

# BAB I

## PENDAHULUAN UMUM

### 1.1 Latar Belakang

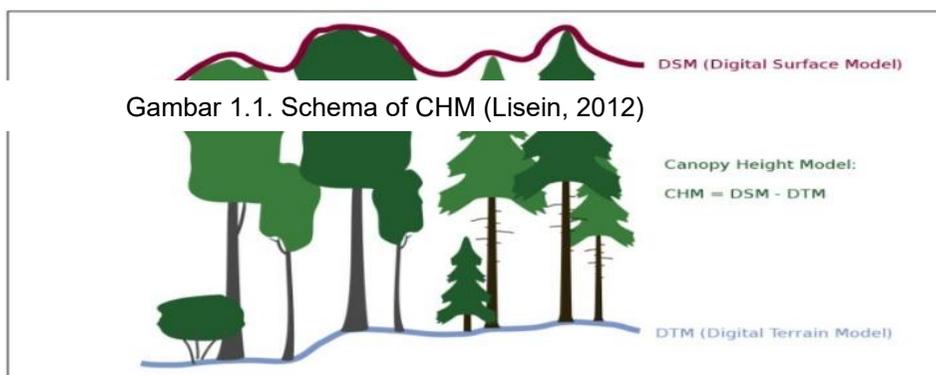
Ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer dan menyimpannya dalam bentuk biomassa serta sedimen. Salah satu aspek penting dalam pengelolaan ekosistem ini adalah estimasi cadangan karbon yang dapat dilakukan dengan bantuan teknologi modern seperti *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Selain itu, ekosistem mangrove berperan sebagai tempat interaksi sosial yang dinamis antara para pihak yang berkepentingan dengan keberadaan mangrove. Mangrove umumnya ditemukan di sepanjang garis pantai terlindung di daerah tropis dan subtropis di mana mangrove memenuhi fungsi sosial-ekonomi dan lingkungan, termasuk penyediaan sejumlah besar hasil hutan kayu dan non-kayu; perlindungan pantai terhadap efek angin, gelombang dan arus air; konservasi keanekaragaman hayati, termasuk sejumlah mamalia, reptil, amfibi dan burung yang terancam punah; perlindungan terumbu karang, hamparan rumput laut dan penyediaan habitat, tempat pemijahan dan nutrisi untuk berbagai ikan dan kerang, termasuk banyak spesies komersial (FAO, 2007). Penutupan mangrove global telah menurun secara signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Antara tahun 1990 dan 2020, diperkirakan terjadi penurunan area mangrove global sebesar 8.600 km<sup>2</sup>, dengan kehilangan tertinggi terjadi di Asia Selatan dan Tenggara seluas 3.870 km<sup>2</sup>. Penyebab utama deforestasi mangrove secara global adalah akuakultur dan pertanian, meskipun dampaknya bervariasi menurut wilayah. Penyebab utama lainnya termasuk perubahan iklim bertahap seperti kenaikan permukaan laut, perubahan curah hujan, dan erosi garis Pantai (Bhowmik et al., 2022). Hutan mangrove merupakan ekosistem pesisir yang memiliki peran strategis dalam mitigasi perubahan iklim global melalui kemampuannya menyimpan dan menyerap karbon. Kawasan pesisir Indonesia, yang memiliki sekitar 23% dari total hutan mangrove dunia, menjadi fokus penting dalam kajian ekologis dan lingkungan. Sebagai negara kepulauan, Indonesia terdiri atas 17.504 pulau dengan panjang pantai sekitar 95.181 km, sebagian besar dari pantai tersebut ditumbuhi oleh hutan mangrove (Kusmana, 2011). Menurut Malik et al. (2020), jenis mangrove yang mendominasi di Kawasan Wisata Mangrove (KWM) Tongke-tongke adalah *Rhizophora apiculata* Blum. dan *Rhizophora mucronata* Lam.

