

SKRIPSI
PREDIKSI CADANGAN KARBON DI ATAS
PERMUKAAN PADA TEGAKAN MANGROVE DI
WILAYAH PESISIR KABUPATEN SINJAI TAHUN 2031

Disusun dan Diajukan Oleh:

SEHRYNA ISHAK

M011191044



PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN

**PREDIKSI CADANGAN KARBON DI ATAS PERMUKAAN PADA
TEGAKAN MANGROVE DI WILAYAH PESISIR KABUPATEN SINJAI**

TAHUN 2031

Disusun dan Diajukan Oleh

SEHRYNA ISHAK

M011191044

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan

Fakultas Kehutanan

Universitas Hasanuddin

Pada Tanggal 3 November 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,


Pembimbing Utama



Dr. Ir. Roland A. Barkey

NIP. 19540614198103 1 007

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Ir. Daud Malamassam, M. Agr. IPU

NIP. 1954020919780 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Kehutanan,



Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P

NIP. 19680410199512 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Schryna Ishak
Nim : M011191044
Program Studi : Kehutanan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

“Prediksi Cadangan Karbon di Atas Permukaan pada Tegakan Mangrove di Wilayah Pesisir Kabupaten Sinjai Tahun 2031”.

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Makassar, 3 November 2023



Schryna Ishak

ABSTRAK

Sehryna Ishak (M011191044). Prediksi Cadangan Karbon di Atas Permukaan pada Tegakan Mangrove di Wilayah Pesisir Kabupaten Sinjai Tahun 2031 di bawah bimbingan Roland A. Barkey dan Daud Malamassam.

Mangrove memiliki peran penting dalam mengurangi jumlah karbon di atmosfer, namun dikarenakan adanya penurunan luas lahan mangrove di wilayah pesisir Kabupaten Sinjai, maka dari waktu ke waktu potensi mangrove dalam menyerap karbondioksida (CO_2) juga semakin menurun. Data terkait informasi potensi serapan karbon pada sebaran tegakan mangrove di wilayah pesisir Kabupaten Sinjai masih kurang tersedia. Tujuan penelitian ini adalah memprediksi cadangan karbon tegakan mangrove tahun 2031 berdasarkan hasil identifikasi tutupan tegakan mangrove tahun 2015-2023, proyeksi tutupan tegakan mangrove tahun 2031 dan nilai cadangan karbon tegakan mangrove tahun 2031 di wilayah pesisir Kabupaten Sinjai, evaluasi kesesuaian tutupan tegakan mangrove hasil proyeksi dengan rencana pola ruang Kabupaten Sinjai tahun 2032. Penelitian dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Cellular Automata* dan ANN untuk memproyeksikan tutupan mangrove tahun 2031. Kemudian menggunakan pendekatan allometrik dalam menghitung biomassa dan cadangan karbon tegakan mangrove tahun 2023. Dalam menentukan plot sampel digunakan indeks vegetasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) untuk menentukan kerapatan. Hasil penelitian diperoleh luas tutupan tegakan mangrove pada tahun 2015-2023 mengalami penurunan sebesar 36.88 hektar. Hasil proyeksi tutupan tegakan mangrove tahun 2031 menunjukkan bahwa penurunan luasan tegakan mangrove masih berlanjut sehingga nilai cadangan karbon tegakan mangrove pada tahun 2031 lebih rendah dibandingkan dengan tahun 2023. Rencana pola ruang Kabupaten Sinjai Tahun 2032 masih sesuai dengan tutupan tegakan mangrove dengan tingkat kesesuaian adalah 77%.

Kata kunci: Allometrik, cadangan karbon, mangrove, NDVI, prediksi

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di wilayah Pesisir Kabupaten Sinjai. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan masa studi pada Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung penulis selama proses pengerjaan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Bapak **Dr. Ir. Roland A. Barkey** dan bapak **Prof. Dr. Ir. Daud Malamassam, M. Agr, IPU.** selaku dosen pembimbing I dan pembimbing II atas segala tanggung jawab, waktu, saran, masukan, dan dukungan yang diberikan kepada penulis hingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.
2. Bapak **Chairil A, S.Hut., M.Hut.,** bapak **Dr. Ir. Syamsuddin Millang, M.S.,** dan bapak **Ahmad Rifqy Makkasau, S.Hut., M.Hut.** selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan yang perlu diperbaiki, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi menyempurnakan skripsi ini.

Makassar, 3 November 2023

Sehryna Ishak

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulisan skripsi ini tidak hanya usaha penulis sendiri, melainkan terdapat beberapa pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga dan Orang tua, yang selalu mengingatkan dalam mengerjakan skripsi dan memberikan fasilitas yang menjamin selama penulisan skripsi ini.
2. Bapak/Ibu **dosen Fakultas Kehutanan** yang memberikan ilmu dan mendidik dengan penuh tanggung jawab serta **Staf Fakultas Kehutanan** yang melayani pengurusan administrasi selama berada di lingkungan Fakultas Kehutanan.
3. Teman-temanku yang sudah membantu dalam turun lapangan, **Jeamshen Christian S.Hut, Connyetta Valentina P S.Hut, Egi Andery T.T S.Hut, Refly S.Hut, dan Fachrul M Irfandi S.Hut.**
4. Teman angkatan 2019 yang selalu membantu, **Alif Fitrah S.Hut, Greys Enafil Nipi S.Hut, Hasniar Ulang Dari S. Hut, Heidy Angela S.Hut, Megi Toto S.Hut, A. Muhammad Syahrul S.Hut, dan Rifky Nur Ilham S.Hut.**
5. Sahabat ku yang selalu memberi semangat dan selalu mengingatkan dalam mengerjakan skripsi walaupun berdomisili didaerah yang jauh dari Makassar, **Estherina Milennikasari S.Pd dan Mitchel Haulgan S., A. Md.**
6. Teman-teman dan keluarga besar Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan, khususnya **Adit Rinaldi Mponoi S.Hut, Adwan Na'iemurrahman S.Hut, Yunus Furqan Ramdani R. S.Hut, dan Muh. Iriansyah Akram S.Hut** yang telah mengajarkan banyak hal dan membantu dalam menghadapi kendala selama penulisan skripsi ini.
7. Kepada **Jeamshen Christian S.Hut** yang selalu menemani, membantu, mendukung, dan memberi semangat selama masa perkuliahan dan penulisan skripsi ini hingga selesai.

