

LAPORAN AKHIR

KAJIAN CADANGAN KARBON DAN SERAPAN EMISI PADA HUTAN MANGROVE DI KABUPATEN TANAH LAUT



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**

Bekerjasama dengan



**BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN, RISET DAN
INOVASI DAERAH KABUPATEN TANAH LAUT**

TAHUN 2025



KATA PENGANTAR

Laporan akhir ini disusun sebagai bentuk pertanggung jawaban dari kegiatan penelitian yang berjudul "**Kajian Cadangan Karbon dan Serapan Emisi pada Hutan Mangrove di Kabupaten Tanah Laut**". Hutan mangrove di Indonesia dikenal sebagai ekosistem pesisir terluas di dunia, yang memiliki peran krusial tidak hanya sebagai penahan abrasi dan pelindung garis pantai, tetapi juga sebagai penyerap dan penyimpan karbon (*Blue Carbon*) terbesar. Di tengah masifnya laju perubahan iklim dan degradasi lahan mangrove yang mencapai jutaan hektar di Indonesia, upaya konservasi dan pengelolaan yang efektif dan berkelanjutan menjadi sebuah kebutuhan mendesak. Oleh karena itu, kajian berbasis data ilmiah yang komprehensif, khususnya di wilayah Kabupaten Tanah Laut yang memiliki potensi signifikan, adalah langkah fundamental dalam mendukung kebijakan mitigasi perubahan iklim dan pelestarian lingkungan.

Kajian ini memiliki empat tujuan utama yang berorientasi pada data dan kebijakan, yaitu: mengukur potensi cadangan karbon di ekosistem mangrove yang tersebar di beberapa kecamatan di Kabupaten Tanah Laut, menganalisis tingkat serapan emisi karbon oleh hutan mangrove, mengidentifikasi spesies mangrove dengan kapasitas penyimpanan karbon terbaik, serta memberikan rekomendasi strategis untuk konservasi dan pengelolaan mangrove. Penelitian ini dirancang dengan metodologi yang ketat, mengacu pada standar pengukuran dan penghitungan cadangan karbon hutan (SNI 7724:2011), serta diperkaya dengan analisis sosial ekonomi masyarakat pesisir dan analisis SWOT untuk perumusan rekomendasi kebijakan.

Kami menyadari bahwa keberhasilan pelaksanaan kajian ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak, mulai dari tim pelaksana yang terdiri dari berbagai ahli, hingga dukungan dari pemerintah daerah dan partisipasi aktif masyarakat lokal. Kami mengucapkan terima kasih atas segala bentuk kontribusi yang telah diberikan. Besar harapan kami, hasil akhir dari penelitian ini dapat menyediakan data dan informasi yang valid sebagai dasar pengambilan keputusan dalam konservasi dan rehabilitasi mangrove, serta membuka peluang pengembangan program ekonomi berkelanjutan, seperti *Carbon Trading*, demi peningkatan kesejahteraan masyarakat di Kabupaten Tanah Laut.

Tim Peneliti

PRAKATA

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penelitian yang berjudul “**Kajian Cadangan Karbon dan Serapan Emisi Hutan Mangrove pada Beberapa Kecamatan di Kabupaten Tanah Laut**” dapat diselesaikan. Penelitian ini merupakan hasil dari kerja sama antara **Badan Perencanaan, Pembangunan Riset dan Inovasi Daerah (BAPPERIDA)** Kabupaten Tanah Laut dan Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi cadangan karbon serta kemampuan serapan emisi dari ekosistem hutan mangrove, yang memiliki peran penting dalam mitigasi perubahan iklim serta perlindungan pesisir.

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini. Apresiasi kami sampaikan kepada tim peneliti, staf BAPPERIDA Kabupaten Tanah Laut, serta masyarakat lokal yang berperan dalam penyediaan data dan informasi penting. Tidak lupa, kami juga berterima kasih kepada rekan-rekan akademisi atas saran dan masukan berharga yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini.

Kami menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan, dan kami mengharapkan kritik serta saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang terlibat dalam pengelolaan dan konservasi ekosistem mangrove demi kelestarian lingkungan yang berkelanjutan.

