

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mangrove adalah jenis vegetasi yang hidup di daerah tropis dan sub-tropis yang mampu bertahan dalam kondisi salinitas air yang tinggi dan tanah berlumpur (Babo et al., 2020). Hutan mangrove adalah komunitas vegetasi pantai tropis yang biasanya tumbuh di tanah lumpur aluvial di kawasan pantai yang terlindung dan dipengaruhi oleh pasang surut. Vegetasi mangrove memiliki kemampuan adaptasi yang baik, sehingga dapat tumbuh di wilayah dengan substrat yang tebal. Adaptasi yang dimiliki oleh vegetasi mangrove terdapat pada sistem perakaran yang kuat dan struktur daun yang tahan terhadap kadar garam yang tinggi. Dengan sistem perakaran yang kuat dan ekstensif, hutan mangrove berfungsi melindungi garis pantai dari abrasi dan bahkan mampu menahan ancaman gelombang tsunami (Hidayah et al. 2023).

Struktur komunitas mangrove merupakan susunan atau komposisi dari vegetasi mangrove secara kuantitatif yang mencakup jenis, jumlah tegakan, kepadatan, frekuensi, keragaman jenis, pola sebaran dan nilai penting menjadi aspek penting dalam memahami dinamika ekosistem ini. Di Indonesia hampir semua jenis-jenis tumbuhan yang membentuk ekosistem mangrove telah diketahui akan tetapi segi-segi lainnya seperti struktur komunitas, analisis tipe vegetasi serta beberapa penelitian kuantitatif mengenai komunitas serta pola komunitas baru sedikit sekali yang diketahui (Kontu, 2014).

Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2021) menyebutkan bahwa menurut hasil pemutakhiran Peta Mangrove Nasional (PMN) pada tahun 2021, luas mangrove di Indonesia sebesar 3.364.080 Ha. Sementara itu, luas mangrove Provinsi Sulawesi Selatan sebesar 12.278 Ha. Salah satu wilayah di Sulawesi Selatan yang ditumbuhi vegetasi mangrove yaitu Pulau Sabangko yang terletak di gugusan Kepulauan Spermonde, Selat Makassar. Pulau ini termasuk dalam wilayah Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Sulawesi Selatan, Indonesia. Luas pulau Sabangko mencapai 74.360 Ha (Farid et al., 2013), luasan mangrove di Pulau Sabangko pada tahun 2018 sebesar 15.48 ha (Ramadani, 2020) dan menjadi bagian penting dari Kawasan Konservasi Perairan Daerah Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan

Pemantauan dan pengelolaan sumber daya mangrove yang efektif memerlukan teknik pemetaan yang cepat dan akurat. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh, khususnya citra Sentinel-2, menawarkan alternatif yang efektif dan efisien dalam penyediaan data spasial (Rosmasita et al., 2018). Ketersediaan citra resolusi menengah seperti citra Sentinel-2 yang bebas akses dan memiliki resolusi yang baik semakin mempermudah pemantauan kondisi dan distribusi hutan mangrove (Hidayah et al., 2023). Salah satu jenis citra Sentinel-2 yang dapat digunakan adalah Sentinel-2A. Citra ini memiliki resolusi spasial yang tinggi (10m)

dan dilengkapi instrumen *multispektral* 13 saluran spektral, sehingga ideal untuk menghasilkan informasi kerapatan mangrove yang lebih detail. Transformasi spektral, terutama indeks vegetasi, umum digunakan untuk pemetaan mangrove, meskipun setiap indeks menghasilkan nilai akurasi yang berbeda terhadap estimasi kerapatan mangrove (Pratama et al., 2019).

Salah satu inovasi dalam pemantauan mangrove adalah aplikasi MonMang 2.0. MonMang merupakan aplikasi berbasis android yang dibuat untuk dapat memenuhi kebutuhan pengambilan data struktur komunitas mangrove. Nama “MonMang” berasal dari singkatan kata Monitoring Mangrove, sesuai dengan fungsi awal pembuatannya adalah untuk membantu peneliti dalam kegiatan monitoring mangrove COREMAP-CTI. Ide pembuatan MonMang agar mampu melakukan input, analisis dan interpretasi data pada satu waktu, yaitu: pada saat pengambilan data dilakukan. Saat ini MonMang telah dikembangkan untuk memiliki banyak fitur unggulan yang dapat bermanfaat dalam kegiatan penelitian mangrove (Dharmawan & Khoir, 2020.).

