bendungan Bili-bili ke arah hulu DAS Jeneberang. Penelitian ini dianalisis menggunakan metode *Normalized Difference Latent Heat Index (NDLI)* untuk mengetahui potensi kekeringan, klasifikasi statistik *Natural Breaks* untuk menentukan kelas potensi kekeringan, peta penutupan lahan, *groundcheck* sebagai bentuk validasi data tutupan lahan dan titik lokasi pengamatan, serta wawancara untuk memperkuat data terkait kondisi lapangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persebaran tingkat kekeringan di DAS Jeneberang Hulu menghasilkan nilai antara -0,0817 sampai dengan 0,0829. Nilai tersebut terbagi ke dalam 5 (lima) kelas kekeringan mulai dari sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Kelas kekeringan yang paling mendominasi adalah kelas kekeringan rendah yaitu 55.92% dan yang paling kecil adalah kelas kekeringan sangat rendah yaitu 1.83%. Pola penanaman yang mendominasi adalah pola agroforestri dan pola pertanian. Pertanian hortikultura banyak ditemukan pada daerah hulu, sedangkan pola agroforestri banyak ditemukan sebagai pohon pembatas lahan di daerah pertanian hortikultura. Arahan mitigasi yang disarankan untuk meminimalisir dampak kekeringan terbagi ke dalam 3 (tiga) metode arahan mitigasi yaitu vegetatif, mekanik dan penguatan implementasi kebijakan, peraturan dan penyuluhan serta pendampingan masyarakat.

Kata Kunci : Kekeringan, *Normalized Difference Latent Heat Index (NDLI)*, *Natural Breaks*, Arahan Mitigasi.



## ABSTRACT

**IIN SURAENI.** *Analysis of Drought Rate and Mitigation Directives in the Watershed Jeneberang Upstream.* (supervised by **Andang Suryana Soma** and **Usman Arsyad**).

This research aimed to find out (1) the distribution of the level of drought in the Watershed Jeneberang Upstream, (2) the planting pattern at each level of drought in the Watershed Jeneberang Upstream, and (3) the direction of mitigation to minimize the impact of drought in the Watershed Jeneberang Upstream.

The focus of this research location covers the Bili-bili dam area towards the upstream of the Jeneberang Watershed. This study was analyzed using the Normalized Difference Latent Heat Index (NDLI) method to determine the potential of drought, Natural Breaks statistical classification to determine drought potential class, land cover maps, ground checks as a form of validating land cover data and observation points, and interviews to strengthen data related to the condition of the research site.

The result shows that the distribution of drought levels in the Watershed Jeneberang Upstream resulted in a value between -0.0817 to 0.0829. This value is divided into 5 (five) drought classes ranging from very low, low, medium, high, and very high. The most dominating drought class is the low drought class, namely 55.92% and the smallest is the very low drought class, namely 1.83%. The dominant cropping patterns are agroforestry and agricultural patterns. Horticultural farming is mostly found in upstream areas, while agroforestry patterns are mostly found as land-limiting trees in horticultural farming areas. The recommended mitigation directions to minimize the impact of drought are divided into 3 (three) methods of mitigation direction, namely vegetative, mechanical and strengthening the implementation of policies, regulations, and counseling as well as community assistance.

Keywords : Drought, Normalized Difference Latent Heat Index (NDLI), Natural Breaks, Mitigation Directives.

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL DEPAN .....	i
HALAMAN PENGANTAR .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN .....	iv
PRAKATA .....	v
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	5
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Kegunaan Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Kekeringan .....	7
2.1.1. Pengertian kekeringan .....	7
2.1.2. Jenis- Jenis Kekeringan .....	8

2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS) .....	12
2.3. Pemetaan Kekeringan .....	15
2.3.1. Penginderaan Jauh .....	15
2.3.2. Sistem Informasi Geografis .....	24
2.4. Agroforestri .....	25
2.4.1. Pengertian Agroforestri .....	25
2.4.2. Peranan Agroforestri dalam Mempertahankan Fungsi Hidrologi dan Konservasi .....	29
2.5. Mitigasi Kekeringan .....	36
Tahapan Pelaksanaan Penelitian .....	45

### BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian .....	46
3.2. Alat dan Bahan .....	47
3.2.1. Alat .....	47
3.2.2. Bahan .....	47
3.3. Jenis dan Sumber Data .....	47
3.4. Prosedur Penelitian .....	48
3.5. Teknik Analisis Data .....	52
3.6. Definisi Operasional .....	55

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penutupan Lahan .....	60
4.2. <i>Normalized Difference Laten Heat Index</i> .....	61

4.2.1. Kekeringan Sangat Rendah .....	66
4.2.2. Kekeringan Rendah .....	67
4.2.3. Kekeringan Sedang .....	67
4.2.4. Kekeringan Tinggi .....	68
4.2.5. Kekeringan Sangat Tinggi .....	69
4.3. Pola Penanaman .....	71
4.3.1. Kekeringan Sangat Tinggi .....	80
4.3.2. Kekeringan Tinggi .....	81
4.3.3. Kekeringan Sedang .....	81
4.3.4. Kekeringan Rendah .....	82
4.3.5. Kekeringan Sangat Rendah .....	82
4.4. Arahan Mitigasi.....	83
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan .....	92
5.2. Saran .....	93
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>94</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>99</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Intensitas Kekeringan Menurut Defenisi Meteorologi .....	8
Tabel 2. Intensitas Kekeringan Menurut Defenisi Hidrologi .....	9
Tabel 3. Intensitas Kekeringan Menurut Defenisi Pertanian .....	10
Tabel 4. Intensitas Kekeringan Menurut Defenisi Sosial Ekonomi .....	11
Tabel 5. Karakteristik Citra Landsat 8 .....	18
Tabel 6. Tabel <i>Confussion Matrix</i> .....	51
Tabel 7. Klasifikasi Kelas Potensi Kekeringan .....	53
Tabel 8. Klasifikasi Penutupan Lahan .....	57
Tabel 9. Kelas Penutupan Lahan DAS Jeneberang Hulu .....	60
Tabel 10. Kelas Panas Laten pada DAS Jeneberang Hulu .....	61
Tabel 11. Kelas Kekeringan pada setiap Jenis Penutupan Lahan .....	63
Tabel 12. Pola Penanaman di DAS Jeneberang Hulu .....	72
Tabel 13. Arahan Mitigasi yang disarankan .....	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Tahapan Pelaksanaan Penelitian .....	45
Gambar 2.	Peta Lokasi Penelitian .....	46
Gambar 3.	Sebaran Kelas Panas Laten .....	65
Gambar 4.	Kondisi Lapangan Sebaran Panas Laten .....	66
Gambar 5.	Ragam Pola Agroforestri dan Pertanian .....	77

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Penutupan Lahan DAS Jeneberang Hulu .....	99
Lampiran 2. Tabel <i>Confussion Matrix</i> .....	100
Lampiran 3. Hasil Wawancara .....	102
Lampiran 4. Peta Sebaran Pola Penanaman .....	107
Lampiran 5. Data Kedalaman Tanah .....	108
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian .....	109
Lampiran 7. Hasil Observasi Lapangan Pola Penanaman .....	112

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Iklm ekstrim yang terjadi dalam beberapa tahun terakhir ini menyebabkan terjadinya peningkatan bencana alam di banyak wilayah seperti kekeringan, banjir, tanah longsor dan lainnya. Kekeringan merupakan salah satu masalah serius yang sering muncul ketika musim kemarau tiba. Kurangnya curah hujan yang turun selama kurun waktu tertentu mengakibatkan kekurangan air dan kekeringan terjadi di beberapa wilayah di Indonesia (Putri,2019).

Banjir bandang dan kekeringan menjadi bencana langganan di tiap tahunnya. Pada musim kering terjadi penurunan yang signifikan terhadap intensitas curah hujan yang akan berdampak pada kekeringan yang berkepanjangan. Hal tersebut dapat mengakibatkan penurunan signifikan pada debit air yang mempengaruhi penurunan kuantitas ketersediaan air (BNPB, 2016). Kondisi hidrologi suatu daerah dalam kondisi air tidak seimbang pada dasarnya menjadi penyebab kekeringan. Kekeringan terjadi akibat dari tidak meratanya distribusi hujan yang merupakan satu-satunya input bagi suatu daerah. Ketidakmerataan hujan ini akan mengakibatkan beberapa daerah yang curah hujanya kecil akan mengalami ketidakseimbangan antara input dan output air (Shofiyati, 2007).



Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang dengan luas 75.494,14 Ha (SK.304/MENLHK/PDASHL/DAS.0/7/2018)) berasal dari sungai yang mengalir dari bagian timur Gunung Bawakaraeng (2,833 mdpl) dan Gunung Lampobatang (2,876 mdpl) yang kemudian menuju hilirnya hingga ke Selat Makassar. Pada DAS Jeneberang, terdapat dua daerah penampungan air (*reservoir*) utama yaitu di Bili-bili dan Jenelata. Wilayah daerah tangkapan air (DTA) Jeneberang Hulu merupakan bagian dari (Sub) DAS Jeneberang yang termasuk prioritas pengelolaannya perlu mendapat perhatian khusus. DTA Jeneberang hulu ini merupakan daerah tangkapan air untuk Dam Serbaguna Bili-bili, yang dibangun untuk memenuhi kepentingan penyediaan air minum bagi penduduk Kota Makassar, Sungguminasa dan sekitarnya, irigasi sawah dibagian hilir seluas  $\pm$  30.000 ha, pembangkit tenaga listrik dan sarana rekreasi (Firnawati, 2018). Kecamatan Tinggimoncong merupakan salah satu sentra produksi dan pemasok hasil-hasil pertanian khususnya di Sulawesi Selatan, yang terletak di kawasan hulu DAS Jeneberang. Sebagai salah satu sentra produksi, aktivitas pertanian di kawasan tersebut sangat intensif. Selain itu, daerah tersebut merupakan salah satu sarana rekreasi yang sangat diminati karena berada pada daerah ketinggian yang memiliki udara yang sejuk. Hal tersebut membuat perluasan pembangunan villa atau rumah penginapan di kawasan hulu DAS semakin meningkat.

Tahun 2019 tercatat beberapa kawasan di Sulawesi Selatan mengalami kekeringan akibat musim kemarau yang berkepanjangan sejak

bulan Juni sampai September. Terlihat beberapa areal persawahan kering kerontang dan tanahnya pecah-pecah, ini menandakan bahwa daerah tersebut mengalami krisis air. Sama halnya yang melanda Kabupaten Maros dan Kabupaten Gowa dimana sumber airnya dimanfaatkan oleh Perumda Air Minum Kota Makassar untuk memenuhi kebutuhan warga Makassar ikut berkurang yang ada dibedungan. Tentu hal ini sangat menyulitkan untuk memberikan pelayanan maksimal guna memenuhi kebutuhan pokok akan air sangat minim. Kementerian Pertanian juga menyampaikan bahwa pada rentang waktu 2009-2019, tercatat 33.188 ha lahan pertanian mengalami gagal panen yang menimbulkan kerugian yang sangat besar dan terancam akan kembali mengimpor pangan dalam jumlah besar. Bencana kekeringan yang melanda Sulawesi Selatan saat musim kemarau panjang sangat berpengaruh dan paling banyak diderita oleh masyarakat, yakni mencapai 934.705 jiwa (WALHI, 2019). Pada tahun 2020 BMKG memperkirakan Indonesia akan memasuki awal musim kemarau pada bulan April, sedangkan puncak musim kemarau di sebagian besar zona musim diprediksi akan terjadi Agustus. Pusat Data Sumber Daya Air (2019) menyatakan bahwa, pada musim kemarau, debit air sungai Jeneberang sangat kecil sehingga kebutuhan air untuk kota Makassar hanya terpenuhi 35 % dari total kebutuhan.

Dilihat dari akibat yang ditimbulkan karena bencana kekeringan tersebut, perlu dilakukan upaya untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan. Penggambaran informasi daerah yang dilanda kekeringan

dianggap sangat penting. Seiring dengan kemajuan teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG), informasi spasial suatu wilayah dapat dilakukan dengan mudah. Data penginderaan jauh dan SIG dapat digunakan untuk mendeteksi daerah berpotensi kekeringan. Data penginderaan jauh dapat digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik kandungan air dan presentase potensi panas laten di permukaan bumi menggunakan transformasi NDLI (*Normalized Difference Latent Heat Index*) (Anggoro, 2019). NDLI adalah indeks paling sensitif untuk menentukan karakteristik kandungan air di berbagai tipe tutupan lahan. Memahami panas laten dan melihat jumlah air yang tersedia sangat penting untuk memantau tanaman, kandungan air tanah, bahaya kebakaran hutan, kekeringan dan menganalisis respon vegetasi terhadap ketersediaan air yang bertujuan untuk mengoptimalkan dan meningkatkan efisiensi pengelolaan irigasi dan produktivitas tanaman.

Upaya pengurangan risiko bencana atau mitigasi bencana kekeringan perlu terus dioptimalkan guna mencegah terjadinya krisis air bersih dan dampak kekeringan lainnya. Penggunaan jenis tanaman yang berkombinasi antara tanaman kehutanan dengan tanaman pertanian dalam agroforestri dapat menjadi salah satu solusi dalam mitigasi bencana. Hal ini terjadi karena beragam jenis tanaman yang ada pada sistem agroforestri berperan penting dalam proses siklus hidrologi. Penggunaan benih dan varietas yang tahan cekaman kekeringan dan bahkan genangan air.

Langkah adaptasi kekeringan seperti ini bervisi jangka panjang (Widiyanto, 2013).

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian persebaran tingkat kekeringan dan model mitigasi untuk meminimalisir dampak kekeringan di DAS Jeneberang.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- 1.2.1. Bagaimana persebaran tingkat kekeringan di DAS Jeneberang Hulu?
- 1.2.2. Bagaimana pola penanaman pada setiap tingkat kekeringan di DAS Jeneberang Hulu ?
- 1.2.3. Bagaimana arahan mitigasi untuk meminimalisir dampak kekeringan di DAS Jeneberang Hulu?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk :

- 1.3.1. Mengetahui persebaran tingkat kekeringan di DAS Jeneberang Hulu.
- 1.3.2. Menganalisis pola penanaman pada setiap tingkat kekeringan di DAS Jeneberang.
- 1.3.3. Mengetahui arahan mitigasi untuk meminimalisir dampak kekeringan.

#### **1.4. Kegunaan Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang persebaran kekeringan di daerah lokasi penelitian dan menjadi salah satu bahan rekomendasi arahan mitigasi oleh instansi pemerintah atau masyarakat terdampak kekeringan dalam bentuk kebijakan serta rencana aksi guna menanggulangi permasalahan kekeringan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Kekeringan

##### 2.1.1. Pengertian Kekeringan.

Undang-Undang No.24 Tahun 2007 mendefinisikan kekeringan adalah kondisi dimana ketersediaan air yang jauh dibawah kebutuhan air untuk kebutuhan hidup, pertanian, kegiatan ekonomi dan lingkungan. Kekeringan disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya iklim (curah hujan), penutup dan penggunaan lahan, tanah, topografi, kondisi geologis, dan akibat dari ulah manusia. Kurangnya pasokan air yang berkepanjangan menyebabkan turunnya muka air tanah, sungai, dan danau serta berkurangnya kelengasan tanah yang mengakibatkan tumbuhan menjadi layu sehingga produksi pangan menurun. Bencana kekeringan yang singkat namun intens dapat pula menyebabkan kerusakan yang signifikan (Adidarma, dkk. 2011).

Kekeringan sendiri merupakan salah satu jenis bencana alam yang terjadi secara perlahan (*slow on-set*), dengan durasi sampai dengan musim hujan tiba, serta berdampak sangat luas dan bersifat lintas sektor (ekonomi, sosial, kesehatan, dan pendidikan). Kekeringan adalah bencana yang kompleks dan ditandai dengan kekurangan air berkepanjangan. Konsekuensi dari bencana ini ialah kekurangan air, kerusakan sumber daya

ekologi, berkurangnya produksi pertanian, serta terjadinya kelaparan, dan korban jiwa (BNPB, 2016).

### 2.1.2. Jenis – Jenis Kekeringan

Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) membagi dua kategori kekeringan yaitu kekeringan alamiah dan kekeringan yang diakibatkan perbuatan manusia. Adapun kekeringan alamiah terbagi menjadi lima sudut pandang yaitu:

#### a. Kekeringan Meteorologis

Kekeringan meteorologis berkaitan dengan tingkat curah hujan di bawah normal dalam satu musim. Pengukuran kekeringan meteorologis merupakan indikasi pertama adanya kekeringan. Pengukuran kekeringan meteorologis merupakan indek pertama adanya kekeringan. Intensitas kekeringan menurut defenisi meteorologis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Intensitas Kekeringan Menurut Definisi Meteorologi (BNPB, 2016)

No	Intensitas Kekeringan Meteorologi	Curah Hujan
1	Kering (curah hujan di bawah normal)	70-85% dari normal
2	Sangat kering (curah hujan jauh di bawah normal)	50-70% dari normal
3	Amat sangat kering (curah hujan amat jauh di bawah normal)	<50% dari normal

#### b. Kekeringan Hidrolis

Kekeringan hidrologis berkaitan dengan kekurangan pasokan air permukaan dan air tanah. Kekeringan ini diukur berdasarkan elevasi muka

air sungai, waduk, danau dan elevasi muka air tanah. Ada tenggang waktu mulai berkurangnya hujan sampai menurunnya elevasi muka air sungai, waduk, danau dan elevasi muka air tanah. Kekeringan hidrologis bukan merupakan indikasi awal adanya kekeringan. Intensitas kekeringan menurut defenisi hidrologi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Intensitas Kekeringan Menurut Defenisi Hidrologi (BNPB, 2016).