Tanah Laut, 04 Desember 2025

Plt. Kepala BAPPERIDA
Kabupaten Tanah Laut,

Afrizal Akbar, SH
NIP. 19810403 200212 1 008

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
BAB 2	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Ekosistem Mangrove	6
2.2 Jenis atau spesies Mangrove	7
2.3 Zonasi Hutan Mangrove	9
2.4 Rehabilitasi Mangrove	11
2.5 Kerapatan Hutan Mangrove	13
2.6 Estimasi Stok Karbon Mangrove	15
2.7 Perhitungan Biomassa	16
BAB 3	20
METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Alat dan Bahan	22
3.2.1 Alat	22
3.2.2 Bahan	24
3.3 Metode Penelitian	24
3.3.1 Observasi Awal	24
3.3.2 Pengambilan Data	25
3.3.3 Penentuan Lokasi Stasiun Pengamatan	26
3.3.4 Identifikasi Spesies Mangrove dan Pengukuran Diameter Pohon	27
3.3.5 Kerapatan Tegakan Mangrove	28
3.3.6 Analisis Data	29
3.4 <i>Roadmap</i> Penelitian	39
3.5 Alur Penelitian	41

BAB 4	42
HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Jenis-Jenis Mangrove	42
4.2 Identifikasi Jenis Mangrove	44
4.2.1 <i>Avicennia marina</i>	44
4.2.2 <i>Avicennia alba</i>	46
4.2.3 <i>Avicennia officinalis</i>	48
4.2.4 <i>Bruguiera gymnorhiza</i>	49
4.2.5 <i>Bruguiera Sexangula</i>	51
4.2.6 <i>Rhizophora apiculata</i>	52
4.2.7 <i>Rhizophora mucronata</i>	54
4.2.8 <i>Sonneratia alba</i>	56
4.2.9 <i>Sonneratia caseolaris</i>	57
4.2.10 <i>Excoecaria agallocha</i>	59
4.2.11 <i>Nypa fruticans</i> (Nipah).....	61
4.2.12 <i>Acanthus ilicifolius</i> (jeruju).....	63
4.3 Sebaran dan Tingkat Kerapatan Mangrove.....	64
4.4 Cadangan Karbon Pada Vegetasi Mangrove	74
4.4.1 Cadangan Karbon Mangrove Pada Kerapatan Jarang	75
4.4.2 Cadangan Karbon Mangrove Pada Kerapatan Sedang.....	77
4.4.3 Cadangan Karbon Mangrove Pada Kerapatan Lebat	79
4.5 Serapan Emisi CO ₂ Mangrove	81
4.5.1 Serapan Emisi CO ₂ Mangrove Pada Kerapatan Jarang	81
4.5.2 Serapan Emisi CO ₂ Mangrove Pada Kerapatan Sedang	83
4.5.3 Serapan Emisi CO ₂ Mangrove Pada Kerapatan Lebat	85
4.6 Nilai Ekonomi Serapan Emisi CO ₂ Mangrove	87
4.7 Rekomendasi Strategis untuk Konservasi dan Pengelolaan Mangrove.....	89
4.7.1 Karakteristik Responden	90
4.7.2 <i>Focus Group Discussion</i> (FGD) dengan Masyarakat Sekitar Ekosistem Mangrove.....	94
4.7.3 Identifikasi SWOT.....	98
4.7.3.1 Identifikasi Faktor Internal (<i>Internal Factors Analysis Summary/IFAS</i>).....	98
4.7.3.2 Identifikasi Faktor Eksternal (<i>External Factors Analysis Summary/EFAS</i>).....	103
4.7.4 Matriks Strategi SWOT	107
4.7.5 Rekomendasi Pengelolaan Mangrove Kabupaten Tanah Laut.....	112

