

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mangrove adalah komunitas vegetasi pantai yang berkembang di wilayah tropis dan sub tropis. Komunitas ini didominasi oleh beberapa jenis pohon mangrove yang mampu tumbuh di daerah pasang surut pantai berlumpur. Vegetasi mangrove secara umum merujuk pada berbagai komunitas pantai tropis yang terdiri dari spesies pohon atau semak yang memiliki kemampuan untuk tumbuh di perairan asin (Jason et al., 2019). Secara fisik, mangrove berfungsi sebagai pemecah gelombang, pencegah abrasi pantai, dan perangkap sedimen. Secara ekologi, mangrove berperan sebagai tempat berlindung, mencari makan, tempat pemijahan, dan tempat asuhan bagi berbagai biota pantai seperti kepiting bakau, udang, dan kerang. Namun, keberadaan vegetasi mangrove mengalami penurunan fungsi dan degradasi yang signifikan. Kerusakan pada vegetasi mangrove ini disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk pembukaan lahan untuk tambak dan pemukiman penduduk serta penumpukan sampah (Drajati et al., 2024).

Susunan atau komposisi kuantitatif vegetasi mangrove yang meliputi jenis, jumlah individu, kepadatan, frekuensi, keragaman jenis, pola sebaran, dan indeks nilai penting disebut dengan struktur komunitas mangrove. Komunitas tumbuhan terdiri dari berbagai jenis tumbuhan yang tumbuh bersama di satu lokasi dan membentuk kesatuan di mana individu-individunya saling bergantung. Mangrove mampu bertahan hidup di daerah tropis dan beradaptasi dengan lingkungan yang keras seperti suhu tinggi, kadar garam yang tinggi, pasang surut ekstrem, sedimentasi yang tinggi, serta kondisi substrat yang rusak atau kekurangan oksigen (Lutfiani et al., 2023).

Berdasarkan pemetaan mangrove nasional tahun 2021, luas mangrove di Indonesia mencapai 3.364.080 hektar, dengan tambahan luas habitat mangrove potensial sebesar 756.183 hektar. Total luas mangrove dan habitat mangrove potensial di Indonesia adalah 4.120.263 hektar. Salah satu kawasan komunitas mangrove yang masih ada di Indonesia berada di Kabupaten Pangkep, dengan sebagian wilayahnya berada di Pulau Sagara. Pulau Sagara merupakan daerah yang masih ditumbuhi mangrove alami, yang tumbuh rapat di sekitar pantainya, kecuali di bagian barat yang memiliki pantai berbatu. Pulau ini dikelilingi oleh tanggul tambak menyebabkan substrat tersebut didominasi oleh lumpur. Sayangnya, pengelolaan komunitas mangrove di Pulau Sagara belum optimal dan terdapat kerusakan akibat aktivitas manusia, seperti alih fungsi lahan menjadi tambak. Untuk melihat dan memahami struktur komunitas mangrove yang masih ada di Pulau Sagara, data dikumpulkan menggunakan citra satelit Sentinel-2 dan aplikasi MonMang 2.0 (Usman, 2022).

Citra Sentinel-2 adalah satelit penginderaan jauh yang bertujuan memperluas misi satelit Spot dari *satelit French Spot* dan *US Landsat*. Satelit ini dilengkapi sensor pasif multispektral dari Eropa yang memiliki 13 band: 4 band dengan resolusi 10 meter, 6 band dengan resolusi 20 meter, dan 3 band dengan resolusi spasial 60 meter, serta luas sapuan 290 km. Satelit ini digunakan untuk mendukung berbagai layanan, termasuk

kemampuan analisis data mangrove (Maryanto et al., 2019). Menurut penelitian Pham et al., (2019), citra Sentinel-2 efektif untuk pemetaan mangrove di daerah tropis dengan metode *Unsupervised* dan kombinasi yang tepat, memberikan hasil yang maksimal. Pemanfaatan citra Sentinel-2 untuk pemetaan kawasan mangrove menghasilkan akurasi hingga 90% dengan menggunakan kanal inframerah gelombang pendek (Rahmadi et al. 2022).

Citra satelit Sentinel-2 dan aplikasi MonMang 2.0 dapat digunakan untuk menganalisis data mangrove, yang dimana aplikasi ini 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. MonMang dirancang agar mampu melakukan input, analisis dan interpretasi data pada satu waktu, yakni pada saat pengambilan pengukuran dilakukan (Dharmawan & Khoir, 2020). Selain itu, aplikasi ini menyediakan parameter struktur komunitas seperti kepadatan, ukuran morfologi, frekuensi, dominasi dan indeks kesehatan mangrove. MonMang juga mempermudah pengukuran kanopi dan mendukung ekspor data ke spreadsheet (Lena, 2022).