Dari penjelasan diatas penelitian struktur komunitas mangrove di Pulau Sabangko menggunakan citra Sentinel-2A dan aplikasi MonMang 2.0 sangat penting mengingat peran ekologis mangrove yang krusial dalam menjaga keseimbangan lingkungan pesisir dan mitigasi perubahan iklim. Indonesia, sebagai pemilik lahan mangrove terluas di dunia, perlu upaya pemantauan yang efektif dan efisien.

1.2 Tujuan dan manfaat

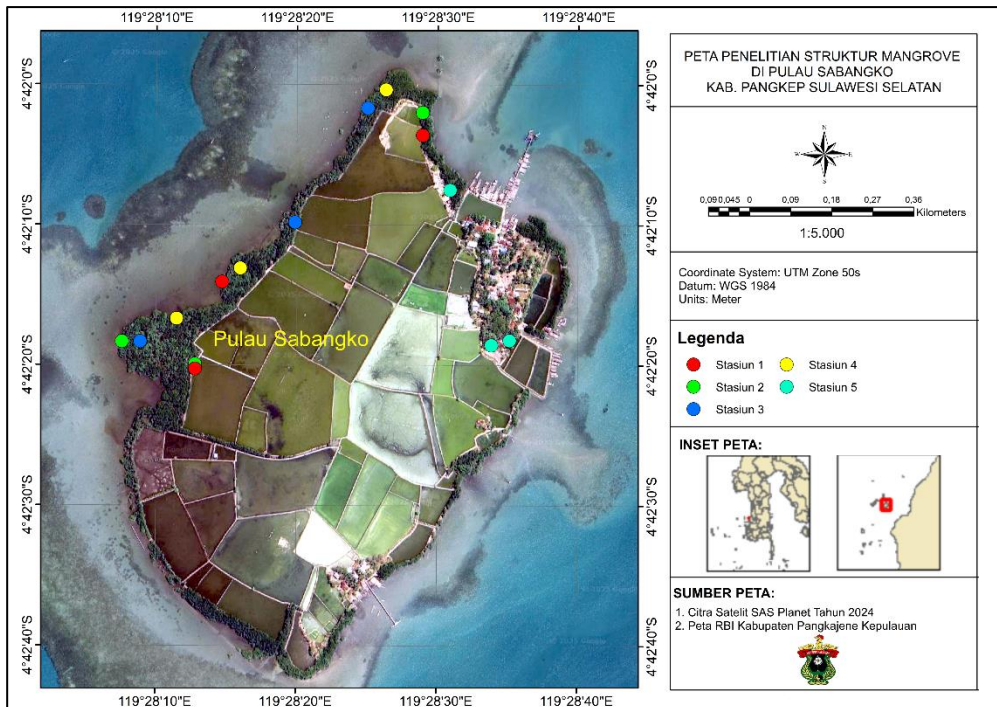
Penelitian ini bertujuan menganalisis struktur komunitas mangrove di Pulau Sabangko, Kabupaten Pangkep dengan menggunakan citra Sentinel-2 dan aplikasi MonMang 2.0. Manfaat penelitian ini, yaitu agar informasi yang dihasilkan dapat menjadi dasar dalam penyusunan strategi pengelolaan hutan mangrove di Pulau Sabangko, Kabupaten Pangkep, secara berkelanjutan.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Pulau Sabangko Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Sulawesi Selatan, Indonesia pada bulan Agustus-Desember 2024 (Gambar 1). Pengambilan data lapangan dilakukan pada tanggal 23-24 Agustus 2024. Proses pengolahan citra Sentinel-2 dan pengolahan data dilakukan di laboratorium Penginderaan Jauh Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Sedangkan untuk analisis butir sedimen dilakukan di laboratorium Oseanografi Fisika dan Geomorfologi Pesisir Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Struktur Komunitas Mangrove di Pulau Sabangko

2.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini beserta kegunaannya terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan yang digunakan

Nama	Kegunaan
Citra Sentinel-2	Untuk menentukan daerah potensial stasiun pengambilan data komunitas mangrove
Aplikasi Monmang 2.0	Untuk mengolah data mangrove di lapangan
Aplikasi Pengindraan Jauh	Untuk mengolah data citra Sentinel-2
Sampel Sedimen	Sebagai bahan uji untuk analisis ukuran butir
Buku identifikasi mangrove	Untuk mengetahui identitas/nama jenis mangrove yang ditemui pada area penelitian
Kertas <i>underwater</i>	Untuk mencatat data hasil pengukuran
Cat semprot	Untuk memberikan penandaan batas plot/transek lokasi pengambilan data dan foto

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini beserta kegunaannya terdapat pada tabel 2.