4.8	Teknik Rehabilitasi Mangrove Melalui Penyemaian dan Pembibitan.....	123
4.8.1	Pembibitan Mangrove	123
4.8.1.1	Penyiapan Mangrove.....	123
4.8.1.2	Pemilihan Bibit Mangrove	124
4.8.1.3	Persemaian Bibit Mangrove.....	125
4.8.2	Penanaman Mangrove	127
4.8.2.1	Lokasi Penanaman Mangrove.....	127
4.8.2.2	Pemilihan Jenis Mangrove pada Tiap Tapak	128
4.8.2.3	Persiapan Lahan	129
4.8.2.4	Cara Penanaman	129
4.8.2.5	Cara Penanaman Khusus.....	132
4.8.3	Pemeliharaan dan Perawatan Mangrove	136
4.8.3.1	Penyiangan dan Penyulaman	136
4.8.3.2	Penjarangan.....	136
4.8.3.3	Perlindungan Tanaman	136
4.9	Perdagangan Karbon Dari Ekosistem Pesisir	137
4.9.1	Langkah Teknis Menuju Perdagangan Karbon	138
4.9.1.1	Penilaian Awal dan Penetapan Baseline Emisi	138
4.9.1.2	Metodologi MRV (<i>Monitoring, Reporting, and Verification</i>)	139
4.9.1.3	Peran Lembaga Verifikasi (<i>Validation and Verification Body – VVB</i>)	140
4.9.1.4	<i>Additionality</i> dan <i>Leakage</i>	140
4.9.1.5	Perhitungan Kredit Karbon.....	140
4.9.2	Pendaftaran dan Sertifikasi Proyek Karbon	141
4.9.2.1	Skema Nasional: SRN PPI	141
4.9.2.2	Skema Internasional (<i>Verra, Gold Standard</i>)	141
4.9.2.3	Strategi Integrasi (<i>Dual-Pathway</i>).....	141
4.9.3	Skema Perdagangan dan Pasar Karbon	142
4.9.3.1	Model Transaksi Perdagangan Karbon Mangrove	142
4.9.3.2	Penentuan Harga Kredit Karbon Mangrove	143
4.9.3.3	Identifikasi Buyer Potensial.....	144
4.9.3.4	Strategi Penguatan Perdagangan Karbon Mangrove	144
BAB 6		146
KESIMPULAN DAN REKOMENDASI		146
6.1	Kesimpulan.....	146
6.2	Rekomendasi Pengelolaan Mangrove Kabupaten Tanah Laut:.....	147
DAFTAR PUSTAKA		150

