

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kekeringan merupakan salah satu bencana alam yang memiliki dampak signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan, termasuk lingkungan, sosial, dan ekonomi. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), kekeringan terjadi ketika curah hujan berada di bawah normal dalam periode tertentu, sehingga menyebabkan kekurangan air yang berdampak pada berbagai sektor. Salah satu penyebab utama kekeringan adalah fenomena iklim ekstrem, seperti *El Nino*, yang memengaruhi pola distribusi curah hujan, terutama di wilayah tropis seperti Indonesia (BMKG, 2023).

Perubahan iklim didefinisikan sebagai perubahan komposisi atmosfer dipengaruhi oleh aktivitas manusia, dapat menyebabkan kekeringan. Berbagai faktor seperti iklim, pertanian dan hidrologi juga bertanggung jawab atas kekeringan di Indonesia (Assidiq dan Rokhmana, 2021). Pemantauan terhadap kondisi kekeringan menjadi faktor penting dalam upaya mengurangi dampak negatif yang diakibatkan oleh fenomena tersebut. Di Indonesia, kekeringan hampir selalu terjadi setiap tahun dan semakin intensif selama fenomena *El Nino*, yang secara signifikan memengaruhi penurunan hasil produksi pertanian. Berdasarkan data historis, frekuensi kekeringan pada periode 1844 hingga 1960 tercatat terjadi setiap 3-4 tahun, namun sejak 1961 hingga 2006, frekuensi tersebut meningkat menjadi setiap 2-3 tahun (Surmaini, E., 2016).

Indeks kekeringan di Sulawesi Selatan termasuk tinggi, Menurut studi Otoritas Manajemen Bencana Nasional tentang penilaian risiko daerah ini mempunyai tingkat kekeringan 0,6 – 1,0 (Biro Perencanaan Nasional, 2022). Provinsi Sulawesi Selatan, sebagai daerah yang rentan terhadap bencana alam, telah mengalami kekeringan sebanyak empat kali dalam 2 dekade terakhir. Salah satu daerah tercatat di kabupaten Bulukumba. Secara umum, tingkat kekeringan di kabupaten ini diklasifikasikan sebagai kekurangan air sedang. Namun, analisis lebih mendalam mengungkapkan adanya perbedaan signifikan dalam tingkat kekeringan di berbagai wilayah di seluruh kabupaten tersebut. Indeks kekeringan menjadi fokus analisis, menunjukkan tingkat kekurangan air yang mencapai puncak tertinggi, dengan dampak yang signifikan. Sebaliknya, kawasan Sangkala memperlihatkan indeks kekeringan yang rendah, sering kali mencapai 0%, dengan variasi yang mencolok pada berbagai bulan. Bulan Mei tercatat sebagai periode dengan curah hujan sangat tinggi, mencapai 864.62 mm, sementara bulan September mengalami curah hujan terendah, hanya sebesar 23.88 mm. Penemuan ini menyoroti perlunya pemahaman mendalam terhadap kompleksitas perbedaan iklim dan karakteristik geografis di kabupaten Bulukumba. Selain itu, penerapan sistem peringatan dini yang adaptif serta langkah-langkah mitigasi yang spesifik wilayah dapat menjadi solusi yang efektif dalam menghadapi tantangan kekeringan di masa depan (Rosmini, 2015).

Mengutip pusatkrisis.kemkes.go.id terjadi kekeringan yang melanda DAS Ujungloe, di Kecamatan Ujungloe Kabupaten Bulukumba sejak bulan Juni 2023. Musim kemarau yang berkepanjangan telah menyebabkan kekeringan yang signifikan, berdampak pada kesulitan masyarakat dalam mencari air bersih. Kondisi ini sangat

merugikan, terutama karena telah menimbulkan dampak langsung pada 490 warga yang terdampak. Data awal yang diperoleh dari dinas kesehatan setempat, yang bekerja sama dengan beberapa dinas terkait, menyajikan informasi mengenai jumlah korban yang mencapai 490 terdampak. Meskipun dalam data tersebut tidak terdapat korban meninggal, hilang, atau mengalami luka berat/rawat inap, kondisi tersebut mengindikasikan bahwa masyarakat masih menghadapi tantangan serius dalam memenuhi kebutuhan air bersih.

Kekeringan tidak hanya berdampak pada keberlanjutan ekosistem tetapi juga mengancam ketahanan pangan nasional. Identifikasi dan pemantauan kekeringan merupakan aspek penting dalam upaya mitigasi serta pengelolaan sumber daya air. Seiring dengan kemajuan teknologi penginderaan jauh, penggunaan citra satelit telah menjadi metode yang efektif untuk mendeteksi dan menganalisis kekeringan baik dari segi spasial maupun temporal. Salah satu satelit yang sering dimanfaatkan dalam penelitian kekeringan adalah *Sentinel-2A*, yang merupakan bagian dari program *Copernicus* yang dikelola oleh *European Space Agency* (ESA). Pemanfaatan indeks dari citra *Sentinel-2A* memungkinkan analisis kekeringan dengan tingkat akurasi dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan pendekatan konvensional (Siddiqirly, M. dkk., 2022). Melalui metode berbasis penginderaan jauh ini, dapat dihasilkan peta distribusi kekeringan yang lebih rinci, yang dapat dijadikan dasar dalam perencanaan strategi mitigasi serta pengelolaan sumber daya air di wilayah terdampak.