DAFTAR ISI

	Halaman
SKRIPSI.....	1
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1. Mangrove.....	3
2.1.1 Habitat Mangrove.....	3
2.1.2 Karbon pada Mangrove.....	4
2.2 Penutupan lahan.....	5
2.2.1 Citra Satelit Sentinel-2	5
2.2.2 Interpretasi Citra.....	7
2.3 Perhitungan Biomassa	8
2.3.1 Penentuan Sampling Plot	9
2.3.2 Pengukuran di Lapangan.....	10
2.3.3 Allometrik	10
2.4 Proyeksi Tutupan Tegakan Mangrove.....	11
2.4.1 Quantum GIS (QGIS)	12
2.4.2 <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)	13

2.5.	Prediksi Cadangan Karbon Tegakan Mangrove.....	14
2.6.	Rencana Pola Ruang.....	15
2.7	Alur Tahapan Penelitian.....	17
III.	METODE PENELITIAN.....	18
3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	18
3.2	Alat dan Bahan.....	20
3.2.1	Pengolahan Citra.....	20
3.2.2	Alat.....	21
3.2.3	Bahan.....	21
3.3	Pengumpulan Data.....	22
3.4	Prosedur Penelitian.....	22
3.4.1	Proyeksi Tutupan Mangrove 2031.....	23
3.4.2	Pengukuran Data Lapangan.....	25
3.4.3	Prediksi Cadangan Karbon Tegakan Mangrove.....	27
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1	Tutupan Tegakan Mangrove.....	29
4.2	Proyeksi Tutupan Tegakan Mangrove Tahun 2031.....	29
4.3	Hasil Pengukuran Biomassa dan Karbon Tegakan Mangrove.....	34
4.4	Prediksi Cadangan Karbon Tegakan Mangrove.....	35
4.5	Kesesuaian Tutupan Tegakan Mangrove Terhadap Rencana Pola Ruang Kabupaten Sinjai Tahun 2032.....	36
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1	Kesimpulan.....	38
5.2	Saran.....	38
	DAFTAR PUSTAKA.....	39
	LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Hal
Tabel 1.	Panjang Gelombang dan Resolusi Spasial 13 Band pada Citra Sentinel-2	6
Tabel 2.	Jumlah Titik Sampel Berdasarkan Skala Peta	9
Tabel 3.	Rentang Klasifikasi NDVI	10
Tabel 4.	Persamaan Allometrik yang digunakan dalam Pendugaan Biomassa Jenis Tegakan Mangrove.....	26
Tabel 5.	Hasil Rekapitulasi Pengukuran Cadangan Karbon Tegakan Mangrove pada Tiap Plot Tahun 2023.....	34
Tabel 6.	Biomassa dan Cadangan Karbon pada Tiap Jenis Kerapatan Indeks Vegetasi NDVI.....	35
Tabel 7.	Nilai Total Cadangan Karbon Tahun 2023 dan 2031.....	36
Tabel 8.	Luas Kesesuaian Tutupan Tegakan Mangrove dengan Rencana Pola Ruang Kabupaten Sinjai.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Hal
Gambar 1.	Analisa Cadangan Karbon.....	14
Gambar 2.	Alur Tahapan Penelitian.....	17
Gambar 3.	Peta Kecamatan Kabupaten Sinjai	19
Gambar 4.	Peta Jarak dari Jalan	31
Gambar 5.	Peta Jarak dari Sungai	32
Gambar 6.	Peta Jarak dari Permukiman.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Hal
Lampiran 1.	Indeks Vegetasi NDVI Tegakan Mangrove di Wilayah Pesisir Kabupaten Sinjai Tahun 2023.....	45
Lampiran 2.	Peta Letak Titik Plot Sampel Lapangan.....	47
Lampiran 3.	Titik Koordinat Letak Plot Penelitian.....	48
Lampiran 4.	Peta Tegakan Mangrove Tahun 2015 Wilayah Pesisir Kab. Sinjai.....	49
Lampiran 5.	Peta Tegakan Mangrove Tahun 2019 Wilayah Pesisir Kab. Sinjai.....	50
Lampiran 6.	Peta Tegakan Mangrove Tahun 2023 Wilayah Pesisir Kab. Sinjai.....	51
Lampiran 7.	Peta Tegakan Mangrove Hasil Proyeksi CA dan ANN Tahun 2023 Wilayah Pesisir Kabupaten Sinjai.....	52
Lampiran 8.	Peta Tegakan Mangrove Tahun 2031 Wilayah Pesisir Kab. Sinjai.....	53
Lampiran 9.	Peta Rencana Pola Ruang Kabupaten Sinjai.....	54
Lampiran 10.	Peta Kesesuaian Tutupan Tegakan Mangrove Terhadap Rencana Pola Ruang di Kabupaten Sinjai.....	55
Lampiran 11.	Data Perhitungan Biomassa dan Karbon Tegakan Mangrove Per Plot.....	56

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mangrove memiliki peran penting dalam mengurangi jumlah karbon di atmosfer. Karbon yang diserap disimpan dalam bentuk biomassa mangrove pada bagian daun, batang, dan tanah (Donato, dkk., 2012). Rata-rata estimasi karbon tegakan mangrove sebesar 197,36 ton C/ha (Windarni & Setiawan, 2018), jumlah ini jauh lebih besar jika dibandingkan dengan tegakan pohon pada hutan lahan kering yang hanya mampu menyimpan karbon sebesar 27,18 ton C/ha, sehingga mangrove patut menjadi pertimbangan dalam upaya pelestarian alam (Heriyanto & Siregar, 2007). Saat ini eksistensi mangrove semakin menurun karena adanya perubahan lahan mangrove yang tidak sesuai peruntukannya terutama di wilayah pesisir (Husna, dkk., 2018).

Kabupaten Sinjai merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan yang daerah kondisi mangrovenya cukup mengkhawatirkan, terutama wilayah pesisir bagian Tenggara, dimana terjadi konversi lahan mangrove menjadi non-mangrove, serta berkurangnya rehabilitasi yang dilakukan oleh masyarakat ataupun pemerintah (Ikbal, dkk., 2019). Upaya rehabilitasi mangrove di Kabupaten Sinjai telah dilakukan sejak tahun 1984 atas prakarsa masyarakat setempat (Amri, 2008). Data terkait informasi potensi cadangan karbon pada tegakan mangrove di wilayah pesisir Kabupaten Sinjai masih kurang tersedia. Maka dari itu perlu mengetahui perubahan tutupan mangrove di Kabupaten Sinjai untuk kemudian dilakukan prediksi cadangan karbon berdasarkan perubahan luasan tegakan mangrove.

Analisis perubahan penutupan lahan dapat dilakukan dengan pendekatan *Cellular Automata* dan ANN (Munibah, 2008), yang akan melakukan proyeksi 8 tahun kedepan (2023-2031). Proyeksi ke tahun 2031 didasari oleh penelitian Suharti, dkk., (2016) yang melaksanakan penelitian pada tahun 2015 menyatakan bahwa mangrove di Kabupaten Sinjai masih mengalami tekanan tinggi, terutama akibat perluasan daerah tambak, dan pendekatan rencana pola ruang tahun 2032. Proyeksi tahun 2031 menggunakan data citra sentinel-2 tahun 2015 dan 2019, dan melakukan proyeksi ke tahun berikutnya yaitu tahun 2023-2031. Hasil proyeksi

tahun 2023 (referensi) dilakukan validasi model dengan peta interpretasi tahun 2023 yang akan menjadi acuan dalam melakukan proyeksi tahun 2031. Perhitungan cadangan karbon tegakan mangrove tahun 2023 dilakukan dengan pendekatan allometrik dengan bantuan indeks vegetasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) untuk menentukan kerapatan tegakan dalam menentukan plot sampel. Pendekatan allometrik digunakan untuk menghitung biomassa di atas permukaan tanah. Nilai biomassa dilapangan akan menentukan nilai cadangan karbonnya (Arindi, 2018).

Berdasarkan uraian tersebut, dalam penelitian ini penulis mengangkat judul **“Prediksi Cadangan Karbon di Atas Permukaan pada Tegakan Mangrove di Wilayah Pesisir Kabupaten Sinjai Tahun 2031.”**

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan penelitian ini adalah untuk memprediksi cadangan karbon tegakan mangrove di atas permukaan pada tahun 2031, berdasarkan hasil:

1. Identifikasi tutupan tegakan mangrove tahun 2015-2023 di wilayah pesisir Kabupaten Sinjai.
2. Proyeksi tutupan tegakan mangrove tahun 2031 dan nilai cadangan karbon tegakan mangrove tahun 2031 di wilayah pesisir Kabupaten Sinjai.
3. Evaluasi kesesuaian tutupan tegakan mangrove hasil proyeksi dengan rencana pola ruang Kabupaten Sinjai tahun 2032.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi data dan informasi baru tentang potensi cadangan karbon pada tegakan mangrove di wilayah pesisir Kabupaten Sinjai dan untuk selanjutnya diharapkan dapat bermanfaat sebagai bahan pertimbangan dalam revisi rencana pola ruang di Kabupaten Sinjai. Hasil dari penelitian ini juga diharapkan menjadi referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mangrove

Dalam Undang-Undang Nomor 41 tahun 1999 diuraikan bahwa mangrove merupakan vegetasi yang tumbuh di atas pasir atau lumpur yang berada diantara garis pasang surut dan pantai karang.

2.1.1 Habitat Mangrove

Baehaqie dan Indrawan (1993) menyatakan bahwa mangrove biasanya ditemukan di muara sungai, daerah pasang surut dan tepi laut, yang berfungsi dalam menahan abrasi pantai, penyedia pangan bagi masyarakat di wilayah dan sebagai sumber energi bagi makhluk hidup di daerah pantai seperti plankton, nekton, dan algae. Karakteristik dari mangrove adalah habitat tumbuhan unik yang memiliki jenis tanah berlumpur, berlempung, atau berpasir. Memiliki jenis pohon yang relatif sedikit dan mempunyai akar yang tidak beraturan (*pneumatofora*) misalnya bakau *Rhizophora spp.* yang memiliki akar dengan jangkar melengkung serta menjulang (Rahim S & Dewi K., 2017).

Mangrove sanggup beradaptasi terhadap kadar oksigen yang rendah, terhadap kadar garam yang tinggi serta terhadap tanah yang kurang stabil dan pengaruh pasang surut (Bengen, 2000). Pohon-pohon mangrove mempunyai adaptasi terhadap kadar garam yang tinggi, hal itu dapat dilihat dari struktur daunnya yaitu memiliki sel-sel khusus dalam daun yang berfungsi untuk menyimpan garam, berdaun tebal dan kuat sehingga banyak mengandung air untuk mengatur keseimbangan garam didalamnya, kemudian daunnya memiliki struktur stomata khusus untuk mengaruhi penguapan (Kustanti, dkk., 2011). Flora mangrove, baik komponen mayor maupun minor mangrove akan tumbuh dengan baik tanpa dipengaruhi oleh kadar garam air, namun jika air terlalu asin maka mangrove tidak dapat tumbuh terlalu tinggi. Hal yang harus diperhatikan bahwa spesies mangrove dapat tumbuh lebih cepat pada air tawar dibandingkan dengan di air yang mengandung garam atau asin.

2.1.2 Karbon pada Mangrove

Salah satu fungsi ekologis hutan mangrove adalah penyerap dan penyimpanan karbon (C), mangrove menyerap karbondioksida (CO₂) pada saat proses fotosintesis, kemudian mengubahnya menjadi karbohidrat dengan menyimpannya dalam bentuk biomassa pada akar, batang pohon, serta daun. Bagian pohon yang memiliki kandungan biomassa karbon terbesar adalah bagian batang (Purnobasuky H., 2012). Hal ini dikarenakan bagian batang merupakan bagian berkayu dan menjadi tempat penyimpanan cadangan makanan dari hasil proses fotosintesis. Hasil dari fotosintesis ini yang akan digunakan oleh tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan kearah vertikal dan horizontal. Maka dari itu, besar kecilnya diameter pohon disebabkan oleh penyimpanan biomasa hasil konversi CO₂ yang diserap pohon tersebut (Cahyaningrum, dkk., 2014).

Tanaman mangrove memiliki banyak daun sehingga berpotensi menyerap karbon lebih banyak dibandingkan dengan tanaman lainnya. Satu hektar hutan mangrove dapat menyerap 110 kilogram karbon, dimana sepertiganya dilepaskan kedalam lumpur. Substrat lumpur mangrove juga memiliki potensi besar dalam menyimpan karbon. Selain melindungi daerah pesisir dari abrasi, akar tanaman mangrove dapat menyerap emisi di lautan dan udara karena memiliki sistem akar napas dan keunikan struktur tumbuhan pantai (Rahim S dan Dewi K., 2017). Menurut Infogafis forestnew substrat lumpur dapat menyerap karbon sebesar 70% dan hanya 30% karbon pada tumbuhan atas.

Ekosistem mangrove mempunyai peran sebagai penyerap karbondioksida (CO₂) di udara, namun dengan adanya perubahan tata guna lahan dan deforestasi saat ini menyebabkan emisi CO₂ diatmosfer meningkat. Jika terdapat penebangan hutan mangrove akan menyebabkan adanya pembebasan karbon, endapan ini akan tetap terisolasi selama ribuan tahun. Maka dari itu, jika terdapat perubahan lahan mangrove menjadi lahan lain seperti tambak udang, maka akan mempercepat pelepasan karbon ke atmosfer. Salah satu upaya dalam mereduksi dan menurunkan adanya pemanasan global di dunia adalah evapotranspirasi hutan mangrove. Dimana hutan mangrove dapat menjaga kelembaban dan curah hujan suatu kawasan, sehingga keseimbangan iklim mikro terjaga (Dadun S., 2009). Dalam mengendalikan konsentrasi karbon sekarang ini dapat dilakukan dengan

mengembangkan penyerapan karbon (*sink carbon*) hutan mangrove melalui rehabilitas spesies mangrove yang cepat tumbuh.

2.2 Penutupan lahan

Penutupan lahan adalah kenampakan objek di permukaan bumi yang dapat menyediakan informasi yang penting bagi keperluan pemodelan dan untuk memahami fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi. Informasi tutupan lahan yang akurat merupakan salah satu faktor penentu dalam meningkatkan kinerja dari model-model ekosistem, hidrologi, dan atmosfer. Selain itu, tutupan lahan juga menyediakan informasi dasar dalam kajian *geoscience* dan perubahan global (Sampurno & Thori., 2016). Mukhaiyar (2010) mengatakan penutupan lahan dapat di klasifikasikan menurut dasar serta tujuan penyusunannya. Klasifikasi penutupan lahan digunakan sebagai pedoman atau acuan dalam proses interpretasi citra penginderaan jauh untuk tujuan pembuatan peta penutupan lahan (Lillesand & Kiefer, 1994 dalam Ardiansah T., 2017).

Untuk melakukan perencanaan penutupan lahan, teknologi penginderaan jauh umumnya digunakan dalam mengidentifikasi objek dan mengklasifikasi penutupan lahan, serta fenomena yang terjadi baik secara alami maupun campur tangan manusia, dengan menggunakan foto udara atau citra satelit secara digital. Sebelum era satelit resolusi tinggi seperti sekarang, foto udara sangat umum digunakan dalam analisis tata guna lahan pada skala detail. Saat ini, citra dengan resolusi tinggi dapat menggantikan fungsi foto udara untuk keperluan interpretasi tata guna lahan (Baja, 2012).

2.2.1 Citra Satelit Sentinel-2

Citra satelit sentinel-2 merupakan salah satu citra satelit yang dapat digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai identifikasi hutan mangrove. Sentinel-2 digunakan untuk melihat kondisi permukaan bumi sehingga mampu memberikan informasi terkini bumi dari angkasa untuk aplikasi lingkungan dan keamanan (Verrelst, dkk., 2012). Sentinel-2 memiliki misi menggabungkan kemampuan SPOT dan Landsat untuk, 1) Memindai permukaan bumi yaitu cakupan daratan global yang sistematis dari 56°LS hingga 84°LU termasuk perairan pesisir, laut Mediterania, dan Antartika, 2) resolusi temporal tinggi yaitu setiap 5

hari di khatulistiwa dengan kondisi penampakan yang sama, 3) multi resolusi spasial yaitu 10 m, 20 m, dan 60 m, 4) 13 kanal multispektral termasuk VNIR dan SWIR, 5) bidang pandang yang luas yaitu 290 km (Drusch dkk., 2012; European).

Sentinel-2 adalah salah satu satelit penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk pemetaan mangrove dan memiliki 13 band, 4 band beresolusi 10 m, 6 band beresolusi 20 m, dan 3 band bereolusi spasial 60 m dengan area sapuan 290 km. Citra satelit Sentinel-2 menghasilkan citra optik multispektral yang memiliki beberapa kanal-kanal yang masuk ke spektrum visible, near visible, near infrared, shortwave infrared. Panjang gelombang dan resolusi spasial untuk masing-masing jenis kanal, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Panjang Gelombang dan Resolusi Spasial 13 Band pada Citra Sentinel-2.

Nomor dan Jenis Kanal	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)
B1-Coastal aerosol	0,443	60
B2-Blue	0,490	10
B3-Green	0,560	10
B4-Red	0,665	10
B5-Red-edge 1 (RE1)	0,705	20
B6-Red edge 2 (RE2)	0,740	20
B7-Red-edge	0,783	20
B8-NIR	0,842	10
B8a-NIRn	0,865	20
B9-Water Vapour	0,945	60
B10-SWIR-Cirrus	1,375	60
B11-SWIR1	1,610	20
B12-SWIR2	2,190	20

Sumber: Mandanici & bitelli, 2015

Teknologi penginderaan jauh dapat mengidentifikasi hutan mangrove, dimana letak geografi hutan mangrove yang berada pada daerah peralihan darat dan laut memberikan efek perekaman yang khas jika dibandingkan obyek vegetasi darat lainnya (Faizal & Amran, 2005). Nilai spektral pada citra satelit dapat diekstraksi dengan teknologi ini, menjadi informasi obyek jenis mangrove pada kisaran spektrum tampak dan inframerah-dekat (Suwargana N, 2008). Salah satu satelit yang bisa dimanfaatkan untuk mendeteksi hutan mangrove adalah Sentinel-2 dengan menggunakan kombinasi band 11, 8, dan 4 (Adinegoro, dkk., 2022).

2.2.2 Interpretasi Citra

Interpretasi citra merupakan perbuatan mengkaji foto udara dan atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut. Pengolahan citra menjadi data penutupan lahan dilakukan dengan metode interpretasi citra. Teknik interpretasi citra penutupan lahan dilakukan dengan proses digitasi yaitu mengkonversi data analog menjadi data digital yang atributnya dapat ditambah berupa informasi dari objek yang dimaksud. Dalam hal ini dibutuhkan unsur-unsur pengenalan objek ataupun gejala yang terekam pada citra. Proses interpretasi citra dengan bantuan komputer dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan tingkat otomatisnya. Keduanya ialah klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*) dan klasifikasi tidak terbimbing (*Unsupervised Classification*). Klasifikasi terbimbing meliputi sekumpulan algoritma yang didasari pemasukan contoh objek oleh operator. Berbeda halnya dengan klasifikasi tidak terbimbing, secara otomatis diputuskan oleh komputer, tanpa campur tangan operator (kalaupun ada, proses interaksi ini sangat terbatas). Metode klasifikasi lahan menggunakan metode klasifikasi terbimbing maupun tidak terbimbing memiliki kekurangan dan kelebihan. Metode klasifikasi terbimbing baik digunakan untuk kawasan yang sudah diketahui dan akses mudah dijangkau untuk keperluan pengenalan tutupan lahan secara terestris. Metode klasifikasi tidak terbimbing baik digunakan untuk pembuatan klasifikasi lahan di kawasan yang belum terlalu dikenali dan akses yang susah untuk dimasuki secara terestris (Danoedoro, 2012).

Interpretasi citra dan data digit dengan menggunakan unsur interpretasi citra tidak harus semua unsur digunakan, meskipun hanya beberapa unsur yang digunakan, tetapi objek dapat diperkirakan maka unsur lain diabaikan. Sebaliknya jika objek belum diketahui dengan semua unsur tersebut, seharusnya objek tersebut dilakukan ceking lapangan. Faktor-faktor alam yang terbentuk menjadi suatu objek di permukaan bumi pada kenyataan mempunyai keterkaitan antara satu faktor dengan faktor lainnya, dimana faktor-faktor tersebut saling berinteraksi dan interdependensi. Oleh karena itu objek-objek yang tidak nampak dapat diinterpretasi dengan menggunakan teknik interpretasi.

Sebelum melakukan teknik interpretasi, dilakukan proses pengabungan beberapa saluran kanal. Komposisi citra umumnya terdiri dari tiga kanal berbeda

yang disebut kombinasi band (RGB *Composite*). Kombinasi band yang digunakan dalam penelitian ini adalah 11,8, dan 4 (*Vegetation Analysis*). Kombinasi band 11-8-4 menggunakan band 11 (Shortwave Infrared: 1610 nm) pada kanal merah, band 8 (Near Infrared: 842 nm) pada saluran hijau dan band 4 (Red: 665 nm) pada saluran biru. Kanal shortwave infrared dapat membedakan lahan basah dan kering yang sangat membantu dalam membedakan kenampakan objek tutupan lahan dimana jika tanpa kanal shortwave infrared akan sulit melakukan pemetaan vegetasi (Jacques, dkk., 2014).

2.3 Perhitungan Biomassa

Terdapat 4 cara utama untuk menghitung biomassa yaitu (Sutaryo, 2009):

1. Sampling dengan pemanenan: Metode ini dilaksanakan dengan memanen seluruh bagian tumbuhan termasuk akarnya, mengeringkannya dan menimbang berat biomasanya. Pengukuran dengan metode ini untuk mengukur biomassa hutan dapat dilakukan dengan mengulang beberapa area cuplikan untuk area yang lebih luas dengan menggunakan persamaan allometrik. Meskipun metode ini terhitung akurat untuk menghitung biomassa pada cakupan area kecil, metode ini terhitung mahal dan sangat memakan waktu.
2. Sampling tanpa pemanenan: Metode ini merupakan cara sampling dengan melakukan pengukuran tanpa melakukan pemanenan. Metode ini antara lain dilakukan dengan mengukur tinggi atau diameter pohon dan menggunakan persamaan allometrik untuk menghitung biomassa.
3. Pendugaan melalui penginderaan jauh: Penggunaan teknologi penginderaan jauh umumnya tidak dianjurkan terutama untuk pekerjaan dengan skala kecil. Kendala umumnya adalah karena teknologi penginderaan jauh secara teknis membutuhkan keahlian tertentu.
4. Pembuatan model: Model digunakan untuk menghitung estimasi biomassa dengan frekuensi dan intensitas pengamatan insitu atau penginderaan jauh yang terbatas. Umumnya, model empiris ini didasarkan pada jaringan dari sampel plot yang diukur berulang, yang mempunyai estimasi biomassa yang

sudah menyatu atau melalui persamaan allometrik yang mengkonversi volume menjadi biomassa (Australian Greenhouse Office., 1999).

Dalam penelitian ini perhitungan biomassa tegakan mangrove dilakukan dengan metode sampling tanpa pemanenan, dengan mengukur semua *Diameter at Breast Height* (DBH) tegakan mangrove, kemudian dilakukan perhitungan dengan persamaan allometrik untuk menduga potensi biomassa dan simpanan karbonnya (Sutaryo, 2009).

2.3.1 Penentuan Sampling Plot

Bentuk plot yang umum dipakai adalah bujur sangkar atau persegi panjang. Bentuk plot lingkaran juga bisa dipilih meskipun cenderung agak sulit untuk membuatnya terutama jika ukurannya besar. Meskipun dalam kajian umum bisa menggunakan metode plot garis atau tanpa plot, tetapi menggunakan metode ini cenderung sulit untuk melakukan pemantauan (*monitoring*).

Jumlah sampel yang diambil proporsional dengan luasan mangrove yang ada. Menurut Badan Informasi Geospasial (2014), perbandingan jumlah titik sampel minimal yang harus diambil dengan skala pemetaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Titik Sampel Berdasarkan Skala Peta.