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jasa ekosistem mangrove dalam memberikan manfaat bagi masyarakat	9
Tabel 2.1 Parameter Pengambilan Biomassa di Atas	19
Tabel 3.1 Kebutuhan peralatan yang digunakan	22
Tabel 3.2 Persamaan allometrik mangrove	30
Tabel 3.3 Persamaan.Allometrik Karbon Atas Permukaan Jenis Mangrove	31
Tabel 3.4 Pedoman untuk Memberikan Interpretasi Koefisien Korelasi	35
Tabel 3.5 Matriks Analisis SWOT	39
Tabel 4.1 Jenis-jenis mangrove yang ditemukan	42
Tabel 4.2 Luas berdasarkan tingkat kerapatan	65
Tabel 4.3 Luas Sebaran Mangrove dalam kawasan dan luar kawasan Kab. tanah Laut.....	67
Tabel 4.4 Estimasi kandungan biomassa dan cadangan karbon mangrove pada kerapatan jarang	75
Tabel 4.5 Estimasi kandungan biomassa dan cadangan karbon mangrove pada kerapatan sedang	78
Tabel 4.6 Kandungan biomassa dan cadangan mangrove pada kerapatan lebat.....	80
Tabel 4.7 Estimasi serapan CO ₂ Mangrove Pada Kerapatan Jarang	82
Tabel 4.8 Estimasi serapan CO ₂ Mangrove Pada Kerapatan Sedang.....	84
Tabel 4.9 Estimasi serapan CO ₂ Mangrove Pada Kerapatan Lebat	85
Tabel 4.10 Nilai Ekonomi Karbon Mangrove Kabupaten Tanah Laut.....	87
Tabel 4.11 Hasil analisis IFAS (<i>Internal Factor Analysis Summary</i>)/Faktor Internal Pengelolaan Mangrove	101
Tabel 4.12 Hasil Analisis EFAS (<i>External Factor Analysis Summary</i>)/Faktor Eksternal Pengelolaan Mangrove	105
Tabel 4.13 Rencana aksi, program pengelolaan mangrove Kabupaten Tanah Laut Tahun 2026-2029	115
Tabel 4.14 Rencana Analisis Kerapatan Mangrove dan Rencana Aksi di Kabupaten Tanah Laut	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk buah mangrove yang dapat menjadi acuan identifikasi jenis mangrove	8
Gambar 2.2 Ilustrasi pengukuran mangrove	8
Gambar 2.3 Zonasi vegetasi mangrove	11
Gambar 3.1 Peta Batas Administrasi Kabupaten Tanah Laut	21
Gambar 3.2 Contoh tansek sampel	25
Gambar 3.3 Metode Transek Kuadrat untuk Pengambilan Sampel Estimasi Biomassa	27
Gambar 3.4 Pengukuran Diameter Mangrove Kategori Pohon	28
Gambar 3.5 Derajat Keutuhan Pohon Mati	32
Gambar 3.6 <i>Roadmap</i> Penelitian	40
Gambar 3.7 Alur Penelitian	41
Gambar 4.1 Jenis mangrove yang ditemukan	44
Gambar 4.2 Jenis <i>Avicennia marina</i>	46
Gambar 4.3 Jenis <i>Avicennia alba</i>	47
Gambar 4.4 Jenis <i>Avicennia officinalis</i>	49
Gambar 4.5 Jenis <i>Bruguiera gymnorhiza</i>	51
Gambar 4.6 Jenis <i>Bruguiera sexangula</i>	52
Gambar 4.7 Jenis <i>Rhizophora apiculata</i>	54
Gambar 4.8 Jenis <i>Rhizophora mucronata</i>	55
Gambar 4.9 Jenis <i>Sonneratia alba</i>	57
Gambar 4.10 Jenis <i>Sonneratia caseolaris</i>	59
Gambar 4.11 Jenis <i>Excoecaria agallocha</i>	61
Gambar 4.12 Jenis Mangrove <i>Nypa fruticans</i>	62
Gambar 4.13 Jenis Mangrove <i>Acanthus ilicifolius</i>	64
Gambar 4.14 Luas berdasarkan tingkat kerapatan (ha)	65
Gambar 4.15 Peta Citra Sentinel 2 (RGB : 432)	69
Gambar 4.16 Peta Sebaran Mangrove	70
Gambar 4.17 Peta Sebaran Mangrove Kec. Bumi Makmur, Kurau, dan Takisung	71
Gambar 4.18 Peta Sebaran Mangrove Kec. Panyipatan dan Jorong	72
Gambar 4.19 Peta Sebaran Mangrove Kec. Jorong dan Kintap	73
Gambar 4.20 Usia Responden	91
Gambar 4.21 Jenis Kelamin	92
Gambar 4.22 Pendidikan Terakhir	93
Gambar 4.23 Pekerjaan	94
Gambar 4.24 Pelaksanaan <i>Focus Group Discussion</i> (FGD) dengan masyarakat Desa Pagatan Besar, Kecamatan Takisung, Kabupaten Tanah Laut	95
Gambar 4.25 Pelaksanaan <i>Focus Group Discussion</i> (FGD) dengan masyarakat Desa Muara Kintap, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut	96
Gambar 4.26 Pelaksanaan <i>Focus Group Discussion</i> (FGD) dengan masyarakat Desa Swarangan, Kecamatan Jorong,	