Karbon pada mangrove dipengaruhi oleh faktor perbedaan bentuk vegetasi, kerapatan, jenis, dan pasang surut (Hairiah et al., 2007). Perubahan iklim global telah menjadi ancaman serius bagi ekosistem pesisir, dengan hutan mangrove sebagai salah satu sistem yang paling rentan. Kemampuan ekosistem ini dalam menyerap dan menyimpan karbon membuatnya sangat penting dalam strategi mitigasi perubahan iklim. Setiap ha hutan mangrove dapat menyimpan karbon hingga empat kali lebih banyak dibandingkan dengan hutan tropis daratan, menjadikannya "lambung karbon" yang sangat efektif. Ekosistem mangrove memiliki peran yang krusial dalam pengendalian perubahan iklim dan pelestarian lingkungan. Mangrove tidak hanya berfungsi sebagai habitat bagi berbagai spesies, tetapi juga memiliki kemampuan luar biasa dalam menyimpan karbon. Menurut Alongi (2012), hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem terpenting dalam penyimpanan karbon dan berfungsi sebagai reservoir karbon. Mangrove memiliki kemampuan untuk menyimpan lebih banyak karbon per unit area dibandingkan dengan hutan tropis darat, yang menjadikannya kunci dalam mitigasi perubahan iklim karbon yang terakumulasi di tanah mangrove dapat diukur dalam skala yang bervariasi, tergantung pada faktor lingkungan dan biologis. Mangrove dapat menyimpan karbon dengan efisiensi yang tinggi, sering disebut sebagai karbon biru. Mereka menyimpan karbon dengan cara yang lebih efisien dibandingkan dengan hutan tropis di daratan (Duarte et al., 2005). Indonesia telah berkomitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 29% pada 2030 melalui berbagai strategi konservasi, termasuk preservasi ekosistem mangrove melalui Program *Forestry and Other Land Uses* (FOLU) Net Sink 2030. Indonesia berfokus pada konsep karbon biru yang saat ini menjadi perhatian utama pemerintah, terutama sektor perikanan dan kelautan, dalam upaya mengurangi emisi karbon. Namun demikian, ekosistem mangrove terus menghadapi ancaman degradasi akibat berbagai faktor antropogenik, antara lain konversi lahan untuk pertambakan, pembangunan infrastruktur pesisir, dan dampak perubahan iklim. Stok karbon di mangrove dapat mencapai lebih dari lima kali lipat jumlah karbon yang disimpan oleh hutan darat tropis. Hal ini mengindikasikan bahwa mangrove memainkan peran yang sangat penting dalam penyerapan karbon atmosfer dan dalam upaya untuk mengurangi efek rumah kaca (Kauffman et al., 2011). Cadangan karbon tersimpan pada lima tempat: biomassa atas permukaan tanah, biomassa bawah permukaan tanah, serasah, kayu mati, dan bahan organik tanah. Kelima *carbon pools* tersebut merupakan parameter yang harus diukur untuk menduga cadangan karbon yang tersimpan dalam suatu tipe ekosistem (IPCC, 2003). Menurut Sutaryo (2009)

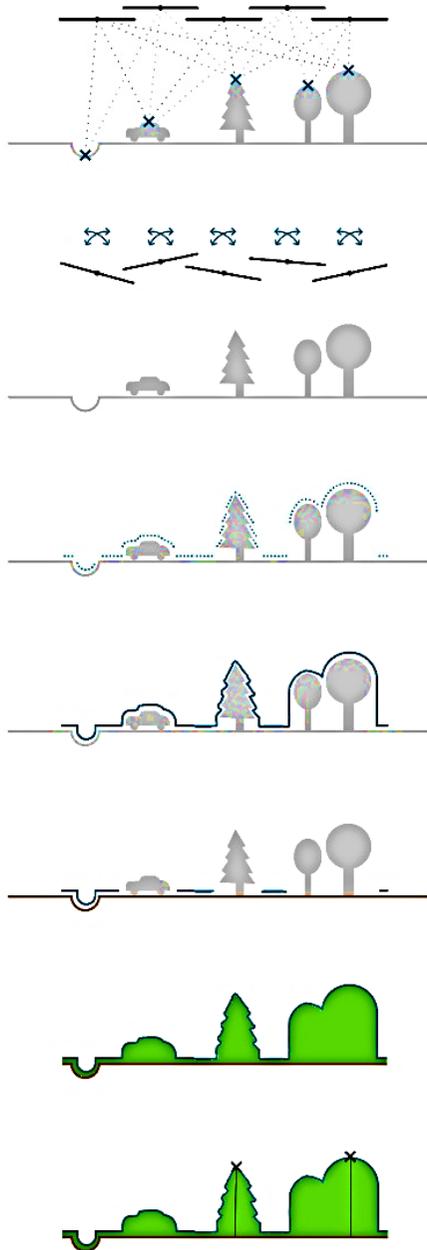
terdapat empat kantong karbon yaitu: *Above Ground Biomass* (AGB), *Below Ground Biomass* (BGB), bahan organik mati, dan karbon tanah.