Tabel 2. Alat-alat yang digunakan

Nama	Kegunaan
Perahu	Alat untuk transportasi
GPS	Untuk merekam koordinat geografis stasiun penelitian pada saat survei
Plastik Sampel	Wadah sampel sedimen yang akan dianalisis
Kamera	Untuk melakukan dokumentasi kegiatan dan keperluan identitas
Pensil	Untuk mencatat data hasil pengukuran
Meteran	Untuk mengukur keliling lingkaran batang mangrove
Tali transek	Untuk pembuatan plot 10x10 m
Oven	Untuk mengeringkan sampel sedimen
<i>Sieve Shaker</i>	Untuk mengayak dan memisahkan butiran sedimen berdasarkan ukuran
<i>Sieve net</i>	Untuk menyaring butiran sedimen

Nama	Kegunaan
Gelas Kimia	Untuk menyimpan dan mengeringkan sampel sedimen di dalam oven
Lumpang dan Alu	Untuk menghaluskan sampel sedimen kering
Timbangan Analitik	Untuk menimbang dengan sangat teliti massa butiran sedimen
Sikat Kecil	Untuk membersihkan sisa-sisa sampel sedimen pada alat-alat seperti <i>sieve net</i> dan lumpang
Lap kasar	Untuk membersihkan <i>sieve net</i> setelah digunakan

2.3 Metode Penelitian

2.3.1 Pra Pengolahan Citra

2.3.1.1 Perolehan Citra Sentinel-2

Proses pengolahan citra dimulai dengan mendapatkan citra satelit Sentinel-2A dari situs web <https://scihub.copernicus.eu>. Citra yang dipilih haruslah citra yang bebas dari tutupan awan. Hal ini bertujuan untuk memudahkan proses identifikasi dan klasifikasi mangrove di area penelitian. Citra Sentinel-2A yang digunakan direkam pada tanggal 13 Mei 2024 dengan kode tile T50MQV.

2.3.1.2 Registrasi Citra Sentinel-2

Tahap ini berupa koreksi geometrik yang bertujuan untuk menyelaraskan sistem koordinat citra multispektral atau multitemporal. Koreksi ini penting karena adanya kemungkinan kesalahan perekaman satelit (distorsi geometrik). Untuk meminimalisir kesalahan tersebut, diperlukan penyesuaian posisi citra dengan sistem koordinat yang benar. Metode yang digunakan dalam tahap ini adalah ortorektifikasi dengan fungsi rasional (RF) dan memanfaatkan titik kontrol lapangan (GCP). Akurasi koreksi geometrik bergantung pada jumlah dan distribusi GCP yang digunakan. Semakin banyak GCP yang tersebar merata maka semakin tinggi tingkat akurasi. Metode koreksi geometrik yang dilakukan menggunakan metode polinomial orde satu dimana penyesuaian proyeksi dilakukan sesuai dengan sistem *Universal Transverse Mercator* (UTM).

2.3.1.3 Perubahan Resolusi Spasial Band 11

Setelah koreksi geometrik, citra Sentinel-2A diproses lebih lanjut dengan melakukan resampling pada band 11. Resampling diperlukan karena resolusi spasial band 11 (20 m) berbeda dengan band 4 dan 8 (10 m) yang akan digunakan

dalam penggabungan band. Untuk menyeragamkan resolusi spasial, band 11 di-*resampling* menggunakan metode *pixel splitting* melalui fitur *Resize Data* pada aplikasi pengolah citra.

2.3.1.4 NDVI (*Normalized Difference Vegetation Indeks*)

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) adalah suatu metode pengolahan citra yang banyak digunakan dalam analisis vegetasi (Budiputra, 2021). NDVI digunakan untuk mengukur tingkat kehijauan dan kepadatan vegetasi. Indeks ini dihitung berdasarkan pantulan cahaya *near infrared* (NIR) dan *red* oleh vegetasi (Hardianto et al., 2021). Semakin tinggi nilai NDVI, mengindikasikan tingginya kandungan klorofil dan kepadatan vegetasi (Adzima et al., 2022). Perhitungan NDVI menggunakan rumus berikut:

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

Dimana:

NDVI : *Normalized Difference Vegetation Indeks*

NIR : Inframerah dekat dari piksel

RED : Cahaya merah dari piksel

2.3.1.5 Penggabungan Band

Selanjutnya, citra komposit dibentuk dengan menggabungkan beberapa band Sentinel-2A, yaitu band 2 (biru), 3 (hijau), 4 (merah), 8 (inframerah dekat), 11 (inframerah gelombang pendek), dan hasil perhitungan NDVI. Penggabungan dilakukan menggunakan fitur *layer stacking* pada aplikasi pengolah citra. Citra komposit yang dihasilkan digunakan untuk mengamati kondisi vegetasi di area penelitian secara visual.