Oleh karena itu, analisis terhadap kerawanan kekeringan menjadi sangat penting untuk memahami faktor-faktor yang memengaruhi kerentanan wilayah tertentu terhadap bencana ini. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memetakan kerawanan kekeringan adalah metode Frekuensi Rasio (*Frequency Ratio*). Metode ini memungkinkan analisis berbasis data untuk mengidentifikasi hubungan antara parameter-parameter lingkungan dengan kejadian kekeringan, sehingga menghasilkan peta kerawanan yang akurat dan informatif. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kerawanan kekeringan di wilayah tertentu dengan menggunakan metode Frekuensi Rasio. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi pemerintah dan pemangku kepentingan dalam merancang strategi mitigasi kekeringan yang lebih efektif dan berbasis data.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk:

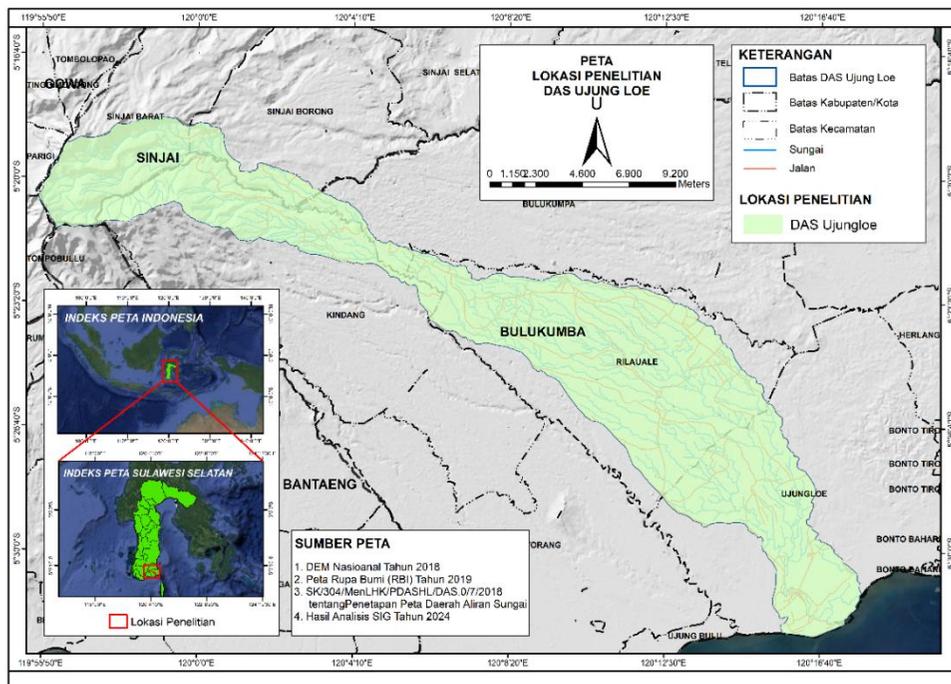
- 1) Mengetahui faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap terjadinya Kekeringan di DAS Ujungloe.
- 2) Membuat peta tingkat kerawanan Kekeringan di DAS Ujungloe.

Penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi bagi masyarakat juga pemerintah mengenai tingkat kerawanan kekeringan dengan melihat faktor penyebabnya, serta sebagai acuan mitigasi dan adaptasi bencana kekeringan di DAS Ujungloe.

BAB II. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus Tahun 2024 sampai Januari Tahun 2025. Lokasi penelitian berada di DAS Ujungloe dengan luasan 20.473,48 ha yang secara administratif terletak di Kabupaten Bulukumba (Kecamatan Ujungloe, Rilau Ale, Kindang dan Bulukumpa) dan juga berpotongan dengan Kabupaten Sinjai (Kecamatan Sinjai Barat dan Sinjai Borong). Ada dua aktivitas yang dilakukan, yaitu pengolahan data dan observasi langsung. Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin. Lokasi penelitian secara spasial dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini dimuat pada Tabel 1. Sebagai berikut:

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam proses penelitian

No	Alat	Kegunaan	Jenis/Tipe
1	Laptop yang dilengkapi dengan <i>software</i> GIS, dan <i>Microsoft Office</i> , <i>SPSS (Statistical Package for Social Sciences)</i>	Untuk melakukan analisis data spasial dan data statistik	Arcgis 10.4, Microsoft 2010, dan SPSS 26
2	Kamera	Untuk dokumentasi lokasi penelitian	Handphone
3	<i>Global Position System (GPS)</i>	Untuk pengimputan titik dan <i>Ground check</i> kejadian kekeringan	Aplikasi GPS
4	Alat tulis menulis	Untuk mencatat data-data hasil pengamatan di lapangan dan laboratorium	-

2.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini dimuat pada Tabel 2. Sebagai berikut:

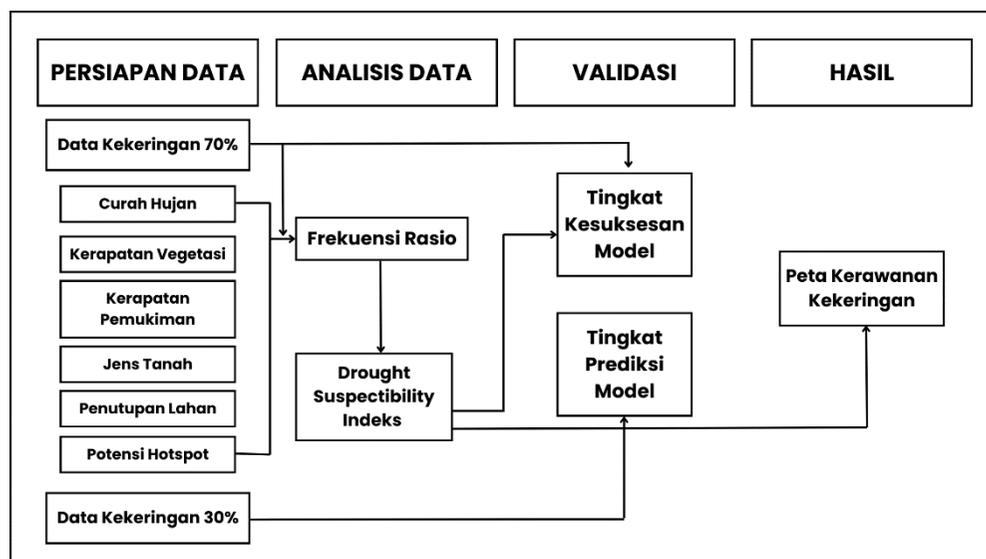
Tabel 2. Bahan yang digunakan dalam proses penelitian

No	Bahan	Kegunaan	Sumber
1	Peta Batas DAS	Peta Lokasi Penelitian	Direktorat Jenderal pengendalian DAS dan hutan lindung tahun 2018
2	Citra Sentinel-2A Tahun 2019-2023	Interpretasi untuk menghasilkan peta tutupan lahan (2019 & 2023) dan identifikasi kekeringan	Satelit Sentinel di Laman Situs Copernicus
3	Data Curah Hujan	Variabel kekeringan	Global Weather dan MERRA NASA- II
4	Kerapatan Vegetasi	Variabel kekeringan	Analisis citra Sentinel-2A
5	Kepadatan Pemukiman	Variabel kekeringan	Analisis citra Sentinel-2A
6	Jenis Tanah	Variabel kekeringan	<i>Data Sistem Lahan (Landsystem) RePPPProt</i>

No	Bahan	Kegunaan	Sumber
7	Titik Hotspot	Variabel kekeringan	Laman Situs Firms Nasa

2.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu persiapan data, analisis data, validasi, serta penyajian hasil penelitian. Secara keseluruhan, tahapan tersebut dapat dilihat pada bagan alur penelitian yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alur Penelitian

2.3.1 Persiapan dan Pengumpulan data

Sebelum melakukan survei lapangan, terdapat beberapa data yang perlu dipersiapkan. Salah satunya adalah citra satelit *sentinel-2A* yang digunakan untuk indeks kekeringan. Indeks *Normalized Difference Drought Index* (NDDI) berperan dalam mendeteksi serta mengevaluasi distribusi spasial daerah yang mengalami kekeringan. Penggunaan *Normalized Difference Drought Index* (NDDI) berbasis citra satelit *Sentinel-2A* dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi kekeringan dengan menganalisis data vegetasi serta kelembaban air di permukaan tanah. NDDI merupakan indeks yang mengombinasikan dua parameter utama, yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Normalized Difference Water Index* (NDWI).

Indeks ini berfungsi untuk memantau tingkat kekeringan dengan mengamati perubahan kondisi vegetasi serta ketersediaan air di permukaan tanah. Studi yang lebih mendalam menunjukkan bahwa penerapan NDDI dalam pemantauan kekeringan di tingkat regional mampu meningkatkan efektivitas dalam mendeteksi area yang rentan terhadap kekeringan. Hal ini dimungkinkan berkat pemanfaatan teknologi citra satelit

yang menyediakan data spasial dan temporal secara lebih luas, sehingga memungkinkan identifikasi kondisi kekeringan dengan akurasi lebih tinggi serta waktu yang lebih tepat. Adapun rumus dalam pengolahan NDDI dapat dilihat pada rumus berikut (Firdaus, dkk., 2024):

$$\text{NDDI} = (\text{NDVI} - \text{NDWI}) / (\text{NDVI} + \text{NDWI})$$

Keterangan:

NDDI : Tingkat kelembaban Suatu Wilayah lahan

NDVI : Kerapatan Vegetasi

NDWI : Kelembaban atau kadar air pada vegetasi dan tanah

Tabel 3. Klasifikasi Tingkat Kekeringan Berdasarkan NDDI (Cahyono, B, E., dkk., 2023).

No.	Klasifikasi Kekeringan	Nilai NDDI
1.	Normal	$\text{NDDI} < 0,01$
2.	Kekeringan Ringan	$0,01 \leq \text{NDDI} < 0,15$
3.	Kekeringan Berat	$0,15 \leq \text{NDDI} < 0,25$
4.	Kekeringan Sedang	$0,25 \leq \text{NDDI} < 1$
5.	Kekeringan Sangat Berat	$\text{NDDI} \geq 1$

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan indeks yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kehijauan tanaman, yang diperoleh dari kombinasi data pada spektrum cahaya merah dan *Near Infrared* (NIR). NDVI telah lama dimanfaatkan sebagai indikator dalam menganalisis keberadaan serta kondisi vegetasi. Rumus untuk menghitung NDVI dapat diperlihatkan sebagai berikut (Firdaus, dkk., 2024):

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

Keterangan:

NIR = radiasi Inframerah dari piksel (*Band 8*)

RED = radiasi Cahaya merah dari piksel (*Band 4*)

Tabel 4. Klasifikasi Tingkat Kekeringan Berdasarkan NDVI (Awaliyan, M, R., dkk., 2018).

No.	Tingkat Kerapatan	Kisaran Nilai NDVI
1.	Lahan Tidak Bervegetasi	-1 – 0,12
2.	Kehijauan Sangat Rendah	0,12 – 0,22
3.	Kehijauan Rendah	0,22 – 0,42
4.	Kehijauan Sedang	0,42 – 0,72
5.	Kehijauan Tinggi	0,72 - 1

Proses pengolahan *Normalized Difference Water Index* (NDWI) dilakukan untuk menentukan indeks kelembaban atau kadar air pada vegetasi dan tanah. NDWI berfokus pada tingkat kelembaban vegetasi dengan memanfaatkan nilai reflektansi dari *band near infrared* (NIR) dan *band shortwave infrared* (SWIR). Rumus untuk menghitung NDWI dapat diperlihatkan sebagai berikut (Firdaus, dkk., 2024):

$$NDWI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$$

Keterangan:

NIR = radiasi Inframerah dari piksel (*Band 8*)

RED = Infrared gelombang pendek (*Band 11*)

Tabel 5. Klasifikasi Tingkat Kekeringan Berdasarkan NDWI (Cahyono, B, E., dkk., 2023).

No.	Klasifikasi Kekeringan	Nilai NDDI
1.	Kekeringan Sangat Berat	$NDWI < 0,02$
2.	Kekeringan Berat	$0,02 \leq NDWI < 0,35$
3.	Kekeringan Sedang	$0,35 \leq NDWI < 0,45$
4.	Kekeringan Ringan	$0,45 \leq NDWI < 0,55$
5.	Normal Data	$NDWI \geq 0,55$

Indeks kekeringan menghasilkan beberapa kategori tingkat kekeringan, yaitu Normal dan Berat. Setiap kategori tersebut menjadi dasar untuk pengamatan langsung di lapangan. Penelitian ini menggunakan teknik pengambilan sampel *Proportionate Stratified Random Sampling* karena dianggap paling sesuai. Dengan lima indeks kekeringan yang digunakan, jumlah titik validasi di lapangan ditentukan berdasarkan luas wilayah kecamatan di lokasi penelitian. Hal ini bertujuan untuk memastikan distribusi titik sampel yang merata. Selain itu, pemilihan titik sampel juga mempertimbangkan aksesibilitas, seperti ketersediaan akses jalan, guna memudahkan proses pengambilan data di lapangan.

Validasi lapangan dilakukan melalui wawancara dengan masyarakat setempat. Penentuan lokasi validasi menggunakan metode *Proportionate Stratified Random Sampling*, di mana titik sampel dipilih berdasarkan kategori dari masing-masing indeks. Pertanyaan dalam kuesioner disusun berdasarkan klasifikasi kekeringan sosial ekonomi yang ditetapkan oleh BNPB. Tampilan kuesioner dapat ditemukan pada Lampiran 2, sementara klasifikasi kekeringan sosial ekonomi BNPB disajikan dalam Tabel 2.6.