Teknik fotogrametri *Structure from Motion* (SfM), terutama ketika diintegrasikan dengan data drone, telah muncul sebagai metode yang efektif dan biaya rendah untuk memantau emisi gas rumah kaca dari hutan di negara-negara berkembang. Pendekatan ini memiliki beberapa keuntungan, terutama kemampuannya untuk memberikan data tiga dimensi yang rinci tentang struktur hutan tanpa biaya tinggi yang terkait dengan metode survei tradisional seperti *Light Detection And Ranging* (LiDAR) (Mlambo et al., 2017). Metode survei UAV-SfM yang mudah diulang dan berbiaya rendah dengan menyediakan pendekatan yang lebih cepat dan hemat biaya untuk memantau hutan mangrove di area yang lebih luas daripada survei konvensional di lapangan baik di hutan mangrove alam maupun hutan mangrove hasil penanaman (Navarro et al., 2020). Menurut Basuki et al., (2009), metode destruktif membutuhkan biaya yang tidak sedikit, membutuhkan tenaga kerja yang relatif banyak serta waktu yang lama. Memanfaatkan teknologi UAS untuk memperoleh *Digital Surface Model* (DSM) dan *orthomosaic*, dengan tujuan untuk memperkirakan parameter dendrometri yang penting: tinggi pohon dan DBH. Pendekatan ini didorong oleh kebutuhan akan metode inventarisasi hutan yang efisien, terutama di lingkungan yang menantang di mana metode konvensional membutuhkan tenaga kerja dan mahal (Izuka et al., 2017). Menghitung AGB merupakan salah satu pendekatan untuk menghitung karbon, mengingat 50% dari biomassa adalah karbon. Metode ini dianggap lebih murah, tidak membutuhkan tenaga kerja dan waktu yang banyak. Secara konvensional, estimasi biomassa yang akurat dapat diperoleh dari pengukuran terestrial, tetapi metode tersebut mahal dan memakan waktu. Untuk merumuskan model estimasi biomassa menggunakan citra satelit resolusi menengah, serta mengembangkan peta distribusi biomassa berdasarkan model yang dipilih. Penelitian ini menemukan bahwa *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) memiliki koefisien korelasi yang cukup tinggi lebih besar dari  $>0,7071$  dengan biomassa tegakan (Yusandi et al., 2016). Terdapat dua pendekatan untuk mengestimasi biomassa di atas permukaan dari suatu pohon/hutan yaitu adalah pendekatan langsung dengan membuat persamaan alometrik dan pendekatan tidak langsung dengan menggunakan "*biomass expansion factor*". Meskipun terdapat keuntungan dan kekurangan dari masing-masing pendekatan, tetapi harus diperhatikan bahwa pendekatan tidak langsung didasarkan pada faktor yang dikembangkan pada tingkat tegakan dari hutan dengan kanopi yang tertutup (rapat) dan tidak dapat digunakan untuk membuat estimasi *Individual Tree Canopy* (ITC) (IPCC, 2003). Di antara parameter

biofisik yang digunakan untuk menghitung AGB dan karbon, DBH memegang peranan sangat krusial dalam estimasi biomassa karena DBH mampu menjelaskan 95% dari keragaman biomassa suatu pohon (Gibbs et al., 2007). UAV menghasilkan foto udara resolusi sangat tinggi, citra penginderaan jauh, dan data ketinggian digunakan dalam kombinasi yang berbeda untuk menguji kinerja model ansambel di tiga lokasi penelitian dengan pola spasial yang sangat kontras. Namun, ketika lebih dari dua model dimasukkan, kinerja model ensemble hanya sedikit meningkat dan bahkan turun (Pleșoianu et al., 2020). UAV adalah salah satu teknologi penginderaan jauh yang menjanjikan yang memiliki banyak manfaat seperti, data resolusi spasial yang sangat tinggi, efektivitas biaya, kualitas data yang dapat diandalkan, dan multi temporal. Hasil pemotretan/pengambilan foto udara dapat digunakan untuk pemantauan dan pengelolaan hutan (Kustiyanto, 2019). Teknologi UAV telah membuka pintu untuk pendekatan akuisisi data di bidang kehutanan, citra dataran rendah dari UAV dapat digunakan untuk mengkarakterisasi struktur ekosistem hutan melalui *Canopy Height Model* (CHM). *Schema of CHM* dapat dilihat pada Gambar 1.1 dan *Photogrammetric Workflow* dapat dilihat pada Gambar 1.2 yang menggambarkan tahapan proses pengolahan data image yang berupa foto-foto yang akan menjadi *orthomosaic*.



Gambar 1.1. Schema of CHM (Lisein, 2012)



ArcoTriangulation is performed for each Tie Points by the means of Bundle Block Adjustment

Bundle Block Adjustment compute tie point position and camera poses (position and orientation)

Multiview dense matching operates on each pixels and results on a dense point cloud

DSM<sup>a</sup> is interpolated from dense point cloud  
<sup>a</sup>Digital Surface Model

Co-registration of the DSM with a low resolution topo-DTM<sup>a</sup> is performed by surface matching for the non forested part  
<sup>a</sup>Digital Terrain Model

Combination of DSM and DTM produce the CHM<sup>a</sup>  
<sup>a</sup>Canopy Height Model

Accuracy is investigated comparing CHM with field measurements:

$$H_{CHM} - H_{field} = \Delta H \quad (1)$$

Gambar 1.2. Photogrammetric workflow (Lisein, 2012)

Penelitian terkait estimasi cadangan karbon di atas permukaan pada ekosistem mangrove telah menarik perhatian sejumlah peneliti, sebagaimana diringkaskan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Penelitian Terdahulu Terkait Estimasi Stock Above Ground Biomass Menggunakan UAV