No	Intensitas Kekeringan Hidrologi	Debit Air Sungai
1	Kering	Mencapai periode ulang aliran periode 5 Tahunan
2	Sangat kering	Mencapai periode ulang aliran jauh di bawah periode 25 tahunan
3	Amat sangat kering	Mencapai periode ulang aliran amat jauh di bawah periode 50 tahunan

### c. Kekeringan Pertanian

Kekeringan pertanian berhubungan dengan kekurangan lengas tanah (kandungan air dalam tanah) sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan tanaman tertentu pada periode waktu tertentu dalam wilayah yang luas. Kekeringan pertanian didefinisikan sebagai kurangnya ketersediaan air tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan makanan ternak dari curah hujan normal selama beberapa periode waktu tertentu. Kekeringan pertanian ini terjadi setelah gejala kekeringan meteorologis. Intensitas kekeringan menurut defenisi pertanian dinilai berdasarkan presentase luas daun yang kering untuk tanaman padi, dapat dilihat pada Tabel 3.



Tabel 3. Intensitas Kekeringan Menurut Defenisi Pertanian (BNPB, 2016)

No	Intensitas Kekeringan Pertanian	Presentase daun kering
1	Kering (terkena kekeringan s/d sedang)	¼ daun kering dimulai pada bagian ujung
2	Sangat kering (terkena berat)	¼ - 2/3 daun kering dimulai pada bagian ujung
3	Amat sangat kering (Puso)	Semua bagaian daun mengering

#### d. Kekeringan Sosial Ekonomi

Kekeringan Sosial Ekonomi berkaitan dengan kekeringan yang memberi dampak terhadap kehidupan sosial ekonomi seperti: rusaknya tanaman, peternakan, perikanan, berkurangnya tenaga listrik dari tenaga air, terganggunya kelancaran transportasi air, menurunnya pasokan air baku untuk industri domestik dan perkotaan. Kekeringan sosial ekonomi berbeda nyata dari kekeringan yang lain karena mencerminkan hubungan antara penawaran dan permintaan untuk beberapa komoditas atau ekonomi yang baik (seperti air, pakan ternak, atau pembangkit listrik tenaga air) yang tergantung pada curah hujan. Pasokan bervariasi setiap tahun sebagai fungsi dari ketersediaan air. Permintaan juga naik turun dan sering dikaitkan dengan suatu kecenderungan yang positif akibat peningkatan populasi, pengembangan dan faktor lainnya. Intensitas kekeringan menurut definisi sosial-ekonomi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Intensitas Kekeringan Menurut Defenisi Sosial Ekonomi (BNPB, 2016)

No.	Kategori	Ketersediaan Air (Lt/Org/Hari)	Pemenuhan Kebutuhan Untuk	Jarak Ke Sumber Air (km)
1	Kering (Langka Terbatas)	>30 - <60	Minum, masak, cuci alat makan/masak, mandi terbatas	0,1 – 0,5
2	Sangat Kering (Langka)	>10 - <30	Minum, masak, cuci alat makan/masak	0,5 – 3
3	Amat Sangat Kering (Kritis)	<10	Minum, masak	>3

e. Kekeringan Hidrotopografi

Kekeringan Hidrotopografi berkaitan dengan perubahan tinggi muka air sungai antara musim hujan, musim kering dan topografi lahan.

Kekeringan tidak taat aturan atau yang disebabkan manusia terjadi karena:

- a. Kebutuhan air lebih besar dari pasokan yang direncanakan akibat ketidak taatan pengguna terhadap pola tanam/pola penggunaan air.
- b. Kerusakan kawasan tangkapan air, sumber-sumber air akibat perbuatan manusia.

## **2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Kementerian kehutanan (2013) mendefinisikan Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai wilayah sungai yang dipisahkan dari wilayah lain oleh pemisah topografi yang berupa punggung bukit, dimana air hujan yang jatuh dalam wilayah tersebut mengalir dan meresap menuju ke suatu sungai dan bermuara di laut. Sedangkan menurut Rahayu dkk., (2009) DAS adalah daerah tertentu yang bentuk dan sifat alaminya sedemikian rupa sehingga merupakan suatu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungai yang melaluinya. Sungai dan anak-anak sungai tersebut berfungsi untuk menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan serta sumber air lainnya. Penyimpanan dan pengaliran air dihimpun dan ditata berdasarkan hukum alam di sekelilingnya sesuai dengan keseimbangan daerah tersebut. Daerah aliran sungai (DAS), yang dipandang sebagai ekosistem tata air dan digunakan sebagai unit pengelolaan sumberdaya alam vegetasi, tanah dan air yang rasional, merupakan wilayah daratan dengan batas alam berupa punggung-punggung bukit sehingga tidak selalu bisa berhimpitan dengan batas administrasi pemerintahan (Paimin dkk., 2012).

Batas DAS dirupakan oleh garis bayangan sepanjang punggung pegunungan atau lahan peninggi, yang memisahkan sistem aliran tetangganya. Atas dasar pengertian ini maka secara teori semua kawasan darat habis terbagi menjadi sejumlah DAS. Suatu DAS terdiri atas dua

bagian utama yaitu daerah tadahan (*catchment area*) yang membentuk daerah hulu atau daerah kepala sungai” dan daerah penyaluran air yang berada di bawah daerah tadahan. Daerah penyaluran air dapat dibagi menjadi dua daerah, yaitu daerah tengah dan daerah hilir (Notohadiprawiro, 2006).

DAS sebagai suatu ekosistem ditandai oleh adanya kriteria sebagai berikut (Suprayogo dkk., 2011) :

- a. Terdapat unsur biotis (makhluk hidup) misalnya hewan dan tumbuh- tumbuhan serta unsur abiotis (benda mati) misalnya air dan tanah.
- b. Terdapat interaksi atau hubungan timbal balik antara berbagai unsur dalam DAS.
- c. Terjadi aliran materi, energi dan informasi di dalam ekosistem; dari dalam ekosistem keluar ekosistem ; dan dari luar ekosistem ke dalam ekosistem.
- d. Dalam keadaan alamiah terjadi keseimbangan dinamis pada suatu ekosistem.

Ekosistem DAS hulu terdiri atas empat komponen utama yaitu desa, sawah/lading, sungai, dan hutan. Terjadi interaksi timbal-balik antar komponen-komponen lingkungan di DAS. Komponen-komponen yang menyusun DAS berbeda tergantung pada keadaan daerah setempat. Misalnya, di DAS tengah ada komponen lain seperti perkebunan,

sementara di daerah pantai dijumpai adanya komponen lingkungan hutan bakau (Asdak, 2010).

Fungsi suatu daerah aliran sungai (DAS) merupakan fungsi gabungan yang dilakukan oleh seluruh faktor yang pada DAS tersebut, yaitu vegetasi, bentuk topografi, tanah dan pemukiman. Apabila salah satu dari faktor tersebut di atas mengalami perubahan, maka hal tersebut akan mempengaruhi pula ekosistem DAS. Sedangkan perubahan ekosistem, juga akan menyebabkan gangguan terhadap bekerjanya fungsi DAS, sehingga tidak sebagai mestinya (Triwanto, 2012).

Pengelolaan DAS, diperlukan batasan-batasan mengenai DAS berdasarkan fungsi, yaitu *pertama* DAS bagian hulu didasarkan pada fungsi konservasi yang dikelola untuk mempertahankan kondisi lingkungan DAS agar tidak terdegradasi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit), dan curah hujan. *Kedua* DAS bagian tengah didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air, kemampuan menyalurkan air, dan ketinggian muka air tanah, serta terkait pada prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk, dan danau. *Ketiga* DAS bagian hilir didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan, dan

terkait untuk kebutuhan pertanian, air bersih, serta pengelolaan air limbah (Suprayogo dkk., 2011).

## **2.3. Pemetaan Kekeringan**

### **2.3.1. Penginderaan Jauh**

Menurut Baja, S (2012) penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah penggunaan gelombang radiasi elektromagnetik untuk memperoleh informasi tentang lautan, daratan dan atmosfer tanpa kontak langsung dengan obyek, permukaan atau fenomena yang dikaji. Data penginderaan jauh dapat berupa citra, grafik dan data numerik. Data tersebut dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang obyek daerah atau fenomena yang diteliti. Interpretasi citra atau penafsiran citra penginderaan jauh dilakukan untuk mengidentifikasi obyek yang tergambar dalam citra dan menilai arti pentingnya obyek tersebut.

Data penginderaan jauh dapat dikatakan sebagai sumber data yang terpenting bagi SIG karena ketersediaannya secara berkala. Citra penginderaan jauh yang berupa foto udara atau dapat diinterpretasikan terlebih dahulu sebelum di konversi kedalam bentuk digital. Sedangkan citra yang diperoleh dari satelit yang sudah dalam bentuk digital dapat langsung digunakan setelah diadakan koreksi seperlunya atau sesuai yang diinginkan. Data lapangan dapat digunakan untuk membuat peta fisik, sedangkan data penginderaan jauh juga memerlukan data lapangan

yang dapat membantu sehingga digunakan memastikan kebenaran data tersebut (Sugandi, dkk. 2009).

Penginderaan jauh untuk lingkungan hidup adalah penelitian mengenai interaksi antara sistem alam di bumi menggunakan teknologi penginderaan jauh. Beberapa keuntungan menggunakan teknik penginderaan jauh dalam hal ini adalah (Puntodewo, dkk. 2003):

- a. Lebih luasnya ruang lingkup yang bisa dipelajari.
- b. Lebih seringnya sesuatu fenomena bisa diamati.
- c. Dimungkinkannya penelitian di tempat-tempat yang susah atau berbahaya untuk dijangkau manusia, seperti daerah kutub, kebakaran hutan, aktivitas gunung berapi.