Tabel 6. Intensitas kekeringan sosial ekonomi (BNPB, 2016)

No	Kategori	Ketersediaan Air (liter/orang/hari)	Pemenuhan Kebutuhan
1	Tidak Kering (langka terbatas)	>30 - <60	Minum, masak, cuci alat makan/masak, mandi terbatas untuk kebutuhan berkebun
2	Kering (Kritis)	<10	Minum, masak

Untuk menilai tingkat keakuratan hasil analisis dibandingkan dengan hasil validasi lapangan, dilakukan uji akurasi menggunakan metode *confusion matrix* (matriks kesalahan). *Confusion matrix* digunakan untuk menentukan nilai akurasi melalui perhitungan *producer's accuracy*, *user's accuracy*, *overall accuracy*, dan *kappa accuracy*.

Tabel 7. *Confusion Matriks*

Data Acuan (Pengecekan Lapangan)			
	A	B	C
Data Hasil Analisis	A'	Xn	$\sum Xn$
	B'		
Total Baris	$\sum Xn$		N

Keterangan:

A, B, C = Data acuan

A', B', C' = Data hasil klasifikasi

Xn = Data yang diuji

$\sum Xn$ = Jumlah masing masing data acuan

N = Total data yang diuji

Perhitungan akurasi suatu klasifikasi dapat dihitung menggunakan *kappa accuracy* dengan persamaan sebagai berikut:

$$KA = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} x_{+i}}{N^2 \sum_{i=1}^r x_{i+} x_{+i}} \times 100$$

Keterangan:

X_{ii} = Nilai diagonal dari matrix kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i

X_{+i} = Jumlah piksel dalam kolom ke-i

X_{i+} = Jumlah piksel dalam baris ke-i

N = Banyaknya piksel dalam contoh

r = Nomor baris di dalam matrix

2.3.2 Faktor Penyebab terjadinya Kekeringan

Pembuatan peta tingkat kerawanan kekeringan didasarkan pada faktor-faktor yang digunakan dalam analisis, di mana pemilihan faktor penyebab kekeringan disesuaikan dengan ketersediaan data. Oleh karena itu, faktor-faktor tersebut ditentukan berdasarkan penelitian sebelumnya serta ketersediaan data di lokasi kajian. Untuk mengidentifikasi faktor yang memiliki pengaruh terbesar terhadap kejadian kekeringan di DAS Ujungloe, digunakan beberapa variabel, yaitu curah hujan, kerapatan vegetasi, kerapatan permukiman, jenis tanah, penutupan lahan, dan potensi hotspot.

a. Curah Hujan

Curah hujan salah satu faktor penyebab terjadinya kekeringan. Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah dalam periode waktu tertentu, yang diukur dalam satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan horizontal. Secara lebih sederhana, hujan dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul pada area datar yang tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir (Ruswandi, D, 2020). Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari perhitungan rata-rata curah hujan harian selama periode 2019 hingga 2023.

Selanjutnya, data tersebut diolah menggunakan *software* ArcGIS dengan menerapkan metode *Isohyet*. Metode Isohyet adalah teknik yang digunakan untuk memetakan distribusi curah hujan dalam bentuk garis kontur yang menghubungkan titik-

titik dengan jumlah curah hujan yang sama. Metode ini memungkinkan visualisasi yang lebih jelas mengenai variasi curah hujan di suatu wilayah, serta memudahkan identifikasi pola persebaran hujan dalam konteks spasial. Penggunaan ArcGIS untuk analisis ini memungkinkan integrasi data curah hujan dengan data geografis lainnya, sehingga dapat menghasilkan peta yang lebih akurat dan informatif tentang curah hujan di suatu area, yang sangat berguna untuk analisis risiko kekeringan dan pengelolaan sumber daya air (Widyastuti, R., dkk., 2020).

b. Kerapatan Vegetasi

Kerapatan vegetasi merupakan faktor penting yang mempengaruhi terjadinya kekeringan di suatu wilayah. Vegetasi yang lebat berperan dalam mengatur kelembaban tanah melalui proses evapotranspirasi, yang membantu menjaga keseimbangan air di ekosistem. Sebaliknya, ketika vegetasi berkurang atau terganggu, tanah kehilangan kemampuan untuk menyimpan dan mempertahankan air, sehingga meningkatkan risiko kekeringan. Oleh karena itu, menganalisis kondisi vegetasi dengan menggunakan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) sangat penting untuk memahami dampak kekeringan. NDVI adalah indeks yang digunakan untuk mengukur kerapatan vegetasi dengan memanfaatkan perbedaan antara reflektansi cahaya inframerah-dekat (NIR) dan cahaya merah (*Red*) yang dipantulkan oleh permukaan tanah. NDVI dihitung menggunakan rumus (Firdaus, dkk., 2024):

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

Keterangan:

NIR = radiasi Inframerah dari piksel (*Band 8*)

RED = radiasi Cahaya merah dari piksel (*Band 4*)

Nilai NDVI berkisar antara -1 hingga +1. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan vegetasi yang lebih sehat, sementara nilai yang lebih rendah mengindikasikan vegetasi yang stres atau bahkan tidak ada vegetasi, yang sering kali berhubungan dengan kondisi kekeringan. Dengan menggunakan citra *Sentinel-2A*, yang memiliki resolusi spasial yang tinggi (10 meter untuk beberapa band), NDVI dapat dihitung dengan lebih presisi untuk memantau kondisi vegetasi secara terperinci. Citra *Sentinel-2A* juga memiliki cakupan temporal yang baik, memungkinkan analisis perubahan vegetasi dari waktu ke waktu. Dalam konteks kekeringan, penurunan NDVI yang signifikan dapat menandakan stres pada vegetasi akibat kekurangan air. Selain itu, pemantauan NDVI secara berkelanjutan juga dapat membantu memetakan daerah yang rentan terhadap kekeringan di masa depan (Firdaus, dkk., 2024).

c. Kerapatan Pemukiman

Kerapatan permukiman merupakan salah satu faktor yang berperan dalam memperburuk kondisi kekeringan. Semakin padat sebuah permukiman, semakin besar konversi lahan terbuka atau lahan hijau menjadi permukaan keras seperti beton dan aspal, yang tidak dapat menyerap air. Proses ini mengurangi kemampuan tanah untuk menyerap air hujan dan meningkatkan aliran permukaan, yang pada akhirnya memperburuk kondisi kekeringan.

Normalized Difference Built-up Index (NDBI) adalah indeks yang digunakan

untuk mendeteksi area permukiman dan kawasan yang telah dibangun dengan menggunakan citra satelit. NDBI menghitung perbedaan reflektansi antara cahaya gelombang pendek inframerah (SWIR) dan inframerah-dekat (NIR), yang memungkinkan pemetaan area bangunan atau permukiman di suatu wilayah. Rumus NDBI adalah sebagai berikut (Osgouei, P, E., dkk., 2019):

$$\text{NDBI} = (\text{SWIR} - \text{NIR}) / (\text{SWIR} + \text{NIR})$$

Keterangan:

SWIR = reflektansi cahaya gelombang pendek inframerah (*Band 11*)

NIR = radiasi Inframerah dari piksel (*Band 8*)

Nilai NDBI berkisar antara -1 hingga +1, dengan nilai lebih tinggi menunjukkan area yang lebih banyak dilapisi permukaan keras atau permukiman, yang berarti berkurangnya kapasitas tanah untuk menyerap air (Osgouei, P, E., dkk., 2019).

Tabel 8. Klasifikasi Tingkat Kekeringan Berdasarkan NDBI (Permatasari, A, D., dkk., 2017).

No.	Klasifikasi	Nilai NDBI
1.	Non Permukiman	-1 s/d 0
2.	Permukiman Jarang	0 s/d 0,1
3.	Permukiman Rapat	0,1 s/d 0,2
4.	Permukiman Sangat Rapat	0,2 s/d 0.3

d. Jenis Tanah

Jenis tanah merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi tingkat kekeringan di DAS Ujungloe. Karakteristik tanah, seperti tekstur, struktur, dan kapasitas menahan air, menentukan seberapa lama air tersedia bagi tanaman dan ekosistem. Tanah berpasir cenderung memiliki drainase cepat, sehingga meningkatkan risiko kekeringan, sementara tanah lempung mampu menahan air lebih lama namun rentan terhadap retak saat kering (Hillel, 2004).

Klasifikasi tanah merupakan suatu ilmu yang mempelajari cara-cara untuk membedakan sifat-sifat yang terdapat dalam tanah satu sama lainnya, serta mengelompokkan tanah kedalam kelas-kelas tertentu berdasarkan atas kesamaan sifat yang dimilikinya. Klasifikasi tanah dapat dilakukan dengan cara melakukan survei pada tanah yang akan di teliti. Hal ini untuk mengetahui data- data tanah mulai dari sifat kimia, fisik maupun biologi. Tujuan utama dari survei tanah yaitu dapat menyediakan keterangan-keterangan atau informasi tentang berbagai jenis tanah, penyebarannya dan dapat menjadi bahan untuk mengevaluasi lahan yang berpotensi untuk suatu penggunaan tertentu (Risamasu, 2010).