Berdasarkan uraian tersebut penelitian ini penting dilakukan untuk melihat struktur komunitas mangrove di Pulau Sagara Kabupaten Pangkep menggunakan citra Sentinel-2 dan aplikasi MonMang 2.0 sebagai upaya dalam memonitoring kondisi mangrove yang ada.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui struktur komunitas mangrove yang ada di Pulau Sagara Kecamatan Liukang Tupabbiring, Kabupaten Pangkajene Kepulauan, Sulawesi Selatan, Indonesia. meliputi jenis, jumlah tegakan, kepadatan, frekuensi, keragaman jenis, pola sebaran dan indeks nilai penting dengan menggunakan citra Sentinel-2 dan aplikasi MonMang 2.0 serta melakukan pengukuran langsung di lapangan.

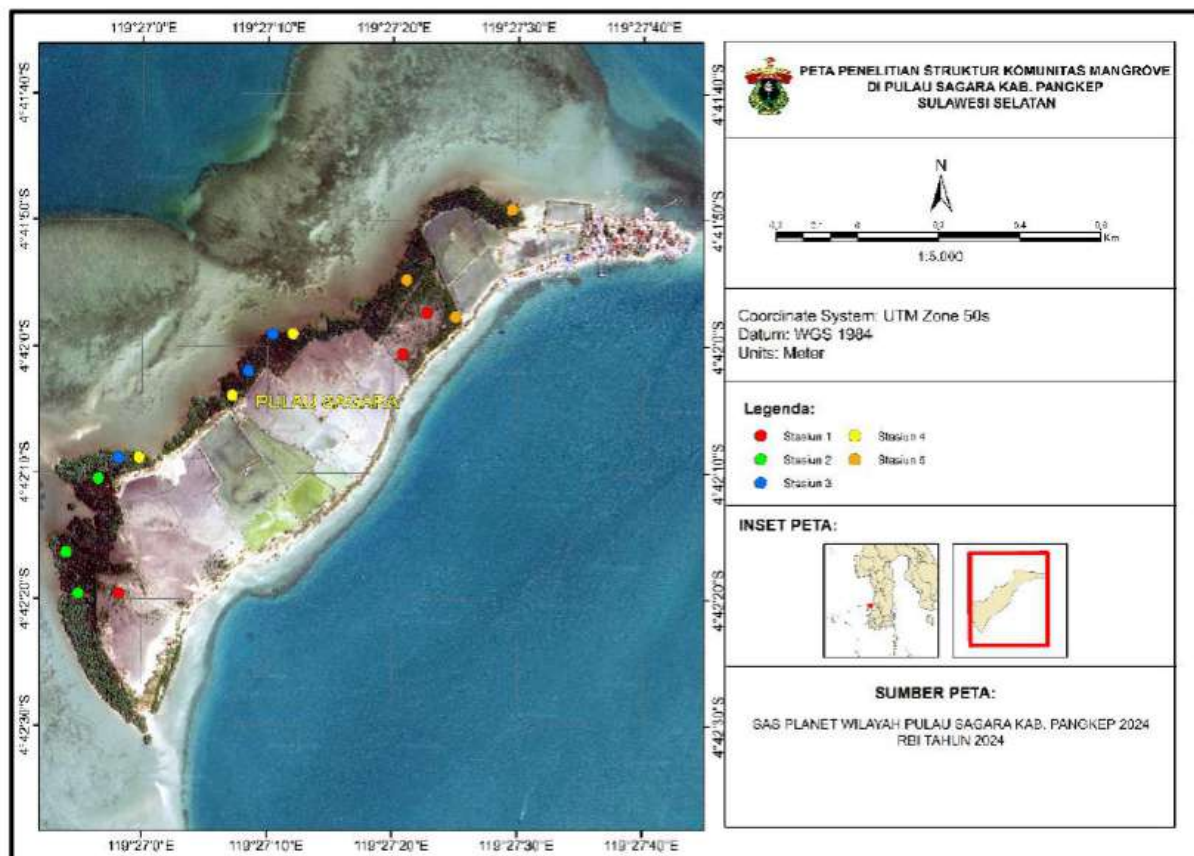
Manfaat penelitian ini yaitu agar dapat memberikan informasi mengenai mangrove yang ada di Pulau Sagara Kabupaten Pangkep dengan menggunakan citra Sentinel-2 dan aplikasi MonMang 2.0. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai data dasar dalam memantau perubahan luasan dan kesehatan komunitas mangrove di Pulau Sagara secara berkala, sehingga dapat mendukung upaya restorasi dan konservasi.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus - Desember 2024. Pengambilan data lapangan dilakukan pada tanggal 25 Agustus - 26 Agustus 2024 di Pulau Sagara Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Sulawesi Selatan, Indonesia. Analisis butir sedimen dilakukan di laboratorium Oseanografi Fisika dan Geomorfologi Pesisir Fakultas Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin. Proses pengolahan data dan citra sentinel-2A dilakukan di laboratorium Pengindraan Jauh Fakultas Ilmu Kelautan Universitas Hasanudin Sulawesi Selatan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2 Bahan dan Alat

Bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini beserta kegunaannya:

Tabel 1. Bahan yang digunakan pada penelitian

Nama	Kegunaan
Citra Sentinel-2A	Penentu daerah potensial stasiun pengambilan data komunitas mangrove

Nama	Kegunaan
Aplikasi penginderaan jauh	Pengolah citra Sentinel-2
Aplikasi MonMang 2.0	Pengolah data mangrove
Sampel sedimen	Bahan uji sebagai penganalisis butir sedimen
Plastik sampel	Wadah penyimpan sampel sedimen yang telah diambil
Cat semprot	Memberikan penanda batas plot/transek lokasi pengambilan data dan foto.
Buku identifikasi mangrove	Pengidentifikasi identitas/nama jenis mangrove pada area penelitian
Kertas <i>underwater paper</i>	Pencatat data hasil pengukuran
Pensil	Pencatat data hasil pengukuran

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini beserta kegunaannya:

Tabel 2. Alat-alat yang digunakan pada penelitian

Nama	Kegunaan
Perahu	Alat transportasi
GPS	Perekam titik koordinat geografis stasiun penelitian pada saat survei.
Kamera	Dokumentasi kegiatan dan keperluan identitas
Meteran jahit	Pengukur keliling lingkaran batang mangrove
Tali transek	Pembuatan plot 10 x 10 m
<i>Sediment core</i>	Pengambil sampel sedimen
Oven	Pengering sampel sedimen
<i>Sieve shaker</i>	Pengayak dan pemisah butiran sedimen berdasarkan ukuran
<i>Sieve net</i>	Penyaring yang terdapat pada <i>sieve shaker</i>
Gelas kimia	Wadah sampel sedimen pengering di dalam oven
Lumpang dan alu	Penghalus sampel sedimen yang telah dikeringkan di dalam oven
Timbangan analitik	Penimbang berat hasil butiran sedimen

Nama	Kegunaan
Sikat	Perapi butiran-butiran sedimen dan pembersih sisa-sisa sampel pada alat yang digunakan.
Lap kasar	Pembersih <i>sieve net</i> yang telah digunakan

2.3 Metode Penelitian

2.3.1 Pra Pengolahan Citra

a. Perolehan Citra Sentinel- 2A

Tahap pengolahan cira diawali dengan pengunduhan citra satelit Sentinel-2A melalui website <https://scihub.copernicus.eu>. Citra Sentinel yang dipilih merupakan citra yang tidak tertutupi oleh awan agar pada saat pengolahan yang dilakukan dapat dengan mudah mengklasifikasikan mangrove pada daerah studi penelitian. Citra Sentinel-2A yang diunduh dengan tanggal perekaman 13 Mei 2024 tile T50MQV (Hartono et al., 2022).

b. Perubahan Resolusi Spasial Band 11

Pengolahan citra Sentinel-2A dilakukan dengan memanfaatkan kombinasi band 4, 8, dan 11. Mengingat band 11 memiliki resolusi spasial 20 meter dibandingkan band 4 dan 8 (10 meter), maka dilakukan resampling untuk menyamakan resolusi spasial seluruh band. Proses resampling band 11 menjadi 10 meter dilakukan dengan metode *pixel splitting* menggunakan tools *resize* data pada aplikasi pengolah citra.

c. Registrasi Citra Sentinel-2 A

Tahap ini berupa koreksi geometrik bertujuan untuk mentransformasikan sistem koordinat citra multispektral atau citra multi-temporal. Koreksi geometrik pada cita harus dilakukan karena kemungkinan satelit melakukan kesalahan perekaman cukup tinggi (Distorsi Geometrik). Untuk mengurangi hal tersebut maka diperlukan adanya pemosisian ulang sesuai dengan sistem koordinat yang ada, dalam tahap ini menggunakan metode ortorektifikasi adalah *Rational Functions* (RF). Pada metode ini menggunakan data *Ground Control Point* (GCP). Ketelitian hasil koreksi ini ditentukan oleh banyaknya GCP yang dilibatkan dan ketersebaran GCP yang merata ketika proses koreksi geometrik (Purwanti et al., 2013). Metode geometrik juga dilakukan dengan menggunakan metode polinomial orde satu, yang dimana penyesuaian proyeksi dilakukan sesuai dengan sistem proyeksi *Universal Transverse Mercator* (UTM). Pada tahap ini koreksi geometrik yang dilakukan mengacu pada sistem proyeksi UTM zona 50s. Citra Sentinel-2 telah terkoreksi geometrik dimana posisinya telah sesuai dengan titik objek di lapangan (Hartono et al., 2022). Kemudian dilanjutkan pada metode nearest neighbour yang merupakan algoritma interpolasi paling sederhana, dimana harga interpolasi yang diberikan pada suatu titik adalah sama dengan harga titik sampel masukan terdekat dengan titik yang diinterpolasi. Metode ini memiliki keunggulan yaitu perhitungan sederhana dan menghindari pengubahan nilai pixel (Adiwijoyo & Danoedoro, 2014).