Skala	Min. Plot	Total Sampel Minimal (TSM)	Sampel	Luas (ha)	
				500	1000
1:25.000	30	50	Total Sampel	50	51
			Plot Sampel	30	30
1:50.000	20	30	Total Sampel	30	31
			Plot Sampel	18	18
1:250.000	10	20	Total Sampel	20	21
			Plot Sampel	12	12

Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2014

Dalam menentukan plot sampel menyesuaikan dengan tingkat kerapatan tegakan mangrove, yaitu dengan menggunakan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Berdasarkan penelitian Faizal Ahmad (2005), NDVI merupakan indeks transformasi terbaik dan paling efektif yang digunakan dalam melakukan monitoring kerapatan mangrove dibandingkan dengan GI (*green Index*) dan WI (*Wetness Index*). NDVI merupakan metode standar yang digunakan dalam

membandingkan tingkat kehijauan vegetasi (kandungan klorofil) pada tumbuhan. Nilai indeks yang diperoleh mempunyai kisaran dari -1.0 sampai 1.0. Menurut Lillesand & Kiefer (1994), awan, air dan non vegetasi mempunyai nilai NDVI kurang dari nol. Adapun rumus indeks vegetasi NDVI sebagai berikut:

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

Dari perhitungan algoritma NDVI maka dilakukan klasifikasi berdasarkan nilai dari NDVI pada citra yang terbagi kedalam 3 kelas yaitu rendah, sedang dan tinggi. Rentang nilai NDVI yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Rentang Klasifikasi NDVI.

Kelas	Rentang Klasifikasi	Kerapatan
1	0,43≤NDVI≤1,00	Tinggi
2	0,33≤NDVI≤0,42	Sedang
3	-1,0≤NDVI≤0,32	Rendah

Sumber: Departemen Kehutanan (2005)

Nilai NDVI mempunyai rentang nilai berkisar (minus) -1 sampai (positif) 1. Rentang 0,1 hingga 0,7 mewakili nilai vegetasi. Menurut Vision of Technology, (2020) nilai NDVI diatas menunjukkan tingkat kesehatan dari tutupan vegetasi yang lebih baik.

2.3.2 Pengukuran di Lapangan

Pengukuran dilakukan dengan batasan *Diameter at Breast Height* (DBH). Menurut Nedhisa dan Tjahjaningrum (2019) bahwa pengambilan data mangrove menggunakan plot 10 m x 10 m untuk tegakan pohon, 5 m x 5 m untuk tingkat tiang dan 2 m x 2 m untuk tingkat pancang. Berdasarkan SNI (2019), data pengukuran mangrove di tiap stasiun dilakukan terhadap pohon (DBH ≥ 20 cm), tiang (DBH 10 < 20 cm) dan pancang (DBH 2 < 10 cm).

2.3.3 Allometrik

Dalam mengetahui kandungan biomassa yang terdapat dalam jenis tegakan mangrove dapat dilakukan melalui pendugaan dengan menggunakan persamaan

(allometrik). Allometrik didefinisikan sebagai suatu studi dari suatu hubungan antara pertumbuhan dan ukuran salah satu bagian organisme dengan pertumbuhan atau ukuran dari keseluruhan organisme. Dalam studi biomassa hutan atau pohon persamaan allometrik digunakan untuk mengetahui hubungan antara ukuran pohon (diameter atau tinggi) dengan berat (kering) pohon secara keseluruhan (Sutaryo, 2009).

Setiap persamaan allometrik dikembangkan berdasarkan kondisi tegakan dan variasi jenis tertentu yang berbeda satu dengan yang lain. Dengan demikian pemakaian suatu persamaan yang dikembangkan di suatu lokasi tertentu belum tentu cocok dikembangkan di daerah lain. Penggunaan allometrik yang spesies spesifik, baik dan bahkan mutlak diterapkan pada pendugaan biomassa pada hutan tanaman yang umumnya monokultur. Komunitas atau ekosistem dengan variasi spesies yang terbatas atau sangat didominasi oleh spesies tertentu seperti mangrove juga baik apabila menggunakan persamaan yang spesies spesifik.

Basuki, dkk., (2009) menyatakan bahwa persamaan allometrik yang paling akurat adalah yang berdasarkan spesies pohon. Sementara menurut Manuri, dkk., (2011) penting untuk mendapatkan persamaan allometrik lokal yang disusun dengan menggunakan metode penebangan dan penimbangan langsung di tipe hutan yang sama. Penyusunan persamaan allometrik lokal merupakan kegiatan yang memakan waktu dan biaya serta dilakukan dengan metode destruktif. Hal ini dapat meningkatkan keakurasian dan mengurangi tingkat *uncertainty* (ketidaktentuan). Setiap jenis allometrik tegakan mangrove berbeda-beda, tergantung dari jenis tegakan mangrove. Hal ini, dikarenakan adanya perbedaan zonasi ekologi atau iklim suatu jenis mangrove dan diameter tiap jenis (Brown, 1997).

2.4 Proyeksi Tutupan Tegakan Mangrove

Identifikasi perubahan penutupan lahan pada suatu wilayah merupakan suatu proses mengidentifikasi perbedaan keberadaan suatu objek atau fenomena yang diamati pada waktu yang berbeda (As-Syakur, 2010). Pada penelitian ini, peneliti menggunakan aplikasi QGIS yang terintegrasi dengan *Plugin Molusce (Modules for Land Use Change Evaluation)* untuk melakukan analisis proyeksi penutupan lahan kedepan. *Molusce* sendiri menggunakan *cellular automata* untuk

memprediksi perubahan lahan dan terdapat 4 metode pendekatan, antara lain, *Artificial Neural Network* (ANN), *Weight of Evidence* (WoE), *Multi Criteria Evaluation* (MCE), dan *Logistic Regression* (LR). Pada penelitian ini, peneliti menggunakan ANN untuk membuat model perubahan penutupan lahan. Dalam melakukan prediksi perubahan lahan, *Molusce* memerlukan data raster penutupan lahan minimal tiga tahun, yaitu dua untuk t0 (awal) dan t1 (akhir), serta satunya untuk t2 (validasi). Selain itu, jumlah kelas atau klasifikasi penutupan lahan harus sama, jika tidak maka *Molusce* tidak bisa berjalan dengan baik. Dalam *Molusce*, panjang waktu prediksi adalah $t1+(t1-t0)$, jadi misalnya t0 yang ditentukan adalah 2015 dan t1 yang ditentukan adalah 2019, maka *Molusce* akan memprediksi penutupan lahan tahun 2023. Selanjutnya *Molusce* memerlukan minimal satu *spatial variable* (faktor pendorong) terjadinya perubahan penutupan lahan seperti jarak dari jalan atau pemukiman. Semua data raster juga harus memiliki resolusi spasial yang sama (Purnomo, 2019).

2.4.1 Quantum GIS (QGIS)

Quantum GIS (QGIS) adalah *cross-platform* perangkat lunak bebas (*open source*) desktop pada sistem informasi geografis (SIG). Aplikasi ini dapat menyediakan data, melihat, mengedit, dan kemampuan analisis. QGIS memungkinkan penggunaan shapefiles, pertanggung, dan Geodatabases pribadi, MapInfo, PostGIS, dan beberapa format lain. QGIS menawarkan bermacam-macam modul yang tentunya dapat digunakan untuk berbagai keperluan antara lain QGIS Desktop, QGIS Browser, QGIS Server, dan QGIS Client. QGIS sebagai alternatif dari sekian banyak perangkat lunak pengolahan data spasial.

Molusce (*Modules for Land Use Change Evaluation*) adalah software atau extention permodelan *Land Use Land Cover* yang menggunakan data raster multitemporal. Software ini dapat di temui pada Quantum GIS dengan melakukan penambahan *plugin in* (Hapsary, dkk., 2021). *Molusce* dirancang untuk menganalisis, memodelkan dan mensimulasikan perubahan penutupan lahan. Plugin ini menggabungkan algoritma terkenal, yang dapat digunakan dalam analisis perubahan tutupan lahan, analisis perkotaan. *Molusce* sangat cocok untuk menganalisis penutupan lahan dan perubahan tutupan hutan antara periode waktu yang berbeda; memodelkan penutupan lahan/menutup potensi transisi atau area

yang berisiko deforestasi; dan mensimulasikan perubahan penutupan lahan dan tutupan hutan di masa depan. *Molusce* terdiri dari enam tahapan yaitu modul input, korelasi faktor pendorong, analisis perubahan area, metode pemodelan, simulasi, dan validasi.

2.4.2 Artificial Neural Network (ANN)

Artificial Neural Network (ANN) digunakan untuk menentukan lokasi atau daerah mana saja dari penutupan lahan yang mengalami perubahan dengan melihat matriks peluang perubahan lahan. Variabel yang digunakan sebagai faktor pendorong terjadinya perubahan lahan pada penelitian ini adalah faktor aksesibilitas yang berupa jarak ke pemukiman, jarak ke jalan, dan jarak ke sungai. ANN merupakan suatu metode, teknik atau pendekatan yang memiliki kemampuan untuk mengukur dan memodelkan suatu perilaku dan pola yang kompleks (Tasha, 2012). Metode ANN yang diaplikasikan pada pemodelan perubahan penutupan lahan, bekerja dalam empat tahap, yaitu (1) menentukan input dan arsitektur jaringan, (2) membuat jaringan dengan menggunakan sebagian piksel dari input, (3) menguji jaringan dengan menggunakan semua piksel dari input, dan (4) menggunakan informasi yang telah dihasilkan oleh jaringan untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan ke depan (Atkinson dan Tatnall, 1997 dalam Kubangun, dkk., 2016).

Kelebihan dari jaringan syaraf tiruan ini yaitu mampu mengenali data yang belum dilatihkan (generalisasi), dapat menggabungkan data spektral dan data non spektral, serta kemampuan mengingat data yang dilatihkan dalam jumlah yang banyak (memorisasi). Kemampuan dasar ANN adalah mampu mempelajari contoh input dan output yang diberikan, kemudian belajar beradaptasi dengan lingkungan sehingga mampu memecahkan permasalahan yang tidak dapat dipecahkan dengan pendekatan lain. Selain itu, ANN mampu menyelesaikan permasalahan dimana hubungan antara input dan output tidak diketahui dengan jelas (Arif, 2011 dalam Hapsary, 2021).

Cellular Automata (CA) adalah model sederhana dari proses terdistribusi spasial (*spatial distributed process*) dalam GIS (Baja, 2012). Salah satu kelebihan CA adalah dapat diintegrasikan dengan model lain baik yang berbasis visual, statistik, maupun kecerdasan buatan (Wijaya & Umam, 2015). Menurut (Parasdyo

& Susilo, 2016) bentuk tradisional CA terdiri dari lima komponen utama yaitu *cell*, *state*, *rules*, *neighborhood*, dan *time*. Matriks peluang transisi akan dihasilkan pada proses ini dan dijadikan dasar untuk melakukan proyeksi penutupan lahan ke depan. CA dapat memprediksi kondisi di waktu yang akan datang secara spasial. Prinsip utama pada pendekatan ini adalah ketetanggaan (*neighborhood*). Ketetanggaan artinya perubahan penutupan lahan pada satu piksel akan dipengaruhi oleh penutupan lahan pada piksel tetangganya. Dalam hal ini yang perlu didefinisikan adalah jumlah piksel yang dianggap sebagai tetangga.

2.5. Prediksi Cadangan Karbon Tegakan Mangrove

Perhitungan cadangan karbon dilakukan dengan menggunakan data aktivitas, yaitu berupa luas tipe tutupan lahan (tegakan mangrove) dikalikan dengan angka cadangan karbon per tutupan lahan (Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, 2015).