Analisis jenis tanah dalam penelitian ini dilakukan menggunakan data *Data Sistem Lahan (Landsystem) RePPP* serta klasifikasi kemampuan tanah dalam menyimpan air (Soil Survey Staff, 2014). Hasil ini dikombinasikan dengan analisis spasial menggunakan GIS untuk mengidentifikasi wilayah dengan tingkat kerawanan kekeringan yang lebih tinggi.

e. Penutupan Lahan

Data penutupan lahan dalam penelitian ini diperoleh menggunakan citra *Sentinel-2A* yang memiliki resolusi spasial 10 meter, yang sangat efektif untuk pemetaan detail penutupan lahan di wilayah yang lebih luas. Citra ini kemudian digunakan untuk digitasi dan klasifikasi penutupan lahan berdasarkan pedoman yang tertera dalam Juknis 1/PSDH/PLA.1/7/2020, yang merupakan Petunjuk Teknis Penafsiran Citra Satelit Resolusi Sedang untuk Update Data Penutupan Lahan Nasional. Pedoman tersebut memberikan acuan mengenai cara interpretasi citra satelit untuk mengidentifikasi berbagai jenis penutupan lahan seperti hutan, pertanian, lahan terbangun, dan lainnya, yang penting untuk analisis perubahan penutupan lahan dan dampaknya terhadap lingkungan dan sumber daya alam (Awaliyan, R., dkk., 2018).

Setelah dilakukan interpretasi citra, langkah selanjutnya adalah melakukan pengecekan lapangan (*ground check*) untuk memastikan bahwa hasil interpretasi citra sesuai dengan kondisi nyata yang ada di lapangan. Pengecekan lapangan ini bertujuan untuk memvalidasi klasifikasi yang telah dilakukan dan memastikan bahwa hasilnya mencerminkan kenyataan di lapangan. Proses ini sangat penting untuk mengurangi potensi kesalahan dalam klasifikasi citra dan memastikan hasil yang lebih akurat. Setelah pengecekan lapangan dilakukan, uji akurasi dilakukan untuk menilai sejauh mana hasil interpretasi citra tersebut akurat.

Proses uji akurasi ini menggunakan metode yang sama seperti pada citra sebelumnya dalam metode identifikasi sebaran kekeringan, yang dapat mencakup penggunaan *confusion matrix* atau matriks kebingungannya untuk menghitung tingkat kesesuaian antara hasil klasifikasi citra dan data lapangan. Uji akurasi ini membantu dalam menilai ketepatan hasil interpretasi citra, sehingga dapat digunakan dengan lebih tepat dalam analisis lebih lanjut (Kurniawan, E, dkk. 2020).

Tabel 9. *Confusion Matriks* untuk penutupan lahan

		Data Acuan (Pengecekan Lapangan)			
		A	B	C	
Data Hasil Analisis	A'	Xn			$\sum X_n$
	B'				
Total Baris		$\sum X_n$			N

Keterangan:

A, B, C = Data acuan

A', B', C' = Data hasil klasifikasi

Xn = Data yang diuji

$\sum X_n$ = Jumlah masing masing data acuan

N = Total data yang diuji

Proses ini adalah bagian integral dari analisis perubahan penutupan lahan dan pengaruhnya terhadap faktor-faktor seperti kekeringan, karena perubahan penggunaan lahan dapat mempengaruhi retensi air tanah dan siklus hidrologi yang berhubungan dengan kekeringan (Fatiawan, E., dkk., 2024).

f. Potensi Hotspot

Dalam penelitian kekeringan, data potensi hotspot atau titik panas merupakan komponen penting yang dapat membantu memahami hubungan antara kebakaran lahan dan kondisi kekeringan. Salah satu sumber data hotspot yang andal adalah *Fire Information for Resource Management System* (FIRMS) yang dikelola oleh NASA. FIRMS menyediakan data *near real-time* mengenai lokasi dan intensitas kebakaran di seluruh dunia, yang diperoleh dari instrumen MODIS dan VIIRS yang terpasang pada satelit-satelit NASA.

Data hotspot dikategorikan ke dalam tiga tingkat berdasarkan level kepercayaan. Tingkat kepercayaan atau confidence level menggambarkan sejauh mana keyakinan bahwa hotspot yang terdeteksi melalui satelit penginderaan jauh benar-benar mencerminkan kejadian kebakaran yang terjadi di lapangan. Semakin tinggi nilai kepercayaan, semakin besar kemungkinan bahwa hotspot tersebut merupakan titik kebakaran lahan atau hutan yang sebenarnya. Selanjutnya, dalam analisis kerawanan kebakaran, setiap parameter diberikan bobot berdasarkan tingkat kepercayaannya. Bobot ini ditentukan dengan mempertimbangkan seberapa besar pengaruh masing-masing parameter terhadap potensi kebakaran di suatu wilayah. Jika suatu parameter memiliki dampak yang signifikan terhadap tingkat kerawanan kebakaran, maka bobot yang diberikan juga akan lebih besar. Sebaliknya, jika pengaruhnya kecil, bobotnya pun lebih rendah (Saputra, Y, E., dkk., 2024).