2.3.1.6 Pemotongan Citra

Pemotongan citra yang dilakukan dengan menggunakan *Roi Tools* pada aplikasi pengolah citra. Proses ini bertujuan untuk membatasi daerah penelitian yang lebih spesifik, dengan demikian analisis data dapat lebih terfokus.

2.3.2 Pengolahan Citra

2.3.2.1 Pemisahan Mangrove dan Non Mangrove

Mangrove diidentifikasi dan dipetakan menggunakan metode klasifikasi *Unsupervised*. Sebelum klasifikasi, area mangrove dipisahkan secara spasial dari area non-mangrove melalui proses masking. Proses masking ini penting untuk memisahkan area mangrove dari kelas lainnya, sehingga analisis dapat dilakukan secara spesifik pada objek kajian (Alam, 2020).

2.3.2.2 Klasifikasi *Unsupervised*

Dalam penelitian ini, pemetaan mangrove dilakukan dengan metode klasifikasi *Unsupervised* menggunakan algoritma ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*). ISODATA merupakan teknik yang secara iteratif mengelompokkan piksel-piksel citra ke dalam kelaster-kelaster berdasarkan nilai rata-rata (*means*) dan nilai minimumnya (Septiani et al., 2019). Keunggulan metode ini adalah kemampuannya untuk mengklasifikasikan citra tanpa memerlukan *training sample*, sehingga proses klasifikasi dapat dilakukan hanya dengan menentukan jumlah kelas yang diinginkan (Rahmawan et al., 2020).

2.3.2.3 Penentuan Stasiun

Penentuan lokasi stasiun pengamatan mangrove dilakukan dengan metode *purposive sampling* berdasarkan hasil klasifikasi *Unsupervised* citra Sentinel-2A. Kriteria penentuan stasiun didasarkan pada hasil klasifikasi *Unsupervised* citra Sentinel-2A, yang bertujuan untuk mewakili variasi kelas-kelas mangrove yang muncul. Klasifikasi citra ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelas-kelas mangrove yang berbeda berdasarkan komposisi jenis dan kerapatannya. Setiap kelas mangrove yang teridentifikasi dibagi menjadi tiga plot pengamatan dengan ukuran 10x10 m, disesuaikan dengan resolusi spasial citra Sentinel-2A.

2.3.2.4 Uji Ketelitian

Uji ketelitian digunakan untuk melihat tingkat kesalahan yang terjadi pada saat klasifikasi *Unsupervised* dengan hasil klasifikasi di lapangan. Uji ketelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji ketelitian kappa dengan bantuan matriks kesalahan (*confusion matrix*). Akurasi yang dihitung terdiri dari akurasi pembuat (*producer's accuracy*), akurasi pengguna (*user's accuracy*) dan akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) sesuai dengan Tabel 3.

Tabel 3. Metode *Confusion Matrix*

	Kelas Lapangan	1	2	3	4	5	Total Bar	Akurasi Pengguna
Klasifikasi Citra	1	Xii	i	i	i	i	X+i	
	2	i	Xii	i	i	i	X+i	
	3	i	i	Xii	i	i	X+i	
	4	i	i	i	Xii	i	X+i	
	5	i	i	i	i	Xii	X+i	
Total Kolom		Xi+	Xi+	Xi+	Xi+	Xi+	N	
Akurasi Pembuat								
Akurasi Keseluruhan								
Akurasi Kappa								

Dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Akurasi\ pengguna = \frac{Xii}{X + i} 100\%$$

$$Akurasi\ pembuat = \frac{X_{ii}}{X_i +} 100\%$$

$$Akurasi\ keseluruhan = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} 100\%$$

Akurasi kappa secara matematis disajikan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Kappa = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_i + X_{+i}}{N^2 - \sum X_i + X_{+i}}$$

Ket:

- X_{ii} : Nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i
- X_{+i} : Jumlah piksel dalam kolom ke-i
- X_i : Jumlah piksel dalam baris ke-i
- N : Banyaknya piksel dalam contoh

Berikut kategori kesesuaian kappa menurut Viera dan Garet (Muhammad, et al., 2016) pada Tabel 4:

Tabel 4. Kategori Kesesuaian akurasi Kappa

Nilai kappa (%)	<i>Agreement</i>
< 0	<i>Less than change agreement</i>
0.01– 0.20	<i>Slight agreement</i>
0.21– 0.40	<i>Fair agreement</i>
0.41– 0.60	<i>Moderate agreement</i>
0.61– 0.80	<i>Substantial agreement</i>
0.81– 0.99	<i>Almost perfect agreement</i>

2.3.3 Metode Pengambilan Data

Berdasarkan hasil klasifikasi citra Sentinel-2A, titik-titik sampel dipilih secara acak menurut kelas mangrove yang muncul untuk merepresentasikan keragaman kondisi mangrove di seluruh area penelitian. Pemilihan sampel ini bertujuan untuk memastikan data lapangan yang dikumpulkan dapat mencakup variasi kondisi mangrove yang ada. Tahapan pengambilan data di lapangan selanjutnya mengacu pada prosedur yang dijelaskan dalam Dharmawan et al. (2020) mengenai panduan monitoring mangrove.

2.3.3.1 Pembuatan Plot Penelitian

Plot penelitian merupakan unit pengambilan sampel yang membatasi area pengukuran sktruktur komunitas mangrove pada suatu titik pengamatan. Jumlah plot yang ditentukan diharapkan dapat mewakili keseluruhan kondisi mangrove di area penelitian. Luasan plot yang digunakan adalah 10mx10m berbentuk kuadrat untuk mencakup pengukuran semua tingkatan tegakan, pohon, sampling dan *seedling*/semai. Setiap plot diberi tanda untuk memudahkan identifikasi agar

memastikan bahwa pengukuran tidak dilakukan secara berulang pada jenis mangrove yang sama. Penandaan dilakukan dengan menggunakan cat semprot *fluorescence* dan tali nilon atau dengan penandaan berbahan lainnya dengan syarat dapat bertahan dalam rentang waktu yang dibutuhkan.

2.3.3.2 Pengambilan Data

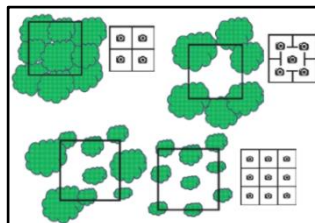
Pengambilan data mengikuti metode Dharmawan & Khoir (2020), lalu diolah menggunakan fitur-fitur yang tersedia pada aplikasi MonMang. Adapun tahapan-tahapan pengambilan data sebagai berikut:

a. Pencatatan Data Lapangan

Data yang dicatat saat pengambilan data meliputi tanggal, lokasi, nomor plot, dan koordinat GPS. Jenis substrat diidentifikasi secara kualitatif berdasarkan tiga klasifikasi, yaitu: lumpur berpasir, pasir berlumpur dan pasir keras/berbatu/campuran pecahan karang (*rubble*).

b. Persentase Tutupan Kanopi

Analisis persentase tutupan kanopi dilakukan dengan metode *hemispherical photography* menggunakan aplikasi MonMang 2.0. Setiap plot dibagi menjadi 4-9 kuadran tergantung dari kerimbunan kanopi komunitas mangrove (Gambar. 2). Foto hemisferik diambil hanya satu foto pada posisi 1/3 tinggi tegakan atau setinggi dada. Foto yang telah didapatkan kemudian secara otomatis aplikasi MonMang 2.0 menghitung persentase area foto yang tertutupi kanopi.