Gambar 1. Analisa Cadangan Karbon

Perubahan cadangan karbon dalam suatu biomassa dapat dihitung dengan menggunakan pendekatan atau metode *Stock Difference*. Metode *stock-difference* merupakan metode untuk menghitung stok karbon yang didasarkan pada *stock-based approach*, yaitu estimasi stok karbon pada setiap penyimpan karbon (tutupan lahan) dengan mengukur stok aktual biomassa pada periode awal dan akhir penghitungan (Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, 2015). Untuk mengetahui perubahan cadangan karbon dapat diperhitungkan dengan metode *stock-difference* menggunakan persamaan sebagai berikut untuk perhitungan perubahan cadangan karbon pada periode waktu yang digunakan:

$$\Delta C = (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1)$$

Sumber: (Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, 2015)

Keterangan:

ΔC = Perubahan stok karbon tahunan pada setiap penyimpanan karbon (tC/tahun)

C_{t_1} = Stok karbon setiap penyimpanan karbon di awal (tC)

C_{t_2} = Stok karbon setiap penyimpanan karbon di akhir (tC)

t_1 = Tahun awal penyimpanan karbon

t_2 = Tahun akhir penyimpanan karbon

2.6. Rencana Pola Ruang

Berdasarkan Undang-undang Nomor 26 Tahun 2007, pola ruang adalah distribusi peruntukan ruang dalam suatu wilayah yang meliputi peruntukan ruang untuk fungsi lindung dan peruntukan ruang untuk fungsi budi daya. Penataan ruang berdasarkan fungsi utama kawasan terdiri atas kawasan lindung dan kawasan budi daya.

a. Kawasan Lindung:

Kawasan lindung adalah wilayah yang ditetapkan dengan fungsi utama melindungi kelestarian lingkungan hidup yang mencakup sumber daya alam dan sumber daya buatan. Yang termasuk dalam Kawasan lindung adalah: kawasan yang memberikan perlindungan kawasan bawahannya, antara lain, kawasan hutan lindung, kawasan bergambut, dan kawasan resapan air; kawasan perlindungan setempat, antara lain, sempadan pantai, sempadan sungai, kawasan sekitar danau/waduk, dan kawasan sekitar mata air; kawasan suaka alam dan cagar budaya, antara lain, kawasan suaka alam, kawasan suaka alam laut dan perairan lainnya, kawasan pantai berhutan bakau, taman nasional, taman hutan raya, taman wisata alam, cagar alam, suaka margasatwa, serta kawasan cagar budaya dan ilmu pengetahuan; kawasan rawan bencana alam, antara lain, kawasan rawan letusan gunung berapi, kawasan rawan gempa bumi, kawasan rawan tanah longsor, kawasan rawan gelombang pasang, dan kawasan rawan banjir; dan kawasan lindung lainnya, misalnya taman buru, cagar biosfer, kawasan perlindungan plasma nutfah, kawasan pengungsian satwa, dan terumbu karang.

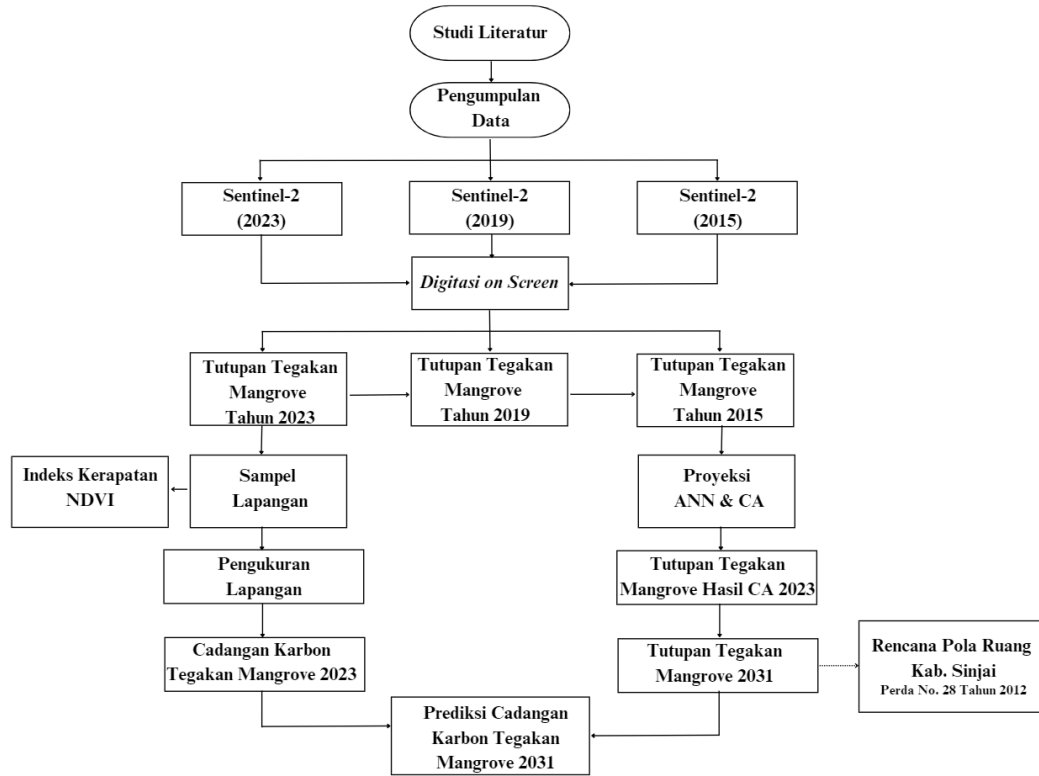
b. Kawasan Budi daya:

Wilayah yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan atas dasar kondisi dan potensi sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya buatan. Yang termasuk dalam kawasan budi daya adalah kawasan peruntukan hutan produksi, kawasan peruntukan hutan rakyat, kawasan peruntukan pertanian, kawasan peruntukan perikanan, kawasan peruntukan pertambangan, kawasan peruntukan permukiman, kawasan peruntukan industri, kawasan peruntukan pariwisata, kawasan tempat beribadah, kawasan pendidikan, dan kawasan pertahanan keamanan.

Berdasarkan peta rencana pola ruang Kabupaten Sinjai di wilayah pesisir terdapat 8 potensi peruntukan, antara lain: Hutan lindung (kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok sebagai perlindungan sistem penyangga kehidupan untuk mengatur tata air, mencegah banjir, mengendalikan erosi, mencegah intrusi air laut, dan memelihara kesuburan tanah), Sempadan pantai (daratan sepanjang tepian laut dengan jarak minimal 100 meter dari titik pasang air laut tertinggi ke arah darat), Sempadan Sungai (daratan sepanjang tepian sungai besar tidak bertanggung diluar kawasan permukiman dengan lebar 100 meter dari tepi sungai), Perikanan tangkap, Budidaya rumput laut, Sungai, Pertanian, dan Permukiman. Peta rencana pola ruang Kabupaten sinjai dapat dilihat pada **Lampiran 9**.

2.7 Alur Tahapan Penelitian

Berdasarkan uraian teori diatas, tahapan diagram alur penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 2. Alur Tahapan Penelitian