Kabupaten Tanah Laut	98
Gambar 4.27 Posisi Kuadran SWOT Pengelolaan Mangrove.....	108
Gambar 4.28 Bedeng persemaian mangrove	125
Gambar 4.29 Tegakan mangrove di pantai pasir putih	127
Gambar 4.30 Tegakan mangrove di tepian sungai	127
Gambar 4.31 Tegakan mangrove di tanggul dan pinggir tambak.....	128
Gambar 4.32 Penanaman bibit mangrove dalam lubang tanaman	130
Gambar 4.33 Wamina pola empang parit	131
Gambar 4.34 Wamina pola empang parit disempurnakan	132
Gambar 4.35 Wamina pola komplangan	132
Gambar 4.36 Pola pemasangan APO	133
Gambar 4.37 Konstruksi APO	133
Gambar 4.38 Konstruksi tiang pancang.....	134
Gambar 4.39 Pola pemasangan APO	134
Gambar 4.40 Penanaman bibit dengan bantuan batang bambu.....	135
Gambar 4.41 Penanaman bibit dengan menggunakan:	
(A) buis beton (B) bambu.....	135
Gambar 4.42 Proyeksi Penentuan Baseline dan Kredit Karbon	
Berdasarkan Serapan Mangrove	138
Gambar 4.43 Diagram Alur MRV Proyek Karbon	139

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal memiliki ekosistem mangrove terluas di dunia, dengan luas perkiraan mencapai 2,5 juta hektar menurut Giesen (1993). Mangrove tidak hanya berperan penting dalam menyerap karbon dan melindungi garis pantai dari erosi, tetapi juga mendukung biodiversitas maritim dan industri perikanan. Fungsi-fungsi ini menjadikan hutan mangrove sebagai ekosistem yang kritis, terutama dalam menghadapi perubahan iklim yang semakin massif. Studi oleh CIFOR (2017) menunjukkan bahwa lahan mangrove menyimpan lebih dari 30% cadangan karbon dunia, yang jauh lebih banyak dibandingkan dengan hutan lainnya.

Hutan mangrove adalah hutan yang tumbuh di atas rawa-rawa berair payau yang terletak pada garis pantai dan dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Hutan ini biasanya tumbuh di tempat-tempat dimana terjadi pelumpuran dan akumulasi bahan organik. Baik di teluk yang terlindung dari gempuran ombak, maupun sekitar muara sungai di mana air melambat dan mengendapkan lumpur yang dibawanya. Hutan mangrove sebagai suatu ekosistem mempunyai potensi keindahan alam dan lingkungan berupa komponen penyusun ekosistem yang terdiri dari vegetasi, biota atau organisme asosiasi, satwa liar, dan lingkungan sekitarnya. Fungsi lingkungan yang diperoleh dari hutan mangrove antara lain sebagai habitat, daerah pemijahan, penyedia unsur hara, dan lain sebagainya. Hutan mangrove tidak hanya penting dalam menyerap karbon dan sebagai benteng alami terhadap erosi, tetapi juga mendukung biodiversitas maritim dan perikanan. Disamping itu hutan mangrove merupakan areal tempat penelitian, pendidikan, dan ekowisata (FAO, 1994; Massaut, 1999).

Kabupaten Tanah Laut, terdapat berbagai jenis mangrove yang mendominasi kawasan pesisir, seperti *Rhizophora* spp., *Avicennia* spp., dan *Sonneratia* spp. Setiap jenis mangrove memiliki karakteristik khusus dalam hal biomassa dan kemampuan menyimpan karbon. *Rhizophora* spp., misalnya,

dikenal memiliki akar tunjang yang luas dan kompleks, yang tidak hanya berfungsi untuk penyangga tetapi juga untuk menyimpan karbon dalam jumlah besar. Analisis jenis mangrove dan estimasi stok karbon di Kabupaten Tanah Bumbu menjadi langkah awal yang penting dalam mengkaji potensi cadangan karbon di kawasan ini.

Meskipun hutan mangrove di wilayah ini memiliki luas yang signifikan dan potensi yang besar dalam menyimpan karbon, data ilmiah yang tersedia masih terbatas dan tidak mencukupi untuk mendukung upaya konservasi dan pengelolaan yang efektif. Oleh karena itu, penelitian ini perlu menjawab beberapa pertanyaan utama: Berapa besar cadangan karbon yang tersimpan di biomassa vegetasi dan sedimen mangrove di Kabupaten Tanah Laut? Bagaimana distribusi karