

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis lingkungan merupakan permasalahan nyata yang menjadi tantangan global saat ini. Krisis lingkungan dapat dimaknai sebagai suatu keadaan dimana ekosistem alam menjadi tidak stabil akibat berbagai faktor negatif seperti perubahan iklim, polusi, dan degradasi lingkungan. Salah satu sumber permasalahan penyebab terjadinya krisis lingkungan adalah peningkatan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer akibat industrialisasi global yang sangat masif (Husain & Korbafo, 2024). Contoh emisi GRK yang berasal dari aktivitas industri dan manusia adalah karbon dioksida (CO₂) (Abdillah et al., 2024)

Salah satu cara untuk mengurangi kandungan CO₂ di atmosfer adalah melalui proses *carbon sequestration*. Proses ini bekerja dengan menyerap karbon di atmosfer dan menyimpannya ke dalam vegetasi dalam bentuk biomassa (Husna et al., 2019). Jumlah karbon yang tersimpan dalam tumbuhan disebut dengan stok karbon (Yusra & Sulistiyowati, 2020). Menurut Muzani et al. (2020) ekosistem pesisir dan laut merupakan ekosistem dengan kemampuan penyerapan karbon yang lebih besar dibandingkan dengan hutan terestrial. Karbon yang diserap dan disimpan oleh ekosistem pesisir dan laut disebut sebagai karbon biru atau *blue carbon*.

Sebagai bagian dari ekosistem pesisir dan laut, hutan mangrove turut berperan dalam mengurangi kandungan CO₂ di atmosfer karena kemampuannya dalam menyerap dan menyimpan karbon. Daya serap karbon mangrove dalam kondisi optimalnya mencapai 77,9% (Apriliana et al., 2021), dimana karbon yang diserap akan tersimpan dalam bentuk biomassa atas (*above ground-biomass*), biomassa bawah (*below ground-biomass*), serta terakumulasi di dalam sedimen (Kauffman et al., 2011). Biomassa atas akan menghasilkan stok karbon permukaan (*above ground carbon*). Biomassa atas meliputi bagian pohon, yakni daun, batang, ranting, dan bunga (Andiani et al., 2021). Satu hektar mangrove mampu menyimpan rata-rata sekitar 470 ton karbon dan apabila dihitung secara global, mangrove dapat menyimpan hingga 6,5 milyar ton karbon atau setara dengan 24 milyar ton CO₂-eq (Siikamäki et al., 2012).

Biomassa yang tersimpan di dalam hutan mangrove dapat dihitung menggunakan metode estimasi biomassa, salah satunya yakni metode alometrik. Metode ini menggunakan DBH (*diameter at breast height*) yang diukur pada pohon mangrove sebagai variabel bebas dari persamaan alometrik yang terhubung dengan



variabel terikat (Marzuki et al., 2023). Seiring dengan logi, pemanfaatan citra satelit dalam mengestimasi biomassa yakni metode alternatif melalui teknik penginderaan jauh dan SIG (geografis) (Adirama et al., 2024). Teknik penginderaan jauh dapat sarkan nilai indeks vegetasi di suatu area kajian yang nilai stok karbon hasil survei lapangan menggunakan analisis (et al., 2016).

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dalam mengestimasi stok karbon berguna untuk menghindari metode pengukuran karbon secara destruktif melalui penebangan pohon mangrove. Banyaknya data citra yang tersedia dan mudah untuk diakses menjadikan pendekatan menggunakan teknik penginderaan jauh dinilai lebih efisien dan efektif dari segi biaya, waktu dan ketepatan estimasi, terkhusus pada daerah kajian yang lebih luas (Marzuki et al., 2023). Salah satu citra yang dapat digunakan untuk mengestimasi stok karbon pada mangrove adalah citra sentinel-2. Sentinel-2 merupakan citra multispektral pasif, dimana spektrum cahaya yang diterima oleh sensor satelit berasal dari matahari. Resolusi yang cukup tinggi, yakni mencapai 10 m menjadikan sentinel-2 cocok digunakan untuk memetakan stok karbon mangrove baik secara spasial ataupun temporal (Phiri et al., 2020).

Muara Boyong merupakan muara yang terletak di Kabupaten Jeneponto, Sulawesi Selatan. Muara ini memiliki kawasan hutan mangrove yang cukup luas. Akan tetapi, penelitian mengenai stok karbon di muara Boyong belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi stok karbon permukaan pada hutan mangrove di muara Boyong melalui pendekatan penginderaan jauh menggunakan citra satelit sentinel-2.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengestimasi stok karbon di atas permukaan pada komunitas mangrove melalui citra satelit sentinel-2 di muara Boyong, Kabupaten Jeneponto.

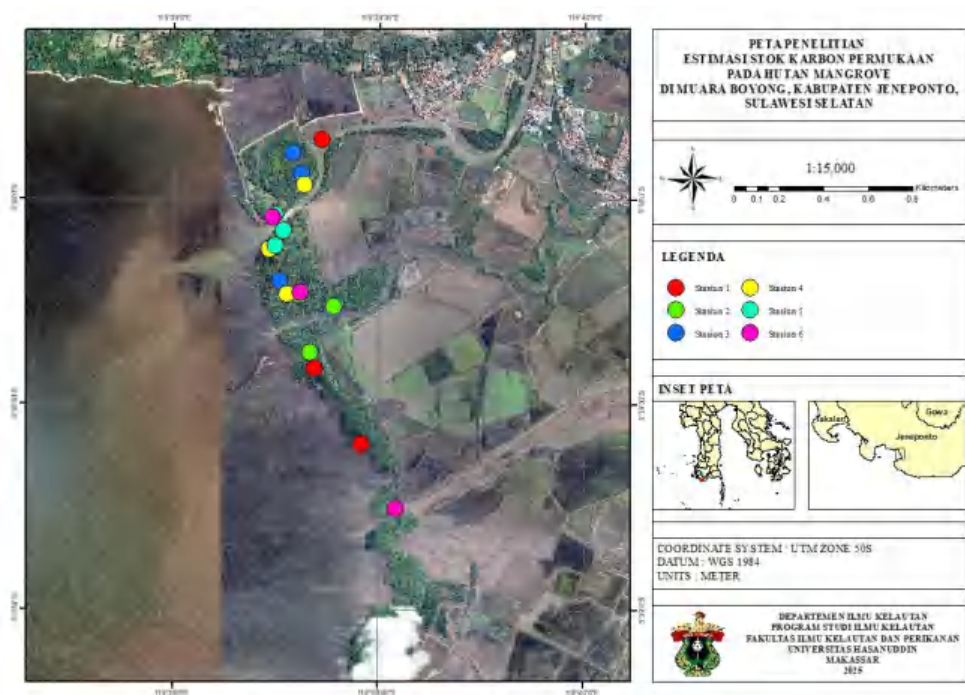
Kegunaan dari penelitian ini adalah diharapkan dapat menjadi salah satu bahan referensi mengenai nilai stok karbon di permukaan pada komunitas mangrove di muara Boyong, Kabupaten Jeneponto.



BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini berlangsung dari bulan Juli hingga November 2025. Pengambilan sampel dilakukan di Muara Boyong, Kecamatan Tamalatea, Kabupaten Jeneponto, Sulawesi Selatan. Analisis sampel sedimen dilakukan di Laboratorium Oseanografi Fisika dan Geomorfologi Pantai, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Bahan-bahan yang digunakan



Optimized using
trial version
www.balesio.com

Bahan	Kegunaan
1. GPS	Untuk menentukan daerah pengambilan data komunitas mangrove.
2. Buku Catatan	Untuk mencatat data hasil pengukuran
3. Botol Plastik	Untuk menyimpan sampel sedimen
4. Plastik	Sebagai bahan uji untuk analisis ukuran butir
5. Alkohol	Untuk membersihkan alat