Data penginderaan jauh dapat diperoleh melalui hasil rekaman sensor yang dipasang baik pada pesawat terbang, satelit, pesawat ulang alik, atau wahana lainnya. Sensor tersebut akan menghasilkan data yang berbeda-beda sesuai dengan letak ketinggian sensor maupun karakteristik objek yang dikaji (Inarossy, dkk. 2019).

### *Citra Landsat*

Citra digital dibentuk dari elemen-elemen gambar atau pixel (*picture element*) yang menyatakan tingkat keabuan pada gambar. Informasi yang terkandung dalam pixel tersebut bersifat diskrit yaitu mempunyai ukuran presisi tertentu. Setiap citra digital penginderaan jauh satelit yang dihasilkan oleh setiap sensor mempunyai sifat khas datanya. Sifat khas data tersebut dipengaruhi oleh sifat orbit satelit, sifat dan

kepekaan sensor penginderaan jauh terhadap panjang gelombang elektromagnetik, jalur transmisi yang digunakan, sifat sasaran (objek), dan sifat sumber tenaga radiasinya. Sifat orbit satelit dan cara operasi sistem sensornya dapat mempengaruhi resolusi dan ukuran pixel datanya (Purwadhi, 2001).

Satelit Landsat (*Land satellite*) merupakan suatu hasil program satelit sumberdaya bumi yang dikembangkan oleh NASA (*The National Aeronautical and Space Administration*) Amerika Serikat pertama kali diluncurkan pada 1972 dengan nama ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*). Dengan kesuksesan peluncuran pertama, dilanjutkan dengan peluncuran selanjutnya seri kedua yang dengan nama Landsat 1. Perkembangan citra landsat bertahan dari citra landsat 1 sampai dengan citra landsat 8.

Sensor pencitra OLI (*Operational Land Imager*) pada Landsat 8 yang mempunyai 1 saluran inframerah dekat dan 7 saluran tampak reflektif akan meliputi panjang gelombang elektromagnetik yang direfleksikan oleh objek pada permukaan Bumi dengan resolusi spasial 30 meter. Sensor pencitra OLI mempunyai kemampuan resolusi spasial dan resolusi spektral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat 7 yang memastikan kontinuitas data untuk deteksi dan pemantauan perubahan objek-objek pada permukaan Bumi. Akan tetapi sensor pencitra OLI tidak mempunyai saluran termal. Namun demikian, sensor pencitra OLI ini mempunyai saluran-saluran yang baru yaitu:



saluran 1 (443 nm, untuk deteksi aerosol garis pantai) dan saluran 9 (1375 nm, untuk deteksi cirrus). Berikut Karakteristik Citra Landsat 8 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Karakteristik Citra Landsat 8 (USGS, 2013)

<b>Band Spektral</b>	<b>Panjang gelombang (mikro meter)</b>	<b>Resolusi Spasial (m)</b>	<b>Kegunaan Citra</b>
Band 1 Coastal Aerosol	0,43 – 0,45	30	Coastal dan Studi Aerosol
Band 2 Blue	0,45 – 0,51	30	Bathymetric mapping, distinguishing soil from vegetation and deciduous from coniferous vegetation
Band 3 Green	0,53 – 0,59	30	Emphasizes peak vegetation, which is useful for assessing plant vigor
Band 4 Red	0,64 – 0,67	30	Discriminates vegetation slopes
Band 5 Near Infrared (NIR)	0,85 – 0,88	30	Emphasizes biomass content and shorelines
Band 6 Short Wavelength Infrared (SWIR)	1,57 – 1,65	30	Discriminates moisture content of soil and vegetation; penetrates thin clouds

<b>Band Spektral</b>	<b>Panjang gelombang (mikro meter)</b>	<b>Resolusi Spasial (m)</b>	<b>Kegunaan Citra</b>
Band 7 Short Wavelength Infrared (SWIR)	2,11 – 2,29	30	Improved moisture content of soil and vegetation and thin cloud penetration
Band 8 Panchromatic	0,5 – 0,68	15	15 meter resolution, sharper image definition
Band 9 Cirrus	1,36 – 1,38	30	Improved detection of cirrus cloud contamination
Band 10 Long Wavelength Infrared	10,6 – 11,19	100	100 meter resolution, thermal mapping and estimated soil moisture
Band 11 Long Wavelength Infrared	11,5 – 12,51	100	100 meter resolution, Improved thermal mapping and estimated soil moisture

Landsat 8 (OLI) ini dapat diunduh (*download*) secara gratis di link [earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov), namun sebelum dapat mengunduh citra ini, harus melakukan registrasi terlebih dahulu (*sign up*) untuk keperluan pendataan dari pihak USGS (*United States Geological Survey*).

#### *Interpretasi Citra Penginderaan Jauh*

Interpretasi atau penafsiran citra penginderaan jauh merupakan perbuatan mengkaji foto udara dan atau citra dengan maksud untuk

mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut. Interpretasi citra penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua cara yaitu interpretasi secara manual dan interpretasi secara digital (Purwadhi, 2001). Interpretasi secara manual adalah interpretasi data penginderaan jauh yang mendasarkan pada pengenalan ciri/karakteristik objek secara keruangan. Karakteristik objek dapat dikenali berdasarkan 9 unsur interpretasi yaitu bentuk, ukuran, pola, bayangan, rona/warna, tekstur, situs, asosiasi dan konvergensi bukti. Interpretasi secara digital adalah evaluasi kuantitatif tentang informasi spektral yang disajikan pada citra (Anggoro, 2019).

#### *Normalized Difference Laten Heat Index*

Indeks panas laten atau NDLI merupakan integrasi pengamatan tanah dan pengideraan jauh untuk memperkirakan pertukaran energi antara permukaan tanah dan atmosfer. Indeks ini dapat menentukan aliran panas di atas area yang sangat luas dengan pandangan berulang dan sinoptik secara spasial (Liou, dkk. 2018). Persamaan yang digunakan adalah :

$$NDLI = \frac{\rho_{GREEN} - \rho_{RED}}{\rho_{GREEN} + \rho_{RED} + \rho_{SWIR}} \quad (1)$$

$\rho_{GREEN}$  = Band 3 (Hijau)

$\rho_{RED}$  = Band 4 (Merah)

$\rho_{SWIR}$  = Band 6 (Inframerah Pendek)

Govender dalam Anggoro (2019), tiga band ini dipilih karena

karakteristik spektral-reflektansi khusus dalam menanggapi fitur air. Air jernih biasanya tampak biru atau biru kehijauan karena pantulan yang lebih kuat pada dua panjang gelombang ini. Namun, panjang gelombang hijau sensitif terhadap keberadaan kandungan klorofil dalam air. Salah satu karakteristik spektral khas fitur vegetasi ditunjukkan di wilayah panjang gelombang merah karena penyerapan pigmentasi yang kuat pada tanaman yang sehat. Selanjutnya, refleksi vegetasi pada panjang gelombang merah meningkat dengan penurunan kadar air di vegetasi. Daerah panjang gelombang merah menunjukkan kemampuan untuk mengidentifikasi jenis dan status vegetasi, dan potensi aliran panas terpendam juga. Wilayah band SWIR (1.566-1.651  $\mu\text{m}$ ) adalah panjang gelombang potensial untuk menentukan kandungan air di tanaman dan tanah.

*Normalized Difference Latent Heat Index (NDLI)* dapat digunakan sebagai indikator yang baik untuk merepresentasikan potensi aliran panas laten di permukaan bumi. Aliran panas adalah laju energi yang diserap atau dilepaskan ketika suatu zat mengubah fasa dari satu keadaan ke keadaan lain tanpa mengubah suhunya. Hal ini memainkan peran kunci dalam siklus hidrologi dan keseimbangan energi diantara permukaan darat dan udara. Memahami karakteristik aliran panas laten dan mengukur jumlah air yang tersedia sangat penting untuk banyak aplikasi, seperti memantau tanaman dan kandungan air tanah, bahaya kebakaran hutan, kondisi kekeringan, dan menganalisis respons vegetasi terhadap

ketersediaan air yang bertujuan untuk mengoptimalkan dan meningkatkan efisiensi pengelolaan irigasi dan produktivitas tanaman. Selain itu, investigasi karakteristik perpindahan panas dapat memberikan pengetahuan mendasar tentang interaksi antara tipe tutupan lahan dan siklus hidrologi atas pola tutupan lahan tertentu. Hal ini sangat penting untuk pemodelan numerik proses atmosfer dan hidrologi dan peningkatan akurasi prakiraan cuaca. Jika terjadi penurunan kelembaban tanah yang signifikan karena kurangnya hujan atau air drainase oleh irigasi, lapisan tipis atas permukaan bumi akan mengering dan laju aliran panas laten dari permukaan akan dikontrol oleh ketersediaan air (Liou, dkk. 2018).

Perbedaan respons spektral antara band hijau dan merah yang diturunkan dari Landsat 8 OLI (band ketiga dan keempat dari citra OLI,) menyebabkan nilai NDLI menjadi positif untuk air dan vegetasi, dan negatif untuk tanah kering dan fitur-fitur bangunan. Perbedaan besar dalam pemantulan antara air dan vegetasi biasanya ditemukan pada panjang gelombang yang lebih panjang daripada cahaya tampak di mana pemantulan vegetasi yang sehat meningkat secara dramatis, tetapi mendekati nol untuk permukaan air. Dalam hal ini, panjang gelombang SWIR (band keenam dari citra OLI) digunakan sebagai faktor dependen untuk membedakan fitur air dan vegetasi, menghasilkan nilai positif yang relatif lebih tinggi untuk air daripada vegetasi (Liou, dkk. 2018).

*Normalized Difference Latent Heat Index* (NDLI) tidak hanya menyajikan dengan baik potensi aliran panas laten vegetasi hijau dan

lapisan daun, tetapi juga sangat sensitif terhadap kadar air tanah. NDLI menunjukkan kinerja tertinggi dalam merepresentasikan potensi aliran panas laten tutupan lahan tertentu. Dalam hal ini, NDLI diusulkan sebagai alternatif dan perbaikan indeks multiband, khususnya dalam mengekstraksi informasi panas laten dari permukaan bumi. Indeks ini tidak hanya cocok untuk studi kasus ekstensif di seluruh permukaan lahan pada khususnya tetapi juga untuk studi kasus tertentu dengan setiap jenis tutupan lahan. Integrasi NDLI dengan penerapan sistem neraca energi permukaan dapat memberikan informasi respon vegetasi terhadap ketersediaan air yang bertujuan untuk mengoptimalkan dan meningkatkan efisiensi pengelolaan irigasi dan produktivitas tanaman untuk kekeringan (Liou, dkk. 2018).

Klorofil akan lebih banyak menyerap cahaya pada spektrum visibel terutama spektrum merah (band 3) yakni pada range panjang gelombang 0,63 to 0,690 mikron. Oleh karena itu lahan dengan tanaman yang sehat akan mempunyai nilai spektral pada band 3 yang lebih rendah dibanding pada lahan yang mengalami kekeringan. Dengan demikian pola grafik nilai spektral lahan sawah yang mengalami kekeringan dapat dibedakan dengan pola pada lahan sawah yang normal. Perbedaan lain yang dapat dilihat pada puncak grafik yang mencirikan reflaktansi maksimum klorofil sehat. Pada lahan yang tidak mengalami kekeringan (normal), puncak nilai spectral terjadi pada band 4 yang memiliki range panjang gelombang 0,75 to 0,90 (*near infrared*). Band 4 (*near infra red*) mempunyai kepekaan tinggi

terhadap kanopi tanaman, akan tetapi tidak terlalu peka terhadap air. Oleh karena itu band ini lebih sesuai digunakan untuk mengidentifikasi lahan bervegetasi dan tanah terbuka dan kurang dapat mencerminkan kondisi vegetasi yang mengalami kekeringan. Band 6 merupakan spektrum yang peka terhadap kadar air atau dengan kata lain merupakan panjang gelombang potensial untuk menentukan status kadar air pada tanaman dan tanah. Sensitif terhadap kadar air pada daun dan kadar air pada tanah karena serapan pada panjang gelombang ini bergantung pada kadar air suatu objek. Reaksi pada band 6 akan berkurang pada kadar air yang tinggi, dan juga mampu membedakan lahan kering dengan lahan yang kedap air (Shofiyati. 2007).

### 2.3.2. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis atau disingkat SIG dalam bahasa Inggris *Geographic Information System* (disingkat GIS) merupakan sistem informasi khusus yang mengelola data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan). Arti yang lebih sempit adalah sistem komputer yang memiliki kemampuan untuk membangun, menyimpan, mengelola dan menampilkan informasi bereferensi geografis atau data geospasial untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan suatu wilayah, misalnya data yang diidentifikasi menurut lokasinya, dalam sebuah database (Agustin, 2017).

Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis dari masa ke masa semakin bertambah dan sangat heterogen untuk berbagai jenis cabang ilmu, terutama geografi. Banyak institusi pemerintah ataupun pihak swasta yang dapat bergerak dengan efektif dan efisien setelah menerapkan teknologi SIG untuk membantu pekerjaan mereka di berbagai sector atau bidang yang ditekuni. Seperti penentuan lokasi yang tepat untuk tempat pembuangan akhir sampah, analisis sebaran penyakit demam berdarah, analisis kerawanan kekeringan, dan masih banyak lagi yang lain.

## **2.4. Agroforestri**

### 2.4.1. Pengertian Agroforestri

Agroforestri merupakan suatu sistem pengelolaan tanaman hutan (*perennial*) yang dikombinasikan dengan pertanian atau disebut juga sistem wanatani. Sebenarnya banyak definisi mengenai agroforestri, yang satu sama lain tidak berbeda secara substansi. Banyak definisi dari agroforestri yang sering digunakan dalam dunia pengetahuan. *International Council for Research in Agroforestry* (ICRAF) mendefinisikan agroforestri sebagai suatu sistem pengelolaan lahan yang berazaskan kelestarian, untuk meningkatkan hasil lahan secara keseluruhan, melalui kombinasi produksi (termasuk tanaman pohon-pohonan) dan tanaman hutan dan atau hewan secara bersamaan atau berurutan pada unit lahan yang sama, dan



menerapkan cara-cara pengelolaan yang sesuai dengan kebudayaan penduduk setempat (Hairiah, dkk. 2003).

### *Tipe Agroforestri*

Widiyanto (2013) menyatakan agroforestri dapat dikelompokkan menjadi dua sistem, yaitu sistem agroforestri sederhana dan sistem agroforestri kompleks.

#### a. Sistem Agroforestri Sederhana

Sistem agroforestri sederhana adalah suatu sistem pertanian dimana pepohonan ditanam secara tumpang sari dengan satu atau lebih jenis tanaman semusim. Pepohonan dapat ditanam sebagai pagar mengelilingi petak lahan tanaman pangan, secara acak dalam petak lahan, atau dengan pola lain misalnya berbaris dalam larikan sehingga membentuk lorong/pagar. Jenis-jenis pohon yang ditanam juga sangat beragam, dapat yang bernilai ekonomi tinggi misalnya kelapa, karet, cengkeh, kopi, kakao, nangka, belinjo, petai, jati dan mahoni atau yang bernilai ekonomi rendah seperti dadap, lamtoro dan kaliandra. Jenis tanaman semusim biasanya berkisar pada tanaman pangan yaitu padi (gogo), jagung, kedelai, kacang-kacangan, ubi kayu, sayur-mayur dan rerumputan atau jenis-jenis tanaman lainnya.

Dalam perkembangannya, sistem agroforestri sederhana ini juga merupakan campuran dari beberapa jenis pepohonan tanpa adanya tanaman semusim. Sebagai contoh, kebun kopi biasanya disisipi dengan

tanaman dadap (*Erythrina*) atau kelorwono disebut juga gamal (*Gliricidia*) sebagai tanaman naungan dan penyubur tanah.

b. Sistem Agroforestri Kompleks.

Hutan dan Kebun Sistem agroforestri kompleks, adalah suatu sistem pertanian menetap yang melibatkan banyak jenis tanaman pohon (berbasis pohon) baik sengaja ditanam maupun yang tumbuh secara alami pada sebidang lahan dan dikelola petani mengikuti pola tanam dan ekosistem menyerupai hutan. Di dalam sistem ini, selain terdapat beraneka jenis pohon, juga tanaman perdu, tanaman memanjat (liana), tanaman musiman dan rerumputan dalam jumlah banyak. Penciri utama dari sistem agroforestri kompleks ini adalah kenampakan fisik dan dinamika di dalamnya yang mirip dengan ekosistem hutan alam baik hutan primer maupun hutan sekunder, oleh karena itu sistem ini dapat pula disebut sebagai agroforest. Berdasarkan jaraknya terhadap tempat tinggal, sistem agroforestri kompleks ini dibedakan menjadi dua, yaitu kebun atau pekarangan berbasis pohon (*home garden*) yang letaknya di sekitar tempat tinggal dan 'agroforest', yang biasanya disebut 'hutan' yang letaknya jauh dari tempat tinggal.

*Pola Tanam*

Pola tanam merupakan usaha penanaman pada sebidang lahan dengan mengatur susunan tata letak dan urutan tanaman selama periode waktu tertentu termasuk masa pengolahan tanah dan masa tidak ditanami selama periode tertentu. Di Indonesia yang memiliki iklim tropis biasanya

pola tanam disusun selama satu tahun dengan memperhatikan curah hujan, terutama pada daerah atau lahan yang sepenuhnya tergantung dari curah hujan. Pemilihan varietas yang ditanam menjadi penting karena harus disesuaikan dengan keadaan air yang tersedia ataupun curah hujan (PPID Disperta Madiun, 2019). Agroforestri atau polikultur pola tanam yang biasanya digunakan adalah sebagai berikut (Sapoetra, 2016):

- a. Tumpang campuran yaitu menanam lebih dari satu jenis tanaman pada satu lahan dan dalam waktu yang sama dan pada umumnya bertujuan mengurangi hama penyakit dari jenis tanaman yang satu atau pendampingnya.
- b. Tumpang gilir yaitu menanam lebih dari satu jenis tanaman pada satu lahan yang sama selama satu tahun untuk memperoleh lebih dari satu hasil panen.
- c. Tanaman pendamping yaitu penanaman dalam satu bedeng ditanam lebih dari satu tanaman sebagai pendamping jenis tanaman lainnya yang bertujuan untuk saling melengkapi dalam kebutuhan fisik dan unsur hara.
- d. Pergiliran atau Rotasi tanaman yaitu merupakan pola tanam yang dikembangkan dengan cara mengganti tanaman budidaya setiap musim bertujuan untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian.
- e. Pola Lorong yaitu pola tanam yang mana tanaman pokoknya ditanam searah garis lurus dengan tanaman pendampingnya ditanam sekelilingnya.

- f. Pola ganda (*double row spacing*) yaitu hampir sama dengan pola barisan tetapi tidak hanya dalam satu garis tetapi dua garis membentuk satu garis.
- g. Pola pagar (*square spacing*) yaitu pola tanam dengan tanaman pokok ditanam mengelilingi tapak dan tanaman pendamping berada ditengah tapak.
- h. Pola hubungan segitiga sama sisi (*equidistance spacing*) yaitu pola tanam dengan tanaman pokok membentuk segitiga sama sisi.
- i. Pola acak (*Random mixture*) yaitu pola penanaman acak, artinya antara tanaman pertanian dan pohon ditanam tidak teratur.
- j. Model *trees along border* (pola pohon pembatas), pola pohon pembatas difungsikan sebagai pembatas (tanaman sepanjang batas lahan milik) dan tanaman pertanian di tengah lahan.

#### 2.4.2. Peranan Agroforestri dalam Mempertahankan Fungsi Hidrologi dan Konservasi

##### *Fungsi Hidrologi*

Fungsi hidrologi, terkait dengan fungsi hutan dan strata tajuknya sebagai salah satu pemegang peranan penting dalam siklus air. Menurut Noordwijk dkk (2004) dan Rauf (2004), pengaruh tutupan pohon dan tanaman semusim terhadap aliran air adalah dalam bentuk:

- a. Intersepsi air hujan.

Selama kejadian hujan, tajuk pohon dapat mengintersepsi dan menyimpan sejumlah air hujan dalam bentuk lapisan tipis air (*waterfilm*)

pada permukaan daun dan batang yang selanjutnya akan mengalami evaporasi sebelum jatuh ke tanah. Banyaknya air yang dapat diintersepsi dan dievaporasi tergantung pada indeks luas daun (LAI), karakteristik permukaan daun, dan karakteristik hujan. Intersepsi merupakan komponen penting jika jumlah curah hujan rendah, tetapi dapat diabaikan jika curah hujan tinggi. Apabila curah hujan tinggi, peran intersepsi pohon penting dalam kaitannya dengan pengurangan banjir.

Intersepsi hujan oleh vegetasi yang heterogen dan multi layers menyebabkan pengurangan energi kinetik butir hujan sehingga daya dispersi terhadap agregat tanah berkurang. Hal ini semakin penting karena akan terbentuk vegetasi permanen dari tanaman tahunan atau kehutanan. Selain itu pengaruh intersepsi dapat mereduksi laju penerimaan di permukaan tanah karena melwati aliran batang (*stemflow*) dan curahan tajuk (*troughfall*).

b. Daya pukul air hujan.

Vegetasi dan lapisan seresah melindungi permukaan tanah dari pukulan langsung tetesan air hujan yang dapat menghancurkan agregat tanah, sehingga terjadi pemadatan tanah. Hancuran partikel tanah akan menyebabkan penyumbatan pori tanah makro sehingga menghambat infiltrasi air tanah, akibatnya limpasan permukaan akan meningkat. Peran lapisan seresah dalam melindungi permukaan tanah sangat dipengaruhi oleh ketahanannya terhadap pelapukan; seresah berkualitas tinggi

(mengandung hara, terutama N tinggi) akan mudah melapuk sehingga fungsi penutupan permukaan tanah tidak bertahan lama.

c. Infiltrasi air.

Proses infiltrasi tergantung pada struktur tanah pada lapisan permukaan dan berbagai lapisan dalam profil tanah. Struktur tanah juga dipengaruhi oleh aktivitas biota yang sumber energinya tergantung kepada bahan organik (serasah di permukaan, eksudasi organik oleh akar, dan akar-akar yang mati). Ketersediaan makanan bagi biota (terutama cacing tanah), penting untuk mengantisipasi adanya proses peluruhan dan penyumbatan pori makro tanah. Adanya serasah pada permukaan tanah disertai dengan perubahan porositas tanah akibat perkembangan sistem perakaran memungkinkan kapasitas dan laju infiltrasi meningkat. Kondisi ini selain meningkatkan lengas tanah juga mereduksi volume dan laju aliran permukaan (direct run off) Pengaruh sistem ini terhadap tata air, dominan pada aliran tunda dan pengaruh ini nyata setelah dicapai setelah permukaan tanah tertutup tajuk tanaman.

d. Serapan air.

Sepanjang tahun tanaman menyerap air dari berbagai lapisan tanah untuk mendukung proses transpirasi pada permukaan daun. Faktor – faktor yang mempengaruhi jumlah serapan air oleh pohon adalah fenologi pohon, distribusi akar dan respon fisiologi pohon terhadap cekaman parsial air tersedia. Serapan air oleh pohon diantara kejadian hujan akan mempengaruhi jumlah air yang dapat disimpan dari kejadian hujan

berikutnya, sehingga selanjutnya akan mempengaruhi proses infiltrasi dan aliran permukaan. Serapan air pada musim kemarau, khususnya dari lapisan tanah bawah akan mempengaruhi jumlah air tersedia untuk 'aliran lambat' (*slow flow*).

e. Drainase landscape.

Besarnya drainase suatu landscape (bentang lahan) dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kekasaran permukaan tanah, relief permukaan tanah yang memungkinkan air tinggal di permukaan tanah lebih lama sehingga mendorong terjadinya infiltrasi, tipe saluran yang terbentuk akibat aliran permukaan yang dapat memicu terjadinya 'aliran cepat air tanah' (*quick flow*). Dengan demikian, dalam sebuah sistem agroforestri yang dikelola dengan baik, fungsi lahan agroforestri sebagai penerima, penyimpan, penyalur dan pelepas air dapat berjalan dengan baik. Selain itu juga bisa mengurangi terjadinya erosi tanah karena dengan mereduksi sediment yield serta meningkatkan water yield dengan regimen yang relatif sama sepanjang waktu. Sebagai contoh tentang peranan agroforestri dalam menjaga drainase lanskap dijelaskan oleh Rauf (2004) yang meneliti enam bentuk agroforestri, berkesimpulan bahwa agroforestri *Eucalyptus* + *Cassava* mengikuti kontur pengaruhnya lebih baik terhadap pengendalian erosi dibandingkan dengan *Eucalyptus* monokultur dan *Eucalyptus* + *Cassava* yang ditanam secara acak.

### *Fungsi Konservasi*

Pengelolaan hutan dan kawasan konservasi, termasuk upaya rehabilitasi lahan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat di sekitar hutan, telah memprogramkan pengembangan hutan kemasyarakatan Kepmen No. 311/ Kpts-II/2001, tentang Penyelenggaraan Hutan Kemasyarakatan, hutan tanaman, dan hutan rakyat dalam bentuk agroforestri. Sebagai paradigma baru dalam pengelolaan hutan, pelaksanaan hutan kemasyarakatan yang dipadukan dengan model agroforestri diharapkan dapat melestarikan hutan alam melalui peningkatan produktivitas lahan hutan di areal masyarakat atau di lahan kritis. Program ini perlu diadakan di sekitar kawasan konservasi seperti taman nasional dengan pengembangan model tersebut di daerah penyangga, untuk meningkatkan kesejahteraan dan persepsi masyarakat dalam perlindungan kawasan pelestarian alam.

Secara umum manfaat dari sistem pengelolaan hutan bersama masyarakat dengan model agroforestri menurut Bismark, dkk (2006) di bidang konservasi antara lain :

a. Pelestarian Sumberdaya Genetik Tanaman Hutan.

Kekayaan jenis dalam areal agroforestri sangat tinggi. Agroforestri yang terletak dekat hutan alam memiliki komponen jenis tumbuhan hutan yang beragam. Pada agroforestri di Krui Lampung dan di Maninjau Sumatera Barat terdapat 300 spesies tumbuhan. Pada agroforestri banyak



ditemukan tumbuhan yang membutuhkan sinar matahari lebih banyak, seperti nangka, sukun, pulai, dan bayur.

b. Habitat Satwaliar.

Agroforestri yang sudah tertata dengan keanekaragaman jenis tinggi dan komposisi tajuk yang baik dapat menjadi habitat dari beberapa jenis satwa, seperti primata, burung, dan mamalia teresterial. Peran satwa tersebut dapat sebagai penyebar biji-bijian yang membantu proses regenerasi dan peningkatan keanekaragaman tumbuhan.

Pengembangan hutan rakyat dengan sistem agroforestri memiliki manfaat sebagai rehabilitasi kawasan di daerah penyangga sekitar kawasan taman nasional sekaligus manfaat ekonomis dan ekologis untuk konservasi jenis satwa di luar dan di dalam taman nasional.

c. Konservasi Lahan dan Air.