No	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Referensi
1.	<i>Above-ground biomass of mangrove species. I. Analysis of models</i>	<i>the mangroves of Guaratiba (Rio de Janeiro) and Bertioga (Sa'o Paulo), Southeast Brazil.</i>	Soares et al. 2005
2.	<i>Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle</i>		Duarte et al.,2005
3.	<i>Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality</i>		Gibb et al.,2007
4.	<i>Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests</i>	<i>Berau Regency, East Kalimantan, Indonesia.</i>	Basuki et al.,2009
5.	<i>The estimation model of mangrove forest biomass using a medium resolution satellite imagery in the concession area of forest concession company in West Kalimantan</i>	PT. Kandelial Alam dan PT Bina Ovivipari Semesta, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat	Yusandi et al.,2016
6.	<i>Structure from Motion (SfM) Photogrammetry with Drone Data: A Low Cost Method for Monitoring Greenhouse Gas Emissions from Forests in Developing Countries</i>	<i>Meshaw, Devon, UK and University of Edinburgh's Dryden Farm, Scotland, UK</i>	Mlambo et al.,2017
7.	<i>Estimating Tree Height and Diameter at Breast Height (DBH) from Digital surface models and orthophotos obtained with an unmanned aerial system for a Japanese Cypress</i>	<i>Otsu City, Shiga Prefecture, Japan</i>	Lizuka et al. 2017
8.	<i>Estimating Aboveground Biomass/Carbon Stock and Carbon Sequestration using UAV (Unmanned Aerial Vehicle) in Mangrove Forest, Mahakam Delta, Indonesia</i>	<i>Tani Baru Village, Anggana District, Kutai Kartanegara Region, East Kalimantan Province, Indonesia,</i>	Kustianto et al.,2019
9.	<i>Integration of UAV, Sentinel-1, and Sentinel-2 Data for Mangrove Plantation Aboveground Biomass Monitoring in Senegal</i>	<i>the mangrove forest of Senegal in the Sine Saloum and Casamance Deltas</i>	Navarro et al., 2019
10.	<i>Biomass Carbon Stocks Estimation In The Mangrove Rehabilitated Area Of Sinjai District, South Sulawesi, Indonesia</i>	<i>Sinjai District, South Sulawesi, Indonesia</i>	Malik et al.,2020
11.	<i>The application of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) to estimate above-ground biomass of mangrove ecosystems</i>	<i>Western Port (WP) in southern Victoria and Richmond River Estuary (RRE) in northern New South Wales, Australia</i>	Navarro et al.,2020

Dinamika interaksi sosial di kawasan wisata mangrove seringkali berpengaruh besar terhadap pengelolaan sumber daya mangrove. Hubungan antara masyarakat lokal, pengunjung, pemangku kepentingan lainnya dan pengelolaan kawasan tersebut. Penting untuk memahami bagaimana interaksi sosial ini berlangsung, serta pengaruhnya terhadap upaya pelestarian ekosistem. Maka peneliti ini melakukan penelitian di KWM Tongke-tongke untuk mengidentifikasi dan menganalisis model estimasi cadangan karbon dan dinamika interaksi sosial di KWM Tongke-tongke, dengan harapan dapat memberikan rekomendasi bagi pengelolaan yang berkelanjutan dan pelestarian lingkungan. Kawasan wisata mangrove Tongke-tongke memiliki potensi dalam mendukung target nasional dalam FOLU Net Sink 2030, namun membutuhkan pendekatan ilmiah untuk memaksimalkan potensinya. Estimasi cadangan karbon pada kawasan mangrove menghadapi sejumlah kompleksitas metodologis. Variabilitas spasial dan temporal struktur vegetasi, kondisi lingkungan fisik, dan dinamika ekosistem membuat pengukuran yang akurat menjadi sangat menantang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan yang dikemukakan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara menginterpretasi secara horizontal dan vertikal tutupan lahan KWM Tongke-tongke menggunakan data UAV?
2. Bagaimana mengestimasi Cadangan karbon di atas permukaan tanah (*Above Ground Carbon*) KWM Tongke-tongke?
3. Bagaimana menganalisis interaksi sosial menggunakan dinamika sistem pada KWM Tongke-tongke?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan dalah:

1. Menginterpretasi secara horizontal dan vertical tutupan lahan KWM Tongke-tongke dengan menganalisis data UAV;
2. Mengestimasi cadangan karbon di atas permukaan pada KWM Tongke-tongke;
3. Menganalisis interaksi sosial para pihak menggunakan dinamika sistem untuk mengetahui peran dan pengaruh para pihak dalam pengelolaan KWM Tongke-tongke.

#### 1.4 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk:

1. **Ilmiah:** Penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan mengenai penggunaan UAV dalam estimasi cadangan karbon, serta memahami dinamika sosial yang ada di sekitar ekosistem mangrove.
2. **Praktis:** Hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar bagi pengelola kawasan wisata untuk merumuskan kebijakan pengelolaan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.
3. **Lingkungan:** Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya perlindungan ekosistem mangrove sebagai penyerap karbon, serta mendorong tindakan untuk menjaga dan memulihkan area mangrove.
4. **Sosial Ekonomi:** Hasil penelitian dapat memberikan informasi kepada masyarakat lokal mengenai manfaat ekonomi dari menjaga ekosistem mangrove, seperti peningkatan kualitas lingkungan dan pengembangan pariwisata berbasis ekosistem yang bertanggung jawab.
5. **Referensi Kebijakan:** Penelitian dapat menjadi referensi bagi pembuat kebijakan dalam merumuskan strategi konservasi dan pengelolaan sumber daya alam yang lebih baik di kawasan wisata mangrove.

#### 1.5 Kebaruan (Novelty)

Kebaruan (novelty) yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Model interpretasi horizontal dan vertikal tutupan lahan KWM Tongke-tongke menggunakan data UAV;
2. Model interaksi sosial menggunakan dinamika sistem pada KWM Tongke-tongke.

#### 1.6 Kerangka Konseptual

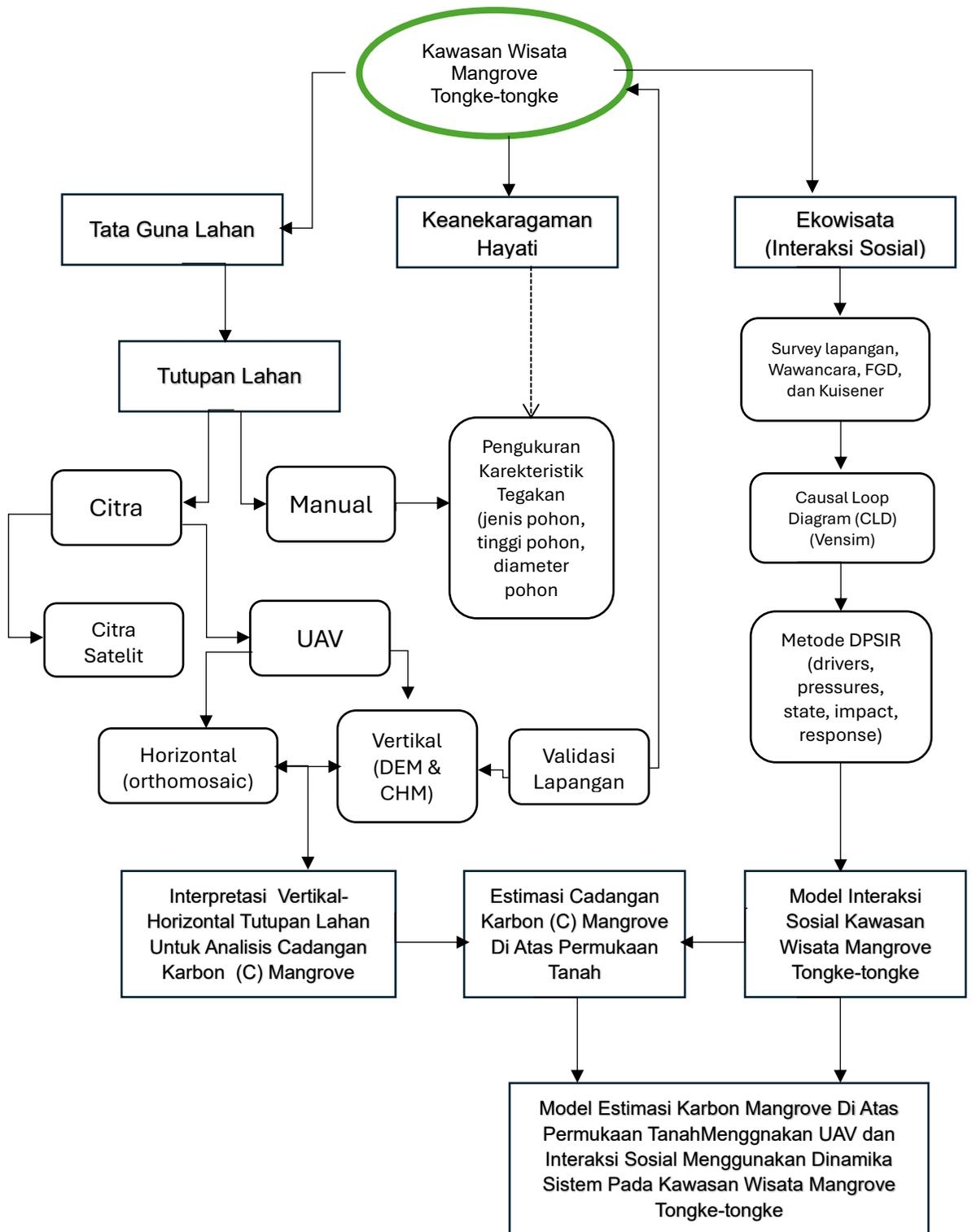
Kerangka Konseptual memberikan gambaran mengenai alur penelitian terkait KWM Tongke-tongke pada Gambar 1.3, setiap langkah penelitian saling berhubungan dan berkontribusi pada pemahaman serta pengelolaan kawasan tersebut. yang mencakup:

1. **Analisis data UAV** digunakan sebagai dasar untuk melakukan **interpretasi tutupan lahan** secara horizontal dan vertikal.
2. Hasil dari analisis tutupan lahan ini mendukung **estimasi cadangan karbon**, yang melibatkan **pengukuran biomassa** untuk menghitung cadangan karbon.

3. Selain itu, ada juga fokus pada **analisis interaksi sosial**, yang mencakup identifikasi para pemangku kepentingan dan penggunaan model dinamika sistem untuk menganalisis peran serta pengaruh mereka dalam pengelolaan kawasan

Penelitian ini dibangun dari hipotesis bahwa ekosistem mangrove tidak hanya sekadar ruang geografis, melainkan suatu sistem kompleks yang melibatkan interaksi dinamis antara komponen ekologis dan sosial. Secara metodologis, penelitian akan menggunakan pendekatan mixed-method yang menggabungkan metode kuantitatif untuk pengukuran cadangan karbon, dan metode kualitatif untuk menganalisis dinamika interaksi sosial. Pengukuran cadangan karbon akan dilakukan melalui sampling vegetasi, perhitungan biomassa atas, serta penggunaan metode allometrik untuk mengestimasi stok karbon pada berbagai zona hutan mangrove.

Output yang diharapkan dari penelitian ini meliputi peta cadangan karbon KWM Tongke-tongke, dan rekomendasi kebijakan konservasi, dan mengembangkan strategi pengelolaan yang berbasis partisipasi masyarakat.



**Gambar 1.3** Kerangka konseptual penelitian

## **BAB II**

### **GAMBARAN UMUM WILAYAH LOKASI PENELITIAN**

#### **2.1 Kondisi Geografis dan Biofisik Wilayah**

Kawasan Wisata Mangrove Tongke-tongke di Kecamatan Sinjai Timur, Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan, merupakan salah satu ekosistem pesisir yang sangat penting di wilayah tersebut. Secara administratif, kawasan ini berada pada koordinat antara 5°12'30" - 5°15'45" Lintang Selatan dan 120°15'20" - 120°18'45" Bujur Timur. Kawasan ini berada di sepanjang pesisir Teluk Bone, yang merupakan wilayah pesisir strategis di bagian timur Pulau Sulawesi. Posisi geografis ini memberikan Kawasan Wisata Mangrove Tongke-tongke peran penting dalam ekosistem pesisir dan kehidupan masyarakat sekitar. luas KWM Tongke-tongke adalah 173,5 ha.

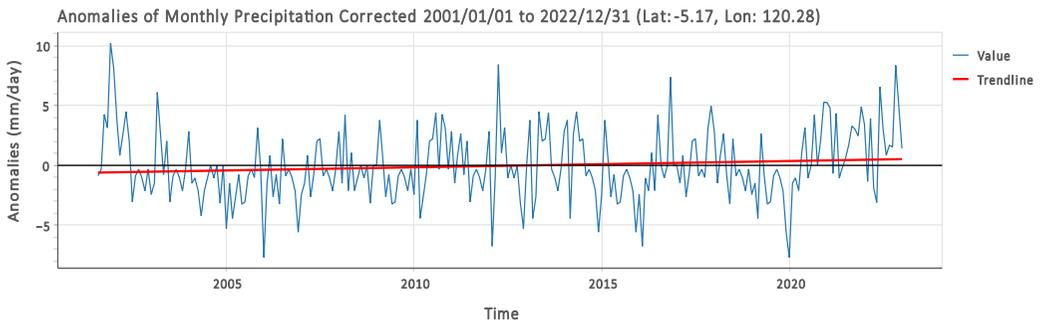
KWM Tongke-tongke menjadi salah satu ekowisata di Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan. Keberadaan kawasan wisata mangrove Tongke-tongke mencegah permukiman penduduk di tepi pantai mengalami banjir dan hantaman ombak dari laut dan menjadi kawasan konservasi, tempat penelitian dan tempat eko wisata masyarakat kabupaten Sinjai dan Masyarakat dari kabupaten lain yang ada di Provinsi Sulawesi Selatan.

Topografi wilayah didominasi oleh area pantai landai dengan ketinggian berkisar antara 0-5 meter di atas permukaan laut, menciptakan kondisi ideal bagi pertumbuhan ekosistem mangrove. Kawasan ini dapat dijangkau dengan kendaraan darat dari pusat Kota Sinjai, dengan jarak sekitar 7 kilometer. Lokasinya yang berada di dekat permukiman masyarakat pesisir menjadikannya mudah diakses.