Tabel 10. Makna selang kepercayaan dalam informasi potensi hospot (Saputra, Y, E., dkk., 2024)

Parameter	Tingkat Kepercayaan	Skor Bobot
Merah	$80\% \leq C \leq 100\%$ 3	70%
Kuning	$30\% \leq C < 80\%$ 2	20%
Hijau	$0\% \leq C < 30\%$ 1	10%

Formula yang dipakai adalah Skor Total = 0,7 (TM) + 0,2 (TK) + 0,1 (TH).

Keterangan:

TM (Titik Merah) : Titik api dengan tingkat kepercayaan 80%–100%, memiliki bobot 70%.

TK (Titik Kuning) : Titik api dengan tingkat kepercayaan 30%–79%, memiliki bobot 20%.

TH (Titik Hijau) : Titik api dengan tingkat kepercayaan 0%–29%, memiliki bobot 10%.

Berikut adalah klasifikasi potensi hospot skor akhir, menggunakan metode pembobotan hotspot dari tingkat kepercayaan yang telah dijelaskan sebagai berikut (Saputra, Y, E., dkk., 2024):

Tabel 11. Klasifikasi Potensi Hospot

Skor Akhir	Klasifikasi
0 – 1,49	Sangat Rendah
1,50 – 2,49	Rendah
2,50 – 3,49	Sedang
3,50 – 4,49	Tinggi
4,50 – 5,00	Sangat Tinggi

2.4 Analisis Data

Data yang digunakan untuk menganalisis kerawanan kekeringan dengan menggunakan frekuensi rasio (FR) adalah data kejadian kerawanan kekeringan dan faktor penyebab kekeringan yang dimana data tersebut diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Data tersebut ialah data yang penting dalam penelitian ini untuk menghasilkan peta kerawanan kekeringan dan dapat juga diketahui faktor yang paling mempengaruhi terjadinya kekeringan di DAS Ujungloe dan untuk analisis dan perhitungan dilakukan di software Microsoft Office, SPSS, dan ArcGIS.

Pemetaan kerawanan kekeringan dapat dilakukan dengan metode statistik, salah satu metode yang dapat digunakan yaitu metode frekuensi rasio. Frekuensi rasio didasarkan pada hubungan antara lokasi kekeringan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian kekeringan.

Nilai rasio di setiap kelas menunjukkan tingkat hubungan nilai frekuensi rasio yang dihitung dengan rumus (Soma dan Kubota, 2017):

$$FR = \frac{P_{xcL} (nm) / \sum P_{nxL}}{Pixel (nm) / \sum P_{nx}}$$

keterangan:

P_{xcL} = jumlah pixel kejadian kekeringan di dalam kelas n dari parameter m (nm)

Pixel = jumlah pixel di kelas n dari parameter m (nm)

$\sum P_{nxL}$ = total piksel dari parameter m

$\sum P_{nx}$ = keseluruhan piksel dari area

Untuk membuat *Drought Susceptibility Index* (DSI) atau indeks kerentanan kekeringan, semua faktor penyebab dipetakan dalam bentuk peta raster dari nilai Fr kemudian dijumlahkan dengan menggunakan rumus:

$$DSI = Fr1 + Fr2 + \dots + Frn$$

Di mana:

Fr1, Fr2, dan Frn = peta raster frekuensi rasio untuk faktor penyebab kekeringan.

2.5 Validasi Data

DSI akan dianggap valid jika melalui pengukuran metode atau validasi dengan pengujian yang tinggi. Dengan demikian, DSI dapat digunakan untuk menghasilkan DSM atau Peta Kerentanannya terhadap Kekeringan (*Drought Susceptibility Mapping*), baik untuk data eksisting maupun proyeksi. Pengujian sensitivitas dan kinerja metode dilakukan menggunakan kurva *Receiver Operating Characteristic* (ROC). Pada penggambaran ROC, area di bawah kurva *Area Under Curve* (AUC) dihitung untuk menggambarkan kompetensi metode yang digunakan. Area dengan nilai mendekati 1 menunjukkan prediksi yang sukses, sementara nilai di bawah 0,5 menunjukkan prediksi yang rendah. Pada kurva ROC, sumbu X menunjukkan spesifisitas, yaitu probabilitas kesalahan dalam memprediksi titik non-kekeringan, sementara sumbu Y menunjukkan sensitivitas, yaitu tingkat keberhasilan dalam memprediksi lokasi kekeringan (Nahm, F. S., 2022). Validasi ini akan dilakukan menggunakan perangkat lunak *Statistical Program for Social Science* (SPSS) dengan rumus yang diterapkan pada sistem sebagai berikut:

$$AUC = \sum TP + \sum \frac{TN}{P+N}$$

Keterangan:

TP : *True Positive*

TN : *True Negative*

P : jumlah total kekeringan

N : jumlah total non-kekeringan