Masalah lingkungan yang umum berkaitan dengan lahan adalah meluasnya lahan kritis dan tingginya tingkat erosi tanah. Sistem stratifikasi tajuk yang menyerupai hutan dari segi konservasi tanah dan air akan lebih berdampak pada pengaturan tata air dan hujan tidak langsung ke tanah yang dapat mencegah erosi permukaan. Hal ini terlihat dari komposisi jenis dan pola tanam, jenis pohon di ladang, dan hutan rakyat. Sebagai contoh peran pohon dalam peresapan air seperti *Calliandra calothyrsus* 56%, *Parkia javanica* 63,9%, dan *Dalbergia latifolia* 73,3% (Bismark, dkk. 2006).

Secara ringkas, (Widiyanto, 2013) menyebutkan beberapa manfaat lingkungan yang dapat diperoleh dari sistem agroforestri;

- a. Mengurangi tekanan terhadap hutan, sehingga fungsi kawasan hutan tidak terganggu (tata air, keanekaragaman hayati dll).
- b. Lebih efisien dalam recycling unsur hara melalui pohon berakar.
- c. Perlindungan yang lebih baik terhadap sistem ekologi daerah hulu DAS.
- d. Mengurangi aliran permukaan, pencucian hara dan erosi tanah.
- e. Memperbaiki iklim mikro, mengurangi suhu permukaan tanah, mengurangi evapotranspirasi karena kombinasi mulsa dari tanaman setahun/semusim dan naungan pohon.
- f. Meningkatkan hara tanah dan struktur tanah melalui penambahan yang kontinyu hasil proses dekomposisi bahan organik.

## **2.5. Mitigasi Kekeringan**

Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (PP No 21, 2008). Tujuan mitigasi bencana adalah :

- a. Mengurangi dampak yang ditimbulkan, khususnya bagi penduduk
- b. Sebagai landasan (pedoman) untuk perencanaan pembangunan
- c. Meningkatkan pengetahuan masyarakat dalam menghadapi serta mengurangi dampak/resiko bencana, sehingga masyarakat dapat hidup dan bekerja dengan aman.

Kegiatan mitigasi bencana diantaranya (BNPB, 2016) :

- a. Pengenalan dan pemantauan risiko bencana;
- b. Perencanaan partisipatif penanggulangan bencana;
- c. Pengembangan budaya sadar bencana;
- d. Penerapan upaya fisik, nonfisik, dan pengaturan penanggulangan bencana;
- e. Identifikasi dan pengenalan terhadap sumber bahaya atau ancaman bencana;
- f. Pemantauan terhadap pengelolaan sumber daya alam;
- g. Pemantauan terhadap penggunaan teknologi tinggi;
- h. Pengawasan terhadap pelaksanaan tata ruang dan pengelolaan lingkungan hidup

Falah (2018) menyatakan bahwa dampak negatif kekeringan bisa dikurangi melalui upaya-upaya persiapan (antisipasi) dan mitigasi. Komponen rencana antisipasi dan mitigasi kekeringan terdiri dari prediksi (pendugaan), monitoring, penaksiran, dampak, dan respon. Mitigasi kekeringan dapat meliputi :

- a. Pembangunan sistem peringatan dini, sistem informasi yang komprehensif, dan menyempurnakan pendugaan musim.
- b. Peningkatkan konservasi air, berupaya mengurangi permintaan (*demand*) air, meningkatkan suplai air melalui pemanfaatan sumber-sumber air yang lebih optimal, membangun tampungan air (*reservoirs*), menghubungkan persediaan air antar kelompok masyarakat yang berdekatan.

- c. Menyusun perencanaan mitigasi kekeringan
- d. Penysadaran publik

Hernaningsih (2016) menyatakan bahwa ada tiga tipe kebijakan untuk penanggulangan bencana kekeringan. *Pertama*, kebijakan reaktif yang dilakukan pemerintah dengan memberi bantuan langsung untuk melegakan penderitaan korban bencana kekeringan, dengan jalan mendistribusikan air bersih, pemberian uang dan makanan, dan lain-lain. *Kedua* yaitu dengan mengembangkan program untuk mengurangi kerentanan dan dampak bencana, atau disebut mitigasi. *Ketiga* yaitu perencanaan dan implementasi kebijakan penanggulangan bencana kekeringan, dengan membangun kapasitas kelembagaan yang lebih besar, difokuskan pada peningkatan koordinasi dan kolaborasi antar pemangku kepentingan terkait.

Selain itu, mitigasi bencana kekeringan air yang dinilai efektif dapat dilakukan dalam jangka pendek dan jangka panjang. Untuk mengatasi kekeringan dalam jangka pendek adalah memenuhi kebutuhan air masyarakat dengan keterlibatan pemerintah pusat melalui program penyediaan air bersih. Sedangkan untuk mengatasi masalah kekeringan pada daerah-daerah rawan dalam jangka panjang, perlu koordinasi lebih intensif dengan instansi lain, salah satunya dengan Dinas Pekerjaan Umum.

### *Mitigasi Jangka Pendek*

Mitigasi jangka pendek, terkait dengan hal-hal teknis yang dilakukan untuk mengantisipasi sementara masalah kekeringan. Cara paling mudah adalah dengan melakukan distribusi air bersih dengan tangki air, perbaikan pipa, pembuatan sumur bor, pompa air, dan pembangunan bak-bak penampungan air hujan yang dibantu oleh instansi yang terkait seperti Kementerian Pekerjaan Umum, Pertanian dan Badan Nasional Penanggulangan Bencana.

### *Mitigasi Jangka Panjang*

Mitigasi jangka panjang banyak tergantung pada kebijakan politik dan penanggulangan bencana yang lebih kompleks. Untuk mitigasi ini dibutuhkan dana yang banyak dan komitmen dari semua pihak baik masyarakat, pemerintah maupun pihak-pihak yang terkait. Diantara mitigasi tersebut adalah dilakukan dengan pembangunan waduk, pengelolaan Daerah Aliran Sungai, hingga mencakup konservasi tanah dan air (Hernaningsih, 2016).

Indeks Penggunaan Air (IPA) dan evapotranspirasi adalah parameter yang menentukan kerentanan kekeringan yang masih dapat dimodifikasi, sedangkan parameter lainnya seperti curah hujan atau sumber air adalah faktor alam yang tidak dapat dimodifikasi. Pada parameter IPA, yang dapat dimodifikasi adalah jumlah penduduk dan penggunaan air yang lebih efisien. Pemanfaatan air secara efisien dapat dilakukan melalui penyuluhan kepada masyarakat. Pemanfaatan air hujan juga dapat

menyelesaikan masalah yang dapat mengurangi penggunaan air untuk keperluan sehari-hari (Susilawati, 2006). Pembuatan embung atau tandon penyimpanan air merupakan salah satu contoh pemanfaatan air hujan.

Mitigasi jangka panjang selanjutnya adalah berbasis vegetasi. Besarnya evapotranspirasi dapat dikelola dengan mengatur pola tanam, karena tanaman yang mempunyai evapotranspirasi yang tinggi juga membutuhkan volume air yang banyak. Sistem agroforestri yang berbasis pohon akan mempunyai keuntungan baik pada tahun basah dan tahun kering, karena (Butarbutar, 2011) :

- a. Perakaran yang dalam akan mampu menyerap air dan zat hara yang lebih besar hal ini akan membantu pada saat musim kering;
- b. Meningkatkan porositas tanah, mengurangi aliran permukaan dan meningkatkan penutupan tanah yang akan meningkatkan infiltrasi tanah dan retensi pada profil tanah akan mengurangi tekanan kelembaban selama tahun-tahun basah;
- c. Sistem yang berbasis pohon mempunyai kecepatan evaporasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman pertanian atau areal penggembalaan dan dapat mempertahankan kondisi aerasi tanah dengan pemompaan air berlebih dari profil tanah lebih cepat dibanding dengan sistem lainnya. Sistem agroforestri yang berbasis pohon akan menghasilkan produksi yang lebih tinggi dan baik dalam jumlah maupun nilai dibandingkan dengan tanaman pertanian, sehingga bisa menjadi alternatif pendapatan dikaitkan dengan variasi perubahan iklim.

Pendekatan ini merupakan solusi yang lebih realistis dibandingkan dengan pandangan populer yang akan menghemat hutan dan mengintensifkan pertanian.

Agroforestri dapat dikembangkan untuk memitigasi dan mengadaptasi perubahan iklim dengan alasan-alasan sebagai berikut:

- a. Pencampuran jenis pohon penghasil kayu, buah dan lain-lain, merupakan salah satu model tanaman campuran, karena campuran jenis lebih baik dari tanaman sejenis.
- b. Pencampuran jenis yang didasarkan pada sifat toleransi dan akan memanfaatkan seluruh cahaya untuk fotosintesa.
- c. Pencampuran perbedaan umur.
- d. Penggabungan nilai ekonomi, sosial dan budaya sehingga perubahan vegetasi dapat berjalan seiring dengan perubahan sosial dan budaya secara berangsur yang dapat disesuaikan dengan perubahan iklim.
- e. Dapat digunakan sebagai model untuk memfasilitasi perubahan kelompok vegetasi menjadi kelompok yang baru (adaptasi), seperti teori perubahan vegetasi melalui perladangan berpindah-pindah yang teratur.