Gambar 2. Ilustrasi pengambilan foto tutupan kanopi

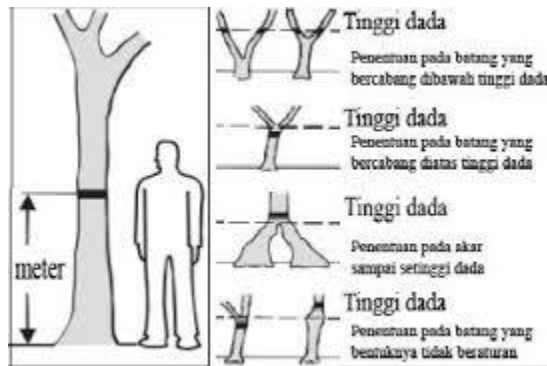
Pengambilan foto tutupan kanopi dengan metode *hemispherical photography* mengharuskan posisi kamera vertikal mengarah ke langit dan kanopi, serta menghindari kesalahan yang dapat mempengaruhi akurasi data. Beberapa kesalahan umum yang sering terjadi antara lain yaitu tidak adanya sumber cahaya matahari dalam bingkai foto, adanya penghalang pada tutupan kanopi seperti batang pohon, dan terhalangnya objek pengamatan oleh anggota tubuh (Gambar 3).



Gambar 3. Kesalahan pengambilan foto hemisferik

c. Lingkar Batang Mangrove

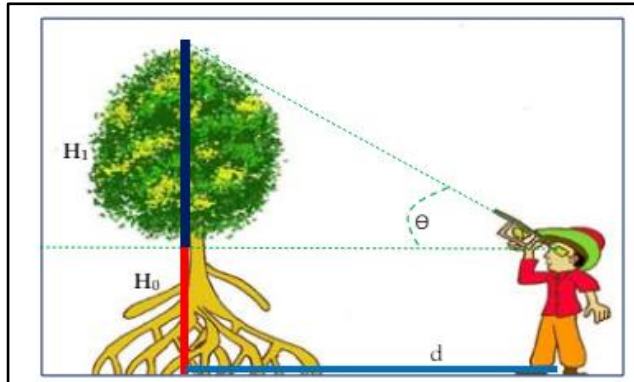
Lingkar batang mangrove diukur menggunakan meteran mengikuti metode pengukuran berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 201 tahun 2004 tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Jarak pengukuran lingkar batang sejauh 1,3 m atau setinggi dada orang dewasa dari permukaan tanah. Apabila sejauh 1,3 m terdapat pangkal cabang, akar, serta benjolan, jarak pengukuran ditambah 10 cm (Gambar. 4).



Gambar 4. Ilustrasi Pengukuran lingkar batang (Kepmen LH No. 201 Tahun 2004)

d. Tinggi Tegakan Mangrove

Tinggi tegakan (H) diukur dengan menggunakan hubungan antara jarak pengukuran (d), sudut sorot pada pucuk tertinggi (Θ) dan tinggi mata observer (H_0). Pengukuran sederhana dapat dilakukan dengan menggunakan busur derajat. Saat ini, aplikasi busur derajat digital (*protractor*) berbasis Android/iOS telah banyak tersedia gratis untuk melakukan pengukuran sudut yang dapat diaplikasikan untuk pengukuran tinggi tegakan. Namun, pengukuran ketinggian untuk analisis kesehatan komunitas mangrove dapat dilakukan pada tegakan-tegakan terpilih yang menyusun tinggi maksimal dari komunitas di dalam plot.



Gambar 5. Ilustrasi teknik pengambilan tinggi tegakan mangrove

Dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Dharmawan, 2020) :

$$H = H_0 + H_1 \text{ Dan } H_1 = d \times \tan \theta$$

Dimana:

H = Tinggi tegakan pohon

H₀ = Tinggi mata pengamat

H₁ = Tinggi bagian atas pohon dari titik ukur utama hingga puncak pohon

d = Jarak pohon ke pengamat

tan (θ) = Sudut elevasi yang terbentuk

e. Data Lingkungan Sekitar

Selain data utama juga dibutuhkan data lingkungan sekitar, yaitu persentase tutupan sampah dan jumlah tebangan. Sampah plastik/anorganik merupakan salah satu ancaman yang menutupi lantai hutan sehingga dapat menurunkan kemampuan regenerasi dari komunitas dalam area tersebut. Estimasi penutupan sampah plastik dilakukan dalam seluruh plot dengan lima kategori, yaitu: 0% (tidak ada tutupan sampah); 1-25% (ada sedikit tutupan sampah atau jumlahnya jarang); 25-50% (sampah menutupi hampir di sebagian substrat); 50-75% (penutupan sampah lebih banyak dibandingkan substrat; dan 75-100% (sampah menutupi hampir bahkan seluruh substrat). Data tebangan, diperoleh dengan melakukan pencatatan jumlah bekas tebangan pohon dan sampling yang ditebang dalam satu area pengukuran.

2.3.4 Analisis Sedimen

2.3.4.1 Pengambilan Sampel Sedimen

Pertama memasukkan pipa cor yang terbuat dari pipa paralon, dengan bagian runcing menghadap ke bawah dengan kemiringan sekitar 45°. Kemudian lubang

atas pipa cor ditutup dengan jari. Lalu mengangkat pipa cor dengan ujung bagian bawah menghadap ke atas. Setelah itu mengeluarkan sampel sedimen dengan jari yang menutupi lubang atas dan memasukkannya ke dalam plastik sampel.

2.3.4.2 Analisis Butiran Sedimen

Pertama menyiapkan peralatan yang digunakan. Kemudian menimbang sampel sebanyak 100 gram yang kering. Lalu memasukkan ke dalam ayakan dengan ukuran 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm, 0.063 mm, <0.063mm. Selanjutnya mengayak dengan rata dan lama pengayakan kurang lebih 10 sampai 15 menit agar pengayakan sempurna dan dapat tersaring dengan baik. Setelah itu pindahkan hasil ayakan tadi ke atas kertas pembungkus nasi berdasarkan masing-masing ukurannya dan rapikan dengan menggunakan sikat. Kemudian timbang kembali setiap ukuran untuk mengetahui beratnya masing-masing. Terakhir bersihkan alat dengan menggunakan lap kasar dan menyimpannya kembali pada tempatnya.

2.3.5 Analisis Data

Analisis data penelitian ini dilakukan secara langsung menggunakan aplikasi MonMang versi 2.0. Data lapangan seperti jumlah dan jenis mangrove, lingkaran batang dan tinggi pohon, jumlah tebangan dan sampah, jenis substrat, serta foto tutupan kanopi dimasukkan ke dalam aplikasi. MonMang kemudian memproses data tersebut dan menghasilkan nilai indeks kesehatan mangrove (MHI) berdasarkan parameter yang dimasukkan (Dharmawan, 2020).

2.3.5.1 Rumus Perhitungan Struktur Komunitas Mangrove

a. Rumus Perhitungan Struktur Komunitas Mangrove

Frekuensi (Fi)

Frekuensi (Ri) adalah perbandingan antara frekuensi jenis ke-i dengan jumlah frekuensi seluruh jenis. Untuk menghitung frekuensi menggunakan rumus:

$$Fi = \frac{qi}{qtotal}$$

Dimana:

Fi : frekuensi jenis-i

qi : plot jumlah yang ditemukan jenis-i

qtotal : jumlah total plot yang dibuat

Dominansi (Di)

Untuk perhitungan nilai dominansi pada mangrove menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Di = \frac{BAi}{A}$$

Dimana:

Di : Dominansi jenis-i
BAi : Luas basal individu jenis
A : Luas total area

Nilai Relatif (NR)

Untuk perhitungan nilai relatif pada mangrove menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KRi = \frac{Ni}{N} \times 100\%$$

$$FRi = \frac{Fi}{F} \times 100\%$$

$$DRi = \frac{Di}{D} \times 100\%$$

Dimana:

KRi : Kerapatan relatif jenis-i (%)
N : Kerapatan total
FRi : Frekuensi relatif jenis-i (%)
F : Frekuensi total
DRi : Dominasi relatif jenis-i (%)
D : Dominansi total

Indeks Nilai Penting (INP)

Untuk perhitungan indeks nilai penting mangrove menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Untuk tingkat pohon menggunakan rumus:

$$INP = RD_i + RF_i + RC_i$$

2. Untuk tingkat semai dan pancang menggunakan rumus:

$$INP = RDi + RFi$$

Dimana:

INP : Indeks Nilai Penting

RDi : Kerapatan Relatif

RFi : Frekuensi Relatif

Rci : Penutupan Relatif

Mangrove Health Index (MHI)

$$MHI (100\%) = \frac{Sc + Sd + SNsp}{3} \times 10$$

Dimana:

MHI : *Mangrove health index*

s : Skor

c : Presentase tutupan kanopi (%)

d : Diameter batang (pancang + pohon) (cm)

Nsp : Jumlah pancang per luas area

Kategori kesehatan mangrove berdasarkan Dharmawan (2020) pada Tabel 5.

Tabel 5. Kategori kesehatan mangrove (MHI)

<i>Mangrove Health Indeks (MHI)</i>	
<i>Poor</i>	<33.33%
<i>Moderate</i>	33.33-66.67%
<i>Excellent</i>	>66.67%

b. Rumus Perhitungan Besar Butir Sedimen

Menghitung % berat sedimen

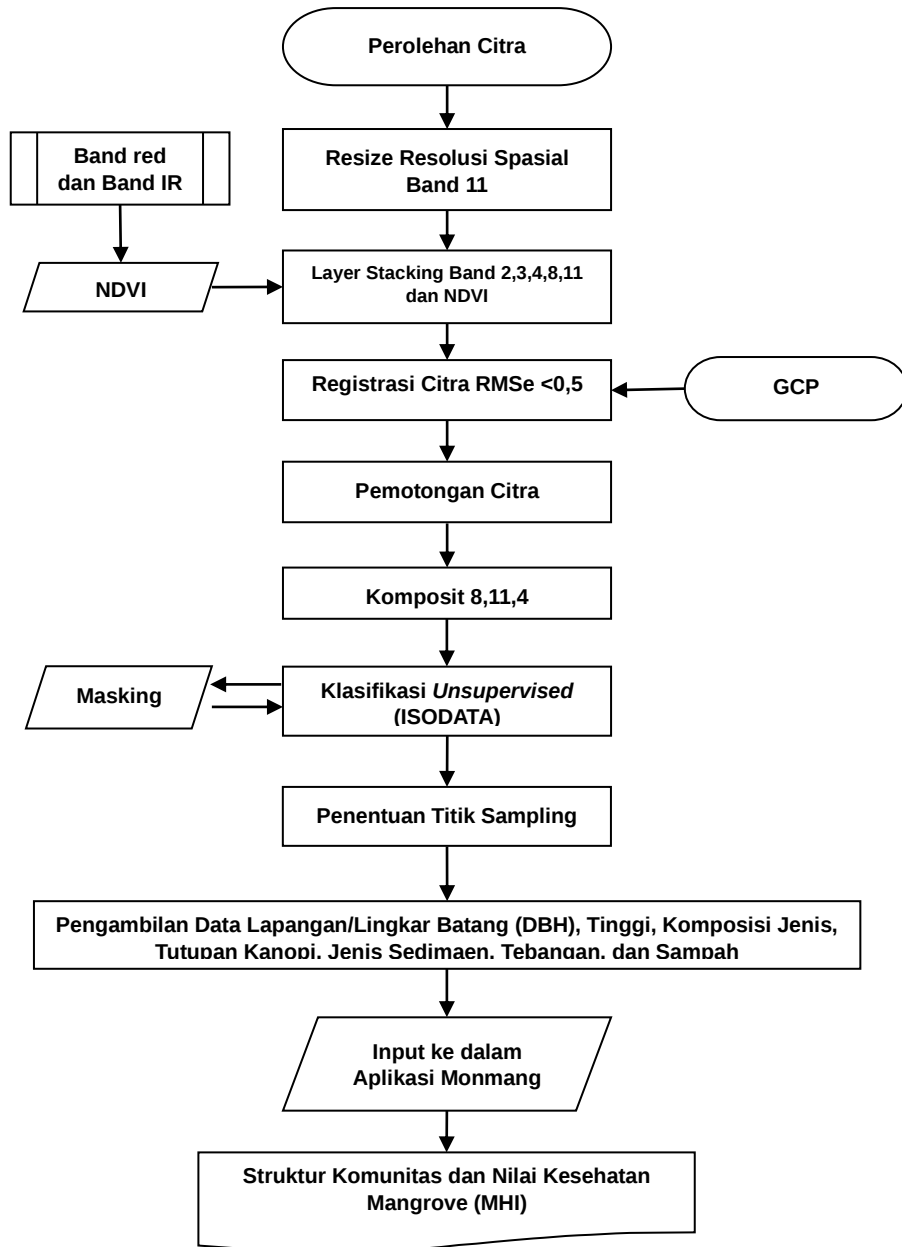
$$\%Berat = \frac{Berat\ hasil\ ayakan}{Berat\ sampel} \times 100$$

Menghitung % berat kumulatif

$$\%Cumulatif = \%Berat\ 1 + \%Berat\ 2$$

2.3.6 Bagan Alir

Berdasarkan metode yang digunakan yang meliputi tahap persiapan, pra pengolahan citra, pengolahan citra, pengambilan data lapangan, dan analisis data tersaji dalam bagan alir penelitian berikut:



Gambar 6. Bagan Alir Pengolahan Citra Satelit untuk Analisis Struktur Komunitas dan Nilai Kesehatan Mangrove an Nilai Kesehatan Mangrove