d. NDVI (*Normalized Difference Vegetation Indeks*)

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) adalah suatu indeks yang digunakan untuk mengukur kehijauan atau kerapatan vegetasi. Nilai NDVI diperoleh dari perbandingan antara reflektansi sinar matahari pada spektrum inframerah dekat dan spektrum merah yang ditangkap oleh sensor satelit. Semakin tinggi nilai NDVI, semakin tinggi pula kandungan klorofil daun dan kerapatan vegetasi. Perhitungan NDVI menggunakan rumus berikut:

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

Dimana:

NDVI : *Normalized Difference Vegetation Indeks*

NIR : *Near Infra Red*

e. Penggabungan Band

Setelah perhitungan NDVI, dilakukan penggabungan multispektral dengan mengkombinasikan band 2 (biru), 3 (hijau), 4 (merah), 8 (*Near Infrared*), 11 (*Shortwave Infrared*), dan hasil perhitungan NDVI. Penggabungan ini bertujuan untuk menghasilkan citra komposit berwarna yang lebih informatif, sehingga dapat dilakukan interpretasi visual terhadap kondisi vegetasi dan berbagai fitur permukaan lainnya.

f. Pemotongan Citra

Proses pemotongan citra dilakukan untuk membatasi area kajian penelitian pada wilayah yang spesifik. Dengan demikian, analisis data dapat lebih terfokus. Teknik ini memungkinkan pemisahan yang lebih jelas antara daratan dan lautan, serta memfokuskan pengamatan pada area interest melalui proses *cropping image*.

2.3.2 Pengolahan Citra

a. Pemisahan mangrove dan non mangrove

Untuk mengidentifikasi dan memetakan distribusi mangrove di wilayah kajian, digunakan metode klasifikasi *Unsupervised*. Sebelum melakukan klasifikasi, dilakukan proses masking untuk memisahkan area kajian mangrove dan non-mangrove. Metode masking ini memungkinkan dilakukannya pemisahan spasial antara wilayah penelitian dengan area di luar batas kajian. Dengan demikian, analisis dapat lebih fokus pada objek studi yang diinginkan, yaitu mangrove.

b. Klasifikasi *Unsupervised*

Metode klasifikasi *Unsupervised* bekerja dengan mengelompokkan nilai piksel suatu 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 diminta. Metode yang digunakan adalah ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*), yaitu mengklasifikasi nilai piksel berdasarkan nilai rata-rata (*means*) menjadi klaster-klaster tertentu, piksel yang tidak terkelas dalam nilai rata-rata tertentu akan terkelaskan kembali secara iterative berdasarkan analisis nilai piksel minimum.

c. Penentuan Stasiun

Penentuan stasiun penelitian dilakukan dengan metode *purposive sampling* berdasarkan hasil klasifikasi *Unsupervised* pada citra Sentinel-2A. Klasifikasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelas-kelas mangrove yang berbeda berdasarkan komposisi jenis dan kerapatan. Setiap kelas mangrove yang teridentifikasi kemudian dibagi menjadi tiga plot pengamatan. Ukuran setiap plot disesuaikan dengan resolusi spasial citra Sentinel-2A, yaitu 10 x 10 meter.

2.3.3 Uji Ketelitian

Berdasarkan hasil klasifikasi citra dengan metode *unsupervised* menghasilkan 10 kelas, yang terdiri dari: kelas 1-5 (mangrove), kelas 6 (vegetasi darat), kelas 7 (laut), kelas 8 (tambak), kelas 9 (pemukiman), dan kelas 10 (lahan kosong). Akurasi ketelitian pemetaan dilakukan dengan membuat matrik kontigensi atau matrik kesalahan (*confusion matrix*) dengan menggunakan metode *overall accuracy* atau ketelitian keseluruhan tujuannya yaitu untuk melihat tingkat kesalahan yang terjadi pada klasifikasi.

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								

Akurasi yang dihitung yakni *User's accuracy*, *Producer's accuracy* dan *Overall accuracy* dengan rumus sebagai berikut:

$$User's accuracy = \frac{x_{ii}}{x_i + i} \times 100\%$$

$$Producer's accuracy = \frac{x_{ii}}{x_i + i} \times 100 \%$$

$$Overall accuracy = \frac{\sum_i^r x_{ii}}{N} \times 100\%$$

Akurasi kappa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Kappa = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_i x_i}{N^2 - \sum x_i x_i}$$

Dimana:

Xii : Nilai diagonal matriks kontigensi baris ke-i dan kolom ke-i

Xi+ : Jumlah piksel dalam baris ke-i
 X+i : Jumlah piksel dalam kolom ke-i

Tabel 4. Kategori kesesuaian akurasi kappa

Nilai kappa (%)	Agreement
< 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>

2.3.4 Metode Pengambilan Data Lapangan

Hasil analisis citra satelit sebelumnya menghasilkan titik-titik potensial yang mewakili seluruh kawasan dengan mempertimbangkan keterbatasan waktu. Titik-titik ini memiliki lokasi geografis (koordinat) yang digunakan untuk menentukan lokasi pembuatan plot dan pengambilan data parameter yang relevan. Tahapan pengambilan data komunitas mangrove di Pulau Sagara menggunakan aplikasi MonMang 2.0. Adapun tahapannya meliputi:

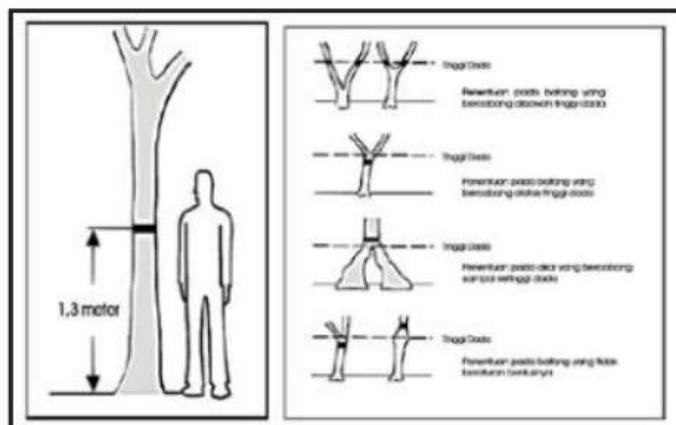
a. Pembuatan plot penelitian

Plot penelitian adalah contoh pengulangan dalam penelitian yang membatasi area pengukuran struktur komunitas mangrove di satu titik potensial. Jumlah plot yang dibuat diharapkan mencakup seluruh luas wilayah penelitian. Dalam program COREMAP-CTI, ukuran plot penelitian diseragamkan menjadi bentuk kuadrat dengan ukuran 10m x 10m. Plot ini mencakup pengukuran semua tingkat tegakan, termasuk pohon, sapling, dan seedling/semai. Selain itu, setiap plot diberi penanda untuk memudahkan pelacakan pada kegiatan monitoring berikutnya. Tujuan penandaan adalah mempertahankan komunitas mangrove yang telah diukur sehingga pengukuran berikutnya dapat dilakukan pada komunitas yang sama. Penandaan dapat menggunakan cat semprot fluoresensi dan tali nilon atau bahan lain yang tahan lama.

b. Pengambilan data lapangan

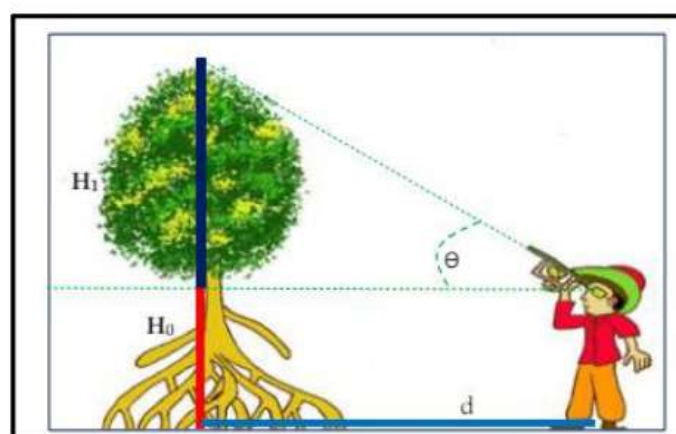
Dalam setiap plot yang telah dibuat, dilakukan pengukuran setiap parameter struktur komunitas mangrove ketentuan masing-masing, yaitu:

1. Mengidentifikasi plot sampling dengan menambahkan kode plot dan lokasi. Posisi geografis secara otomatis teridentifikasi oleh aplikasi dengan mengaktifkan fitur GPS pada *smartphone*.
2. Mengukur lingkaran batang mangrove dilakukan menggunakan meteran sesuai dengan metode pengukuran yang diatur dalam Kepmen LH No. 201 Tahun 2004. Pengukuran dilakukan pada jarak 1,3 meter dari permukaan tanah atau setinggi dada orang dewasa. Jika pada jarak 1,3 meter terdapat pangkal cabang, akar, atau benjolan, jarak pengukuran ditambah 10 cm. Setelah mengukur diameter lingkaran batang, data dimasukkan ke dalam laman MonMang 2.0 sesuai dengan jenis mangrove yang ditemukan pada masing-masing plot lokasi penelitian.