Agroforestri dapat diusulkan sebagai kompensasi bagi masyarakat yang terkena dampak langsung atau tidak langsung dari kegiatan-kegiatan implementasi pengurangan emisi gas rumah kaca. Agroforestri dapat diajukan sebagai salah satu alternatif mitigasi dan adaptasi untuk mendapatkan insentif dalam mengatasi kekeringan.

Alley cropping yang juga dikenal sebagai tumpang sari tanaman pagar dan pertanian kontur adalah agro subsistem kehutanan yang melibatkan tumpang sari pohon serbaguna, semak-semak dan tanaman pangan atau *Multipurpose Trees and Shurb* (MPTS).

Keuntungan dari *Alley cropping* adalah (1) mempunyai kemampuan mendaur ulang hara dan meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air pada lahan kering, (2) sangat efektif mengendalikan erosi, limpasan permukaan dan pencucian hara, (3) memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, aktivitas biologi tanah serta dapat meningkatkan dan mempertahankan produksi tanaman pangan, (4) nilai ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan monokultur. *Alley cropping* mempunyai peluang untuk dikembangkan dan diadopsi petani untuk diterapkan pada lahan kering (Kurnia, M. 2014).

Selain keuntungan, juga terdapat kekurangan dari penerapan sistem ini yaitu, (1) tanaman pagar mengambil sekitar 5-15% areal yang biasanya digunakan untuk tanaman pangan/tanaman utama, (2) sering terjadi persaingan antara tanaman pagar dengan tanaman utama untuk mendapatkan hara, air, dan cahaya. Cara mengatasinya adalah dengan memangkas tanaman pagar secara teratur supaya pertumbuhan akarnya juga terbatas, (3) kadang-kadang terjadi pengaruh alelopati dan berkembangnya hama atau penyakit pada tanaman pagar yang dapat mengganggu tanaman pangan, (4) tenaga kerja yang diperlukan untuk penanaman dan pemeliharaan tanaman pagar cukup tinggi (Kurnia, M. 2014).



Pengaruh tidak menguntungkan atau pengaruh negatif tersebut dapat diantisipasi dengan cara (Brata, KR. 2000) :

- a. Pemangkasan secara periodik selama fase pertumbuhan tanaman utama untuk mengurangi pengaruh naungan.
- b. Memilih tanaman yang mempunyai kanopi lebih sempit tetapi rapat untuk mengurangi kompetisi cahaya.
- c. Melebarkan jarak tanaman pagar, untuk mengurangi kompetisi di bagian atas tanah juga lapisan bawah tanah.
- d. Memilih tanaman utama (pangan/semusim) yang toleran terhadap naungan.
- e. Memilih jenis tanaman pagar yang mempunyai perakaran yang dalam untuk menghilangkan kompetisi dengan tanaman utama tetapi cukup dekat untuk mengendalikan gulma dan untuk mendapatkan keuntungan maksimum dari suplai bahan organik.

Pengaruh menguntungkan dapat dimaksimalkan dengan cara memilih tanaman pohon yang sesuai untuk ditumpang sarikan dengan tanaman semusim berdasarkan (Brata, KR. 2020):

- a. Bentuk dan distribusi kanopi. Pohon yang tinggi dengan kanopi yang sempit tapi padat tidak akan memberikan terlalu banyak naungan terhadap tanaman utama selama musim tanam. Sebaliknya, pohon dengan kanopi yang lebar dan setengah terbuka akan memungkinkan cahaya menjangkau tanaman

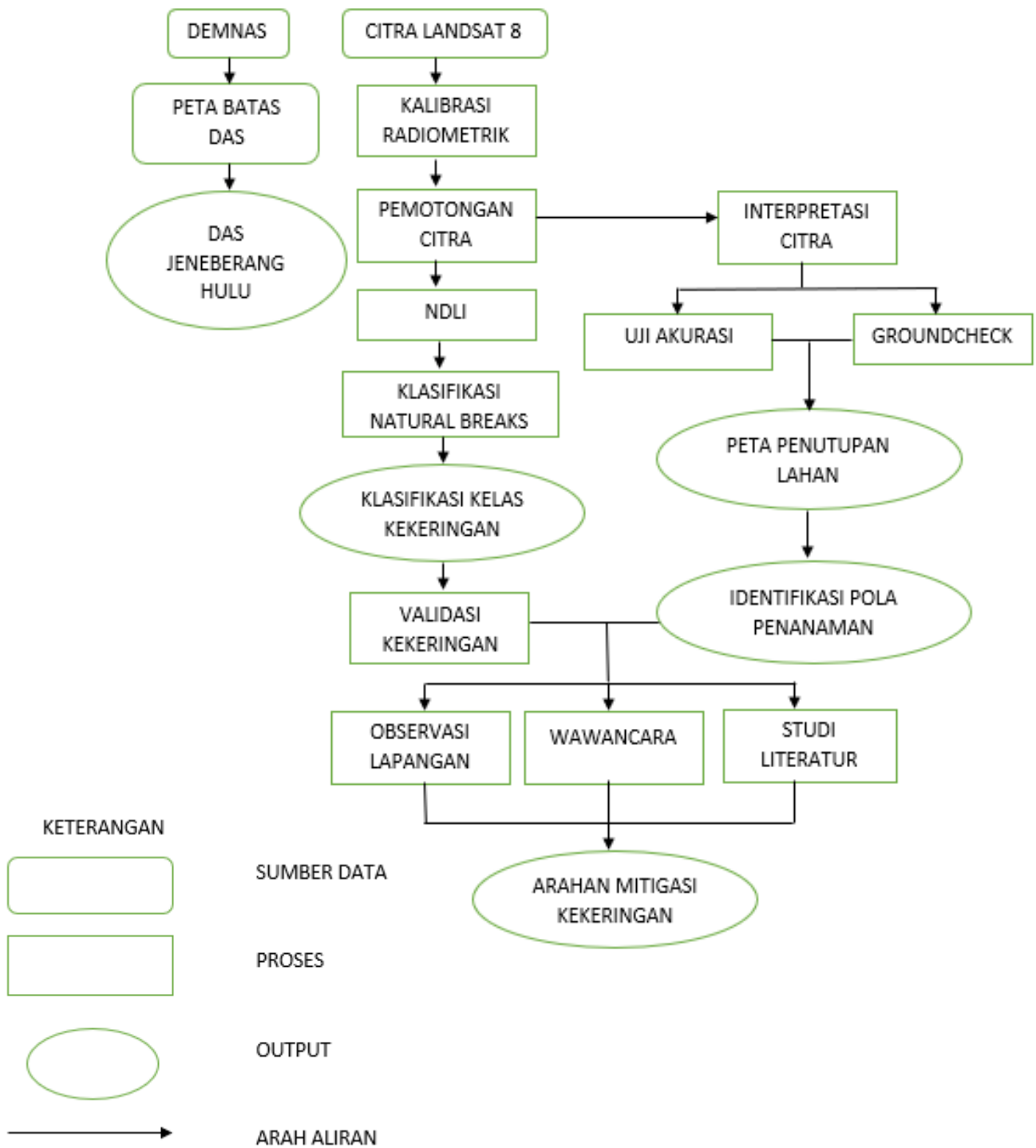
utama, tetapi tidak sesuai dalam mengendalikan gulma setelah atau diantara periode pertanaman.

- b. Kualitas dan kuantitas penyediaan bahan organik. Untuk memaksimalkan pengaruh positif, pohon dengan selah yang lambat didekomposisi dikombinasikan dengan pohon yang mendekomposisi bahan organik yang cepat. Sebaliknya, serasah dengan kualitas yang tinggi dan cepat didekomposisi mudah tercuci. Kualitas serasah yang tinggi berpotensi sebagai penyedia unsur hara bagi tanaman.
- c. Kemampuan pertumbuhan. Pohon yang cocok untuk tumpang sari harus tumbuh lebih lambat pada tahap awal dari fase pertanaman, tetapi bertahan pada waktu musim kemarau;
- d. Tahan terhadap pemangkasan dan periodik. Pemangkasan sangat penting untuk menghilangkan naungan yang berlebihan.

Petani lahan kering pada umumnya bermodal rendah dengan tenaga kerja yang langka, maka *alley cropping* merupakan alternatif yang baik dibandingkan dengan teras bangku. Selain itu sistem ini merupakan pilihan yang cocok baik dimana teknik konservasi yang lain, misalnya teras bangku, tidak cocok diterapkan pada daerah yang mempunyai kemiringan >45%. Pada lahan yang sudah terlanjur dibuat teras bangku, biasanya tanpa tanaman penguat teras, memerlukan tanaman penguat teras berupa rumput dan leguminosa pohon untuk lebih mengefektifkan dari teras bangku tersebut. Selanjutnya jenis tanaman yang dikembangkan maupun tempat

dan cara bertanam disesuaikan dengan keinginan petani setempat. Masalah yang kerap kali dihadapi petani di lahan kering yaitu kelangkaan hijauan pohon setiap musim kemarau dapat menjadi pendorong kuat motivasi petani untuk menerapkan *alley cropping*.

### Tahapan Pelaksanaan Penelitian



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Penelitian