No.	Bahan	Kegunaan
6.	Akuades	Untuk kalibrasi alat

Tabel 2. Alat-alat yang digunakan

No.	Alat	Kegunaan
1.	Avenza map	Untuk menentukan posisi/titik koordinat di lapangan
2.	Aplikasi penginderaan jauh	Untuk mengolah citra Sentinel-2
3.	Alat tulis	Untuk mencatat data hasil pengukuran
4.	Microsoft Excel	Untuk mengolah data mangrove
5.	Kamera <i>smartphone</i> resolusi 64 MP	Untuk melakukan dokumentasi kegiatan dan keperluan identifikasi
6.	Aplikasi Imagej	Untuk mengolah data persentase kanopi
7.	Meteran kain	Untuk mengukur lingkaran batang pohon
8.	Tali	Untuk membuat plot ukuran 10 x 10 m
9.	Pipa paralon	Untuk mengambil sampel sedimen
10.	Buku identifikasi mangrove	Untuk mengidentifikasi jenis mangrove yang ditemukan di lapangan
11.	Roll meter	Untuk mengukur jarak pohon
12.	Laptop	Untuk mengolah citra Sentinel-2
13.	<i>Water Quality Tester</i>	Untuk mengukur salinitas
14.	<i>Soil tester</i>	Untuk mengukur pH substrat
15.	Oven	Untuk mengeringkan sampel sedimen
16.	<i>Sieve shaker</i>	Untuk mengayak sedimen
17.	<i>Sieve net</i>	Untuk menyaring ukuran sedimen
18.	Gelas kimia	Untuk menyimpan sampel sedimen di dalam oven
19.	Lumpang dan alu	Untuk menghaluskan sampel sedimen kering
20.	Timbangan analitik	Untuk mengukur massa butiran sedimen dengan presisi
21.	Sikat kecil	Untuk membersihkan sisa-sisa sedimen pada alat
22.	Lap kasar	Untuk membersihkan <i>sieve net</i> setelah digunakan

2.3 Metode Penelitian

2.3.1 Tahapan Persiapan

Tahap persiapan terdiri dari beberapa prosedur, yakni melakukan konsultasi kepada dosen pembimbing untuk melakukan studi literatur yang berkaitan dengan judul penelitian, menentukan alat dan metode penelitian.



2.3.2 Pra Pengolahan Citra

a. Pengunduhan citra satelit

Citra satelit yang digunakan pada penelitian ini adalah citra sentinel-2 yang diperoleh melalui situs <https://dataspace.copernicus.eu/> dengan tanggal perekaman 23 Januari 2025. Citra sentinel-2 dipilih karena mudah untuk didapatkan dibanding dengan citra sensor aktif dan sebagai citra multispektral, sentinel-2 tergolong citra dengan resolusi tinggi dan terjangkau (Albasit et al., 2022).

Citra sentinel-2 yang digunakan adalah level 2A yang sudah terkoreksi secara geometrik ataupun radiometrik sehingga tidak perlu dilakukan koreksi dan telah dalam keadaan BOA (*Bottom Of Reflectance*) sehingga telah merepresentasikan hasil pantulan aktual dari permukaan bumi (European Space Agency, 2015).

Tabel 3. Spesifikasi citra Sentinel-2

Sentinel 2 Band	Band	Central Wavelength (μm)	Resolution (m)
<i>Coastal and Aerosol</i>	1	0.443	60
<i>Blue</i>	2	0.490	10
<i>Green</i>	3	0.560	10
<i>Red</i>	4	0.665	10
<i>Vegetation Red Edge</i>	5	0.705	20
<i>Vegetation Red Edge</i>	6	0.740	20
<i>Vegetation Red Edge</i>	7	0.783	20
<i>NIR</i>	8	0.842	10
<i>Vegetation Red Edge</i>	8A	0.865	20
<i>Water Vapour</i>	9	0.945	60
<i>SWIR - Cirrus</i>	10	1.375	60
<i>SWIR</i>	11	1.610	20
<i>SWIR</i>	12	2.190	20

Band yang digunakan untuk proses klasifikasi adalah band 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, dan 12. Band 2, 3, dan 4 berguna sebagai data dasar untuk membedakan vegetasi dan non vegetasi seperti pemukiman dan lahan terbuka. Band 5, 6, 7, dan 8 berguna untuk untuk klasifikasi vegetasi dikarenakan band tersebut sangat sensitif terhadap vegetasi. Sedangkan untuk band 11 dan band 12 berguna untuk mengukur kadar kelembapan sehingga dapat membedakan antara lahan basah dengan lahan kering.



an proses mengubah resolusi atau ukuran dari sebuah citra
onstruksi ulang data citra pada posisi yang baru menggunakan
sampling citra perlu dilakukan untuk menyelaraskan resolusi
ng akan digunakan untuk klasifikasi menjadi 10 m.

c. Registrasi citra

Proses ini bertujuan untuk melapiskan dua atau lebih citra multi sensor atau multi temporal atau multi resolusi dari pemandangan yang sama ke dalam sistem koordinat yang sama (Tondewad & Dale, 2020). Sistem koordinat yang digunakan adalah sistem proyeksi UTM (*Universal Transverse Mercator*) dengan metode transformasi polinomial orde satu. Transformasi polinomial orde satu melibatkan pemetaan titik kontrol atau GCP (*Ground Control Point*) dengan syarat minimal 3 GCP dan $RMS\ error < 1$ piksel.

d. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

NDVI merupakan perhitungan citra yang berguna untuk mengetahui tingkat kehijauan suatu vegetasi. Perhitungan ini menggunakan band 4 (*red*) dan band 8 (NIR) pada citra. NDVI dapat menunjukkan parameter yang berkaitan dengan vegetasi seperti biomassa dedaunan hijau, daerah dedaunan hijau yang merupakan nilai yang dapat diperkirakan untuk pembagian vegetasi. Indeks memberikan angka antara -1 dan 1 yang mewakili kepadatan tutupan vegetasi. Secara umum, indeks mendekati 1 artinya vegetasi lebat dan apabila < 0 merepresentasikan air dan awan (Simarmata et al., 2021). Algoritma NDVI yang digunakan adalah sebagai berikut (Huete et al., 1999):

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Keterangan:

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = *Near Infra Red*

e. Penggabungan file citra

Proses ini bertujuan untuk mendapatkan informasi terkait kerapatan vegetasi sehingga dapat dilakukan pembagian kelas dalam proses klasifikasi. Proses ini menggabungkan beberapa *band* (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, dan 12) serta hasil NDVI yang telah didapatkan sebelumnya menggunakan fitur *layer stacking*.

f. Pemotongan citra

Proses ini bertujuan untuk memotong citra sesuai dengan batas area kajian penelitian. Citra sentinel-2 mencakup luas area 290 km², sehingga pemotongan citra perlu dilakukan untuk memfokuskan analisis pada area yang diinginkan saja.

3.2.3 Pemisahan Citra



proses memisahkan objek yang menjadi fokus penelitian tidak termasuk dalam wilayah pengamatan. Dalam penelitian ini, tujuan untuk memisahkan area mangrove dengan non mangrove kelompok nilai spektral dalam data digital. Proses

pengelompokan tersebut akan menghasilkan lapisan (*layer*) citra yang baru dengan nilai digital yang bersifat biner (0-1). Nilai piksel 1 diberikan pada area mangrove sedangkan nilai piksel 0 diberikan pada area non mangrove.

b. Klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*)

Klasifikasi tak terbimbing merupakan metode klasifikasi yang bekerja dengan mengelompokkan nilai piksel pada citra secara otomatis menjadi kelas – kelas spektral berdasarkan kesamaan karakteristik spektralnya. Metode ini tidak memerlukan *training* sampel, sehingga proses klasifikasi dilakukan berdasarkan jumlah kelas yang diinginkan. Algoritma yang digunakan adalah ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*), yang bekerja dengan mengklasifikasikan nilai piksel berdasarkan nilai rata – rata menjadi kluster – kluster tertentu, dimana piksel yang tidak terkelaskan akan diklasifikasikan kembali secara berulang berdasarkan analisis nilai piksel minimum (Natun & Sumarlin, 2025). Parameter utama dalam klasifikasi ini adalah *threshold* dan iterasi (Kushardono, 2017)

c. Penentuan titik sampel

Penentuan titik sampel menggunakan metode *purposive sampling* berdasarkan hasil klasifikasi *unsupervised* yang menunjukkan perbedaan kelas mangrove berdasarkan kerapatannya. Masing – masing kelas dibagi menjadi 3 plot tiap pengamatan dengan ukuran plot disesuaikan dengan resolusi spasial citra sentinel-2 yakni 10 x 10 m.

2.3.4 Pengambilan Data

a. Pembuatan plot penelitian

Plot penelitian merupakan sampel pengulangan dalam penelitian yang membatasi luasan pengukuran struktur komunitas mangrove di satu titik pengamatan. Jumlah plot yang ditentukan diharapkan dapat merepresentasikan keseluruhan kondisi mangrove di area penelitian. Plot yang digunakan berbentuk kuadrat dengan ukuran plot 10 x 10 m. Luasan tersebut digunakan untuk mencakup pengukuran seluruh tingkatan mangrove.

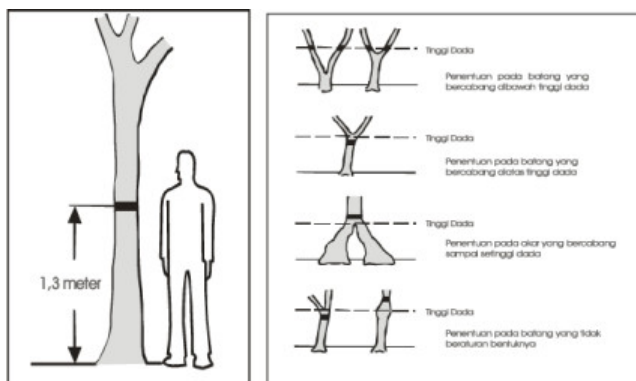
b. Identifikasi jenis mangrove

Pengambilan data jenis mangrove dilakukan di dalam plot pengamatan berukuran 10 x 10 m kemudian diidentifikasi jenisnya menggunakan buku identifikasi mangrove dengan mengamati bentuk batang, daun, akar, bunga, dan buah. Seluruh jenis mangrove yang berada pada tingkat pohon diidentifikasi, dihitung jumlahnya dan diukur diameter batangnya.



ar batang (GBH) dan diameter (DBH)

atau *Girth at Breast-Height* (GBH) diperoleh dengan mengukur menggunakan pita ukur atau meteran jahit pada ketentuan berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 201 Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove.



Gambar 2. Penentuan lingkaran batang mangrove.

Sumber: KEPMEN LH No. 201 Tahun 2004

Data GBH yang didapatkan kemudian dikonversi menjadi DBH (*Diameter at Breast-Height*) menggunakan rumus (Sidik et al., 2019):

$$DBH = \frac{GBH}{\pi}$$

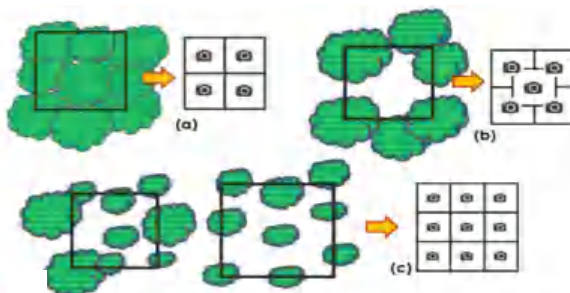
Keterangan:

DBH = *Diameter at Breast-Height*

GBH = *Girth at Breast-Height*

d. Persentase tutupan kanopi

Persentase tutupan kanopi dihitung menggunakan metode *hemispherical photography*. Pengambilan data dilakukan dengan kamera untuk mengambil foto yang diarahkan tegak lurus ke arah langit dan posisi kamera disejajarkan dengan tinggi dada peneliti. Pengambilan gambar dilakukan pada plot sampel mangrove yang terdiri dari 4-9 titik tergantung dari kondisi hutan mangrovenya (Dharmawan & Pramudji, 2017). Hasil foto kemudian dianalisis menggunakan *software* ImageJ dan Microsoft Excel.



pengambilan foto pada berbagai kondisi kanopi mangrove. & Pramudji, 2017

persentase tutupan kanopi melibatkan pemisahan antara warna dan warna piksel vegetasi mangrove (hitam). Perhitungan kanopi dilakukan dengan menganalisis gambar biner, yakni



dengan menghitung persentase jumlah piksel tutupan vegetasi mangrove (Vincentius et al., 2024).

$$\%Tutupan (cover)mangrove = \left(\frac{P_{255}}{\Sigma P}\right) \times 100\%$$

Keterangan:

P₂₅₅ = Jumlah piksel yang bernilai 255 sebagai interpretasi tutupan kanopi mangrove

ΣP = Jumlah seluruh piksel

e. Pengambilan sampel sedimen

Sampel sedimen diambil sebanyak ±100 g menggunakan pipa paralon yang kemudian dimasukkan ke dalam plastik sampel untuk dianalisis ukuran butirnya. Pengambilan sampel sedimen dilakukan di masing-masing kelas mangrove.

f. Pengukuran parameter

Pengukuran salinitas

Pengukuran salinitas menggunakan *water quality tester*. Alat dikalibrasi terlebih dahulu dengan cara membilas elektroda menggunakan akuades dan dikeringkan menggunakan tisu. Setelah itu, elektroda dicelupkan ke air laut hingga alat menunjukkan hasil pembacaan yang tetap.

Pengukuran pH substrat

Pengukuran pH substrat menggunakan *soil tester*. Sebelum melakukan pengukuran, bagian elektroda pada alat dibersihkan terlebih dahulu. Setelah itu, alat ditancapkan ke dalam substrat hingga mencapai kedalaman tertentu dan dibiarkan selama ± 5 menit hingga alat menunjukkan hasil pembacaan yang tetap.

Analisis ukuran butir sedimen

Analisis ukuran butir menggunakan metode pengayakan kering (*dry sieving*). Sebelum melakukan analisis, sampel sedimen dikeringkan terlebih dahulu menggunakan oven dengan suhu 150°C. Setelah sampel kering, sampel didinginkan dan dihaluskan menggunakan lumpang dan alu. Sampel yang telah dihaluskan kemudian ditimbang sebanyak ±100 g lalu dimasukkan ke dalam *sieve net* dengan saringan berukuran 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm, 0.063 mm, serta <0.063 mm dan diayak menggunakan *sieve shaker* selama ±10-15 menit. Hasil ayakan dan ditimbang sesuai dengan ukurannya masing-masing. Ukuran sedimen mengacu pada skala Wentworth. Skala ayakan tertera pada Tabel 4.



Tabel 4. Skala Wentworth

Nama Partikel		Diameter Partikel (mm)
	Bongkah	>256
Kerikil (<i>gravel</i>)	Berangkal	64-256
	Kerakal	4-64
	Butir	2-4
	Pasir sangat keras	1-2
Pasir (<i>sand</i>)	Pasir kasar	0.5-1
	Pasir sedang	0.25-0.5
	Pasir halus	0.125-0.25
	Pasir sangat halus	0.00625-0.125
	Lanau (<i>silt</i>)	0.004-0.00625
	Lempung (<i>clay</i>)	<0.004

Sumber : Hafizh et al. (2021)

2.4 Analisis Data

2.4.1 Uji ketelitian klasifikasi

Uji ketelitian klasifikasi bertujuan untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara hasil klasifikasi *unsupervised* dengan hasil klasifikasi di lapangan. Uji ketelitian menggunakan matriks konfusi (*confusion matrix*) dan indeks kappa. Adapun persamaan *overall accuracy* dari *confusion matrix* dan indeks kappa adalah sebagai berikut (Purboyo et al., 2024):

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\text{Jumlah data sesuai}}{\text{Jumlah total sampel}} \times 100\%$$

$$\text{Producer accuracy} = \frac{\text{Total jumlah yang diklasifikasikan dengan benar}}{\text{Jumlah total sampel (Kolom)}}$$

$$\text{Users accuracy} = \frac{\text{Total jumlah kesalahan klasifikasi}}{\text{Jumlah total sampel (Baris)}} \times 100\%$$

$$\text{Kappa} = \frac{N \times [\sum_i^k \text{Nilai data benar} \times \sum_i^k (\text{Baris} \times \text{kolom})]}{N^2 - \sum_i^k (\text{Baris} \times \text{kolom})}$$

Tabel 5. Interpretasi indeks kappa

Nilai indeks	Interpretasi
<20	Sangat rendah
1 – 40	Rendah
1 – 60	Sedang
1 – 80	Tinggi
1 - 100	Sangat Tinggi

al. (2024)



2.4.2 Reklasifikasi Citra

Proses reklasifikasi dilakukan berdasarkan hasil pengamatan dengan tujuan untuk mengoreksi dan memperbaiki hasil klasifikasi yang salah. Tutupan lahan mangrove di citra namun di lapangan bukan tutupan lahan mangrove perlu dikoreksi agar luasan mangrove yang dihasilkan sesuai dengan kenyataan di lapangan. Hasil reklasifikasi nantinya akan dilakukan proses masking yang membatasi hanya wilayah vegetasi mangrovenya saja sehingga perhitungan stok karbon dibatasi hanya pada wilayah vegetasi mangrove saja (Marzuki et al., 2023).

2.4.3 Perhitungan Biomassa dan Stok Karbon

Perhitungan biomassa dilakukan setelah mengetahui luasan daerah mangrove hasil klasifikasi *unsupervised* menggunakan metode ISODATA. Perhitungan biomassa mangrove menggunakan data diameter pohon, kemudian dimasukkan ke dalam persamaan alometrik untuk masing-masing jenis sehingga didapatkan biomassa plot. Data analisis vegetasi kemudian dikuantifikasi menggunakan persamaan alometrik dengan pendekatan jenis (Tabel 4). Pada beberapa persamaan alometrik yang digunakan memerlukan nilai berat jenis (ρ) mangrove seperti pada Tabel 5 (Vincentius et al., 2024).

Tabel 6. Persamaan alometrik untuk perhitungan biomassa mangrove

No.	Jenis Mangrove	Persamaan Alometrik
1	<i>Avicennia alba</i>	$B = 0,079211 (D)^{2,470895}$ (Tue et al., 2014)
2	<i>Avicennia marina</i>	$B = 0,1848 (D)^{2,3624}$ (Dharmawan & Siregar, 2008)
3	<i>Rhizophora apiculata</i>	$B = 0,043 (D)^{2,63}$ (Amira, 2008)
4	<i>Rhizophora mucronata</i>	$B = 0,1466 (D)^{2,3136}$ (Dharmawan, 2010)
5	<i>Sonneratia alba</i>	$B = 0,3841 (D)^{2,101} \rho$ (Kauffman & Cole, 2010)
6	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	$B = 0,0754 (D)^{2,505}$ (Kauffman & Donato, 2012)
7	<i>Ceriops tagal</i>	$B = 0,251 (D)^{2,46}$ (Komiyama et al., 2005)
8	<i>Bruguiera parviflora</i>	$B = 0,7749 (D)^{2,4167}$ (Clough & K.Scott, 1989)

Sumber : Vincentius et al. (2024)

Keterangan:

B = Biomassa (kg/m^2)

ρ = berat jenis tumbuhan (g/cm^3)

D = diameter setinggi dada (cm)

Tabel 7. Berat jenis kayu mangrove

Jenis Mangrove	Berat Jenis Kayu (gr/cm^3)
<i>Avicennia officinalis</i>	0,670
<i>Avicennia marina</i>	0,661
<i>Rhizophora apiculata</i>	1,050
<i>Rhizophora mucronata</i>	0,867
<i>Sonneratia alba</i>	0,780
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	0,741

No.	Jenis Mangrove	Berat Jenis Kayu (gr/cm ³)
7	<i>Ceriops tagal</i>	0,803
8	<i>Bruguiera parviflora</i>	0,825

Sumber : Vincentius et al. (2024)

Data biomassa plot yang didapatkan kemudian dikalikan dengan 0,47 untuk mendapatkan estimasi stok karbonnya pada tiap plot (BSN, 2011):

$$C = \text{Biomassa} \times 0,47$$

Data karbon yang telah didapatkan pada tiap plot kemudian dikonversi ke dalam satuan ton sesuai dengan Badan Standardisasi Nasional (2011). Perhitungan stok karbon dengan satuan ton per-hektar untuk biomassa tumbuhan menggunakan rumus sebagai berikut (Vincentius et al., 2024):

$$C_n = \left(\frac{C_x}{1000} \right) \times \left(\frac{1000}{L_{plot}} \right)$$

Keterangan:

C_n = Stok karbon per hektar (ton/ha)

C_x = Stok karbon pada setiap plot (kg)

L_{plot} = Luas plot (m²)

Nilai stok karbon permukaan yang telah dikonversi kemudian dirata-ratakan berdasarkan masing-masing kelas mangrove. Nilai rata-rata tersebut kemudian dikalikan dengan luasan wilayah tiap kelas mangrove untuk mendapatkan nilai stok karbon per kelas mangrove. Setelah itu, nilai stok karbon pada masing-masing kelas mangrove dijumlahkan sehingga didapatkan nilai stok karbon secara keseluruhan.

2.4.4 Analisis Regresi

Sebelum menggunakan persamaan regresi, dilakukan analisis korelasi terlebih dahulu menggunakan metode Pearson. Analisis korelasi digunakan untuk mengukur keeratan hubungan antar variabel. Analisis regresi digunakan untuk mengukur seberapa besar variabel bebas mampu menjelaskan variabel terikat, dimana pada penelitian ini dilakukan tiga analisis regresi linear sederhana yakni hubungan antara stok karbon dengan nilai indeks vegetasi NDVI, hubungan antara stok karbon dengan persentaseutupan kanopi, dan hubungan antara persentaseutupan kanopi dengan nilai indeks vegetasi NDVI.