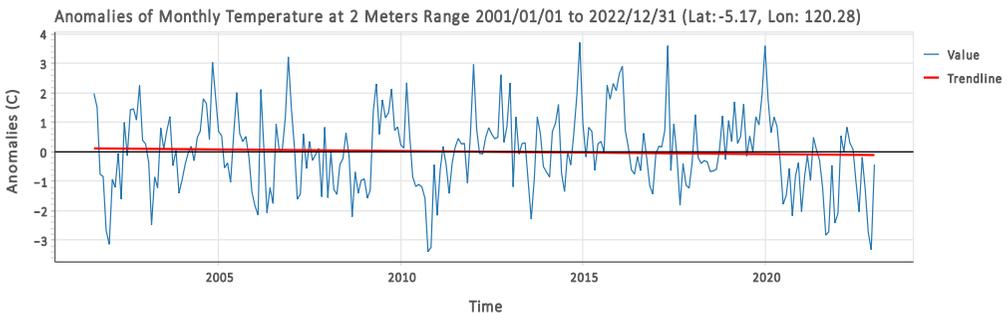
#### **2.2 Kondisi Biofisik**

KWM Tongke-tongke memiliki kondisi biofisik yang unik dan penting untuk ekosistem yang berada di dataran rendah pesisir yang berbatasan langsung dengan laut. Tanah di kawasan ini umumnya merupakan tanah aluvial yang berasal dari endapan lumpur dan pasir halus, yang dibawa oleh aliran sungai dan gelombang laut. Kondisi tanah ini sangat cocok untuk pertumbuhan vegetasi mangrove. Wilayah ini memiliki iklim tropis dengan curah hujan yang cukup tinggi, mendukung pertumbuhan berbagai jenis flora dan fauna mangrove. Adanya perbedaan antara pasang surut air laut menjadi faktor penting dalam sirkulasi nutrisi dan mendukung kelangsungan hidup ekosistem mangrove.

Iklm di Kawasan Wisata Mangrove Tongke-tongke termasuk tipe iklim tropis dengan dua musim utama, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Curah hujan tahunan berkisar antara 2.000-2.500 mm dengan tempratur suhu udara rata-rata berkisar 26-32 derajat Celsius (Gambar 2.1. dan Gambar 2.2.). Kondisi iklim ini sangat mendukung pertumbuhan vegetasi mangrove yang ada di wilayah tersebut.



**Gambar 2.1.** Anomali curah hujan di KWM Tongke-tongke periode tahun 2001-2022 berdasarkan Satelit Merra-2 NASA.



**Gambar 2.2.** Anomali suhu di KWM Tongke-tongke Periode Tahun 2001-2022 berdasarkan satelit Merra-2 NASA.

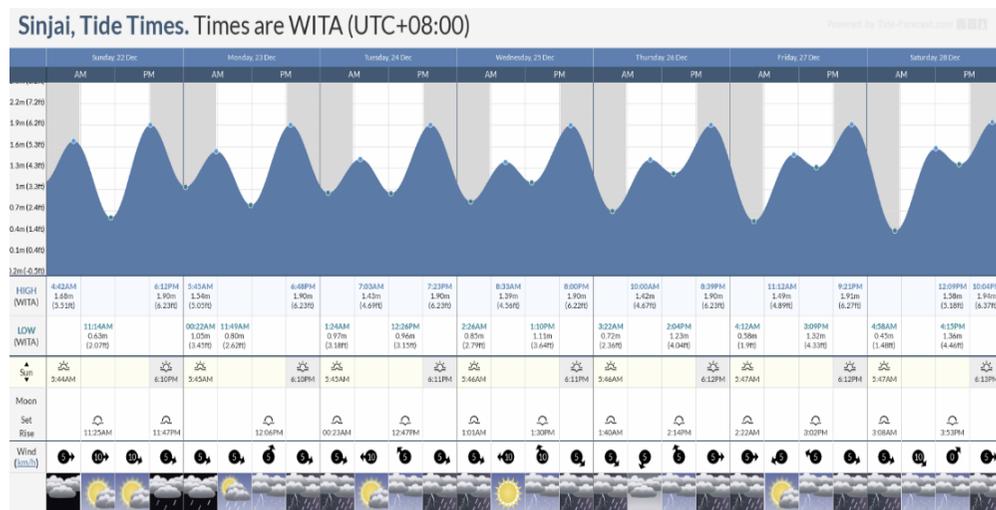
Grafik curah hujan pada Gambar 2.1 menunjukkan fluktuasi nilai anomali curah hujan dari tahun ke tahun, dengan beberapa puncak anomali positif dan negatif yang terjadi pada waktu-waktu tertentu. Nilai anomali curah hujan menggambarkan penyimpangan curah hujan bulanan dari kondisi normalnya yang dapat mengindikasikan adanya perubahan pola curah hujan. Meskipun demikian, terlihat ada tren meningkat dalam anomali curah hujan sejak tahun 2020 hingga saat ini. Pola penciptaan iklim mikro yang terjadi pada KWM Tongke-tongke merupakan representatif mitigasi iklim.

Begitupula dengan kondisi suhu udara di wilayah KWM Tongke-tongke (Gambar 2.2), grafik menunjukkan anomali suhu udara. Hal ini dipengaruhi oleh faktor vegetasi

yang ada yang dapat mempengaruhi suhu ruang pada wilayah yang bervegetasi dan tidak bervegetasi mangrove. Dalam tren yang terjadi suhu udara cukup terkontrol dari tahun ketahun pada wilayah kawasan wisata mangrove Tongke-tongke, hal ini menunjukkan pengaruh dari tingkat serapan karbon yang ada pada vegetasi mangrove itu sendiri.

Komposisi tanah didominasi oleh jenis tanah alluvial dan pasir berlumpur, yang merupakan substrat ideal untuk ekosistem mangrove. Karakteristik tanah ini memungkinkan berbagai spesies mangrove untuk tumbuh dengan baik, seperti *Rhizophora sp* yang tumbuh di KWM Tongke-tongke.