Gambar 2. Posisi pengukuran lingkaran batang pohon mangrove pada beberapa tipe batang, yang dipengaruhi oleh sistem perakaran dan percabangan (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup RI No.201 tahun 2004 tentang kriteria baku dan pedoman penentuan kerusakan mangrove).

3. Tinggi tegakan (H) diukur dengan menggabungkan jarak pengukuran (d), sudut sorot pada pucuk tertinggi (Θ), dan tinggi mata pengamat (H_0). Pengukuran sederhana dapat dilakukan menggunakan busur derajat atau klinometer. Jarak yang diperlukan untuk mengukur ketinggian tegakan adalah sepanjang 10 meter. Setelah mendapatkan sudut ketinggian, data dimasukkan ke dalam aplikasi MonMang 2.0 dengan memasukkan data jarak pengamatan dan sudut pengamatan.



Gambar 3. Salah satu prinsip dan teknik pengambilan data untuk estimasi tinggi tegakan pohon dalam komunitas (Dharmawan et al., 2020).

Perhitungan tinggi tegakan menggunakan rumus berikut:

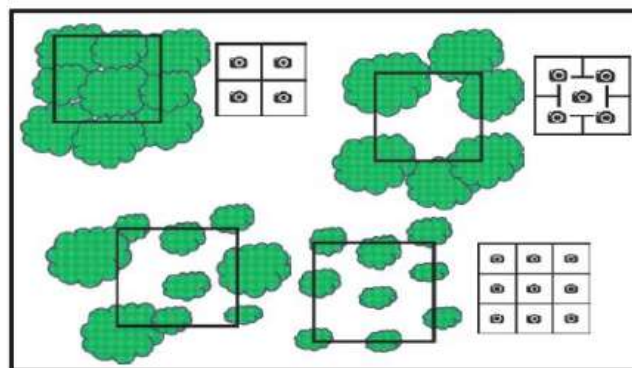
$$H = H_0 + H_1 \text{ dan } H_1 = d \times \tan \Theta$$

Dimana:

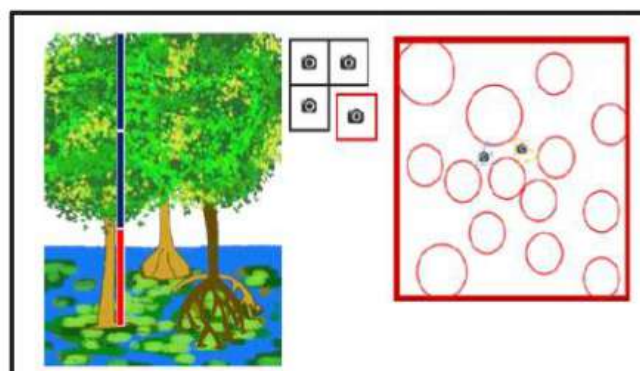
- H : tinggi tegakan pohon
- H_0 : tinggi pangkal pohon ke mata peneliti
- H_1 : tinggi bagian pohon di atas titik ukur utama hingga ke puncak pohon
- d : jarak pohon ke peneliti

$\tan(\Theta)$: sudut elevasi yang terbentuk

4. Pengambilan data persentaseutupan kanopi dilakukan dengan aplikasi MonMang 2.0 menggunakan metode *Hemispherical Photography*. Setiap plot dibagi menjadi 4-9 kuadran, tergantung pada kerimbunan kanopi komunitas (lihat Gambar 4). Satu foto hemisfer diambil pada setiap kuadran tanpa pengulangan. Pemotretan dilakukan secara vertikal ke arah langit dan kanopi, dengan posisi 1/3 dari ketinggian tegakan dalam plot. Jika tinggi tegakan lebih dari 4 meter, pemotretan dilakukan pada daerah setinggi dada. Jika tinggi tegakan kurang dari 4 meter, pemotretan dilakukan pada 1/3 bagian terbawahnya. Hal ini memastikan pengambilan gambar selalu berada di bawah kanopi komunitas. Selanjutnya, hitung persentaseutupan kanopi komunitas mangrove dari foto hemisfer yang sudah diambil dengan cara mengubah kualitas gambar. Cara ini bisa dilakukan langsung di aplikasi MonMang 2.0 dengan menggeser kursor ke kiri atau kanan pada bagian kanopi, di mana nilai persentaseutupan kanopi akan terakumulasi secara otomatis.



Gambar 4. Pembagian plot menjadi 4-9 kuadran pengambilan foto yang tergantung dari kerimbunan kanopi komunitas mangrove (Sarimuddin et al., 2024).



Gambar 5. Rentang ketinggian posisi kamera untuk pengambilan foto hemisphere yang ditunjukkan dengan kotak berwarna merah (kiri); dan potongan melintang dari batang tegakan mangrove yang berwarna merah untuk memperlihatkan posisi pengambilan foto dalam satu kuadrat (Dharmawan et al., 2020).

5. Selama proses pengambilan gambar, perhatikan beberapa ketentuan, termasuk mengurangi penetrasi cahaya matahari langsung pada lensa kamera, menghindari lensa basah atau lembab yang dapat memengaruhi fokus hasil foto, dan menghindari penangkapan objek lain (lihat Gambar 6).



Gambar 6. Kesalahan pengambilan foto metode *hemispherical photography* (Dharmawan et al., 2020).

6. Data lingkungan sekitar, yang dimana dalam pengambilan data meliputi jumlah semai, persentaseutupan sampah, jumlah tebangan, dan jenis substrat. Sampah plastik/anorganik merupakan salah satu ancaman yang menutupi lantai hutan dan dapat menurunkan kemampuan regenerasi komunitas di area tersebut. Estimasi penutupan sampah plastik dilakukan di seluruh plot dengan lima kategori: 0% (tidak adautupan sampah); 1-25% (sedikitutupan sampah atau jumlahnya jarang); 25-50% (sampah menutupi hampir sebagian substrat); 50-75% (penutupan sampah lebih banyak dibandingkan substrat); dan 75-100% (sampah menutupi hampir seluruh substrat). Data tebangan diperoleh dengan mencatat jumlah bekas tebangan pohon dan sapling yang ditebang dalam satu area pengukuran. Data lingkungan sekitar ini digunakan untuk melakukan analisis yang komprehensif.

2.3.5 Metode Sampel Sedimen

a. Pengambilan Sampel Sedimen

Pertama, masukkan *sediment core* yang terbuat dari pipa paralon dengan bagian runcing menghadap ke bawah sekitar 45° . Kemudian, tutup lubang atas *Sediment core* dengan jari. Selanjutnya, angkat *Sediment core* dengan ujung bagian bawah menghadap ke atas. Setelah itu, keluarkan sampel sedimen dengan jari yang menutupi lubang atas dan masukkan ke dalam plastik sampel.

b. Analisis Butiran Sedimen

Pengukuran analisis butiran sedimen dilakukan dengan menyiapkan alat yang akan digunakan. Kemudian menimbang sampel kering sebanyak 100 gram, lalu memasukkan sampel ke dalam ayakan dengan ukuran 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm, 0.063 mm, dan <0.063 mm. Lanjut dengan mengayak sampel secara merata selama 10 hingga 15 menit agar pengayakan sempurna dan tersaring dengan baik. Setelah itu, pindahkan hasil ayakan ke atas kertas pembungkus nasi sesuai dengan ukurannya masing-masing dan rapikan menggunakan sikat gigi. Timbang kembali setiap ukuran untuk mengetahui beratnya masing-masing. Terakhir, bersihkan alat dengan menggunakan lap kasar dan simpan kembali pada tempatnya.

2.4 Analisis Data

Analisis data hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan citra Sentinel-2 untuk mengidentifikasi dan menentukan daerah potensial penempatan stasiun daerah mangrove yang akan dilakukan identifikasi struktur komunitas dan menggunakan aplikasi MonMang 2.0 untuk menginput atau memasukkan data yang sudah diperoleh di lokasi penelitian. Dimana data dari penelitian tersebut dimasukkan ke dalam aplikasi berdasarkan parameter-parameter seperti identifikasi jenis, diameter batang pohon, tinggi pohon, jumlah tebangan, jenis substrat, dan fotoutupan kanopi mangrove. Setelah semua data parameter dimasukkan, aplikasi MonMang akan memproses dan menganalisis data tersebut untuk menampilkan nilai *Mangrove Health Index* (MHI) berdasarkan data yang dimasukkan (Dharmawan et al., 2020).

2.4.1 Rumusan Perhitungan Struktur Komunitas Mangrove

a. Rumusan perhitungan struktur komunitas mangrove

Frekuensi (Fi)

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

$$Fi = \frac{qi}{q_{total}}$$

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

Nilai Relatif (NR)

Untuk perhitungan nilai relatif pada mangrove menggunakan rumus sebagai berikut:

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

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

$$DR_i = \frac{D_i}{D} \times 100\%$$

Dimana:

KR_i : Kerapatan relatif jenis-i (%)

N : Kerapatan total

FR_i : Frekuensi relatif jenis-i (%)

F : Frekuensi total

DR_i : 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:

$$INP = RD_i + RFi + Rci$$

2. Untuk tingkat semai dan pancang menggunakan rumus:

$$INP = RD_i + RFi$$

Dimana:

INP : Indeks Nilai Penting

RD_i : Kerapatan Relatif

RF_i : Frekuensi Relatif

Rci : Penutupan Relatif

Mangrove Health Index (MHI)

Untuk perhitungan *Mangrove Health Indeks* (MHI) pada mangrove menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Dimana:

MHI : *Mangrove health index*

S : Skor

C : Presentase tutupan kanopi (%)

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

Nsp : Jumlah pancang per luas area

Tabel 5. Kategori nilai *Mangrove Health Index* (MHI)

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

b. Rumusan perhitungan besar butir sedimen

Menghitung % berat sedimen

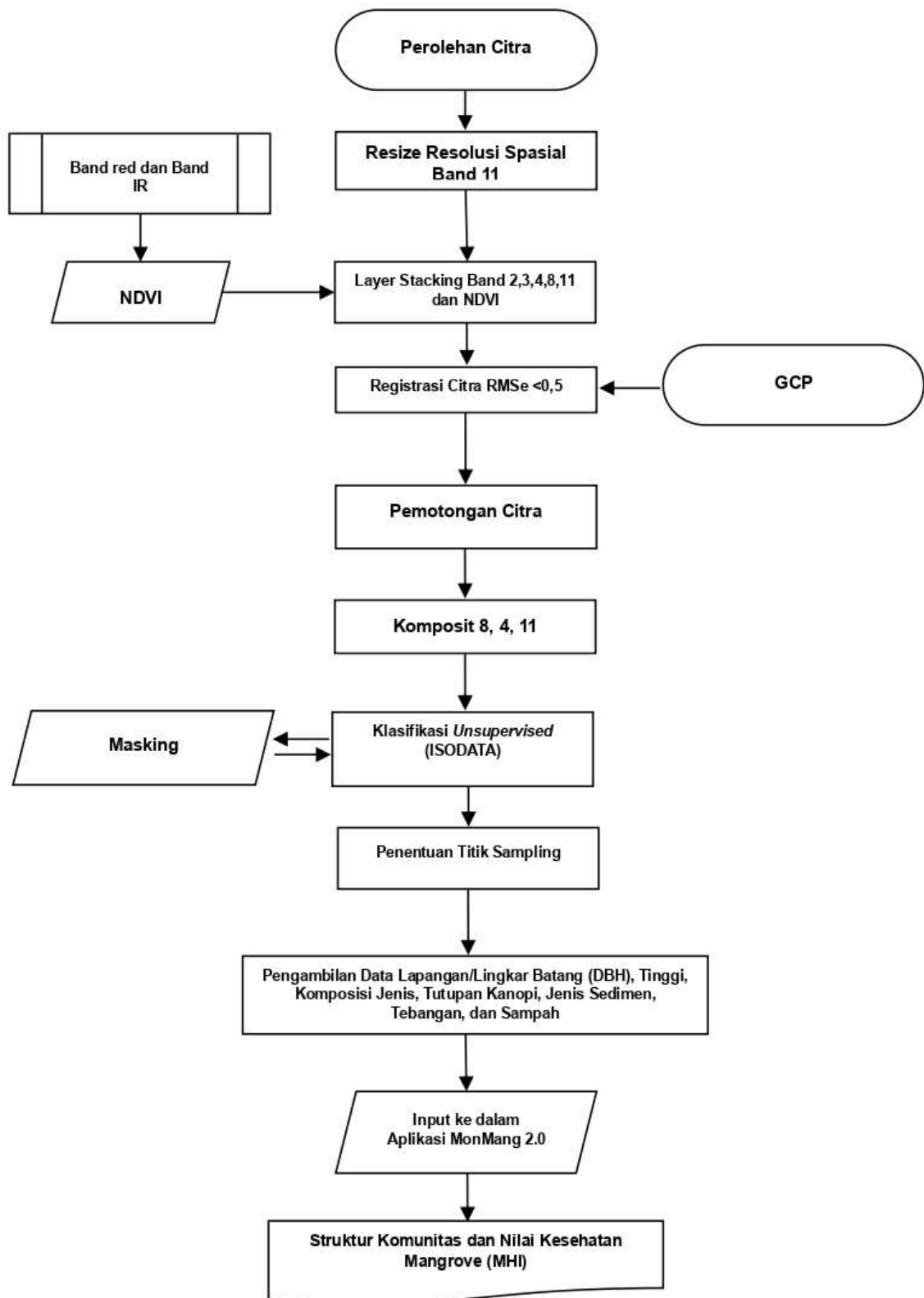
$$\% \text{Berat} = \frac{\text{Berat hasil ayakan}}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

Menghitung % berat kumulatif

$$\% \text{Cumulatif} = \% \text{Berat 1} + \% \text{Berat 2}$$

2.4.2 Bagan Alir

Berdasarkan metode yang digunakan berikut bagan alir penelitian ini:



Gambar 7. Bagan alir