KWM Tongke-tongke memiliki pola pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide, prevailing semidiurnal*), yang berarti dalam 24 jam terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda. Kisaran pasang surut (tidal range) di kawasan ini sekitar 1-2 meter. Kondisi pasang surut ini sangat mempengaruhi distribusi dan pertumbuhan mangrove di kawasan tersebut, serta berperan penting dalam transportasi nutrisi dan propagul mangrove. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.3



**Gambar 2.3.** Pasang surut air laut di KWM Tongke-tongke periode Tahun 2001-2022 berdasarkan satelit Merra-2 NASA

Ekosistem mangrove dan pasang surut air laut memiliki hubungan yang kompleks dan saling bergantung dalam ekosistem pesisir. Pasang surut berperan sebagai faktor pengendali utama dalam distribusi spasial dan zonasi mangrove. Pola pasang surut menentukan durasi penggenangan, yang selanjutnya mempengaruhi distribusi spesies mangrove sesuai dengan toleransi mereka terhadap salinitas dan periode

penggenangan. Pasang surut juga memfasilitasi transportasi nutrien dan sedimen yang esensial bagi pertumbuhan mangrove. Saat pasang, air membawa material organik dan sedimen ke dalam ekosistem, sementara saat surut terjadi pencucian material beracun dan aerasi tanah. Proses ini menciptakan kondisi edafik yang sesuai bagi pertumbuhan mangrove. Pasang surut berperan vital dalam dispersal propagul, memungkinkan regenerasi alami dan kolonisasi area baru. Sebaliknya, mangrove memberikan jasa ekosistem penting terkait dinamika pasang surut. Sistem perakaran yang kompleks meredam energi gelombang, mengurangi erosi pantai, dan menstabilkan sedimen. Fungsi ini sangat penting dalam melindungi wilayah pesisir dari dampak negatif dinamika pasang surut, terutama dalam konteks perubahan iklim dan kenaikan muka air laut.

Secara ekologis, Kawasan Wisata Mangrove Tongke-tongke memiliki fungsi strategis sebagai kawasan penyangga antara ekosistem laut dan daratan. Wilayah ini berfungsi sebagai daerah asuhan (*nursery ground*) bagi berbagai biota laut, tempat berlindung dan mencari makan bagi satwa pesisir, serta berperan penting dalam mencegah abrasi dan intrusi air laut. Kawasan ini telah ditetapkan sebagai salah satu kawasan konservasi oleh Pemerintah Daerah Kabupaten Sinjai. Berbagai upaya pelestarian dan rehabilitasi terus dilakukan untuk menjaga keberlanjutan ekosistem yang sangat penting ini, baik melalui program pemerintah maupun keterlibatan lembaga swadaya masyarakat.

### **2.3 Kondisi Sosial Ekonomi**

Kawasan Wisata Mangrove (KWM) Tongke-tongke ini terletak di Desa Tongke-tongke dan Desa Samataring tepatnya di Kecamatan Sinjai Timur. Desa ini dihuni oleh 4.503 Jiwa atau 1.288 Kepala Keluarga berdasarkan data Badan Pusat Statistik Tahun 2023. Mayoritas masyarakat beragama Islam menurut catatan Kementerian Agama Kabupaten Sinjai. Berdasarkan mata pencaharian masyarakat di sekitar kawasan ini, mayoritas berprofesi sebagai nelayan dan petani tambak. Masyarakat memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap ekosistem mangrove, baik secara langsung maupun tidak langsung. Beberapa aktivitas masyarakat termasuk penangkapan ikan, budidaya perikanan, dan kegiatan konservasi berbasis masyarakat. Ekonomi masyarakat Tongke-tongke sebagian besar bertumpu pada sektor perikanan, baik tangkap maupun budidaya, serta pemanfaatan sumber daya alam dari kawasan mangrove. Masyarakat memanfaatkan hasil mangrove, seperti kepiting bakau, udang, dan ikan, yang memiliki nilai ekonomis

tinggi. Budidaya tambak juga menjadi salah satu mata pencaharian utama yang berkontribusi pada pendapatan keluarga.

Beberapa masyarakat juga memanfaatkan potensi ekowisata mangrove sebagai sumber penghasilan tambahan. Dengan adanya jalur wisata berupa jembatan kayu yang melintasi hutan mangrove, wisatawan dapat menikmati keindahan alam sekaligus belajar tentang ekosistem mangrove. Pendapatan dari ekowisata ini turut membantu meningkatkan taraf hidup masyarakat setempat. Namun, masyarakat juga menghadapi tantangan ekonomi seperti keterbatasan akses ke pasar yang lebih luas dan kurangnya dukungan teknologi modern dalam budidaya. Upaya diversifikasi ekonomi sering terkendala oleh minimnya pelatihan dan akses permodalan.

Aksesibilitas menuju kawasan relatif mudah, dengan jarak sekitar 15-20 kilometer dari pusat Kota Sinjai. Terdapat jaringan jalan yang cukup baik dan sarana transportasi yang memadai, memudahkan akses peneliti, pengembang, dan masyarakat untuk mencapai KWM Tongke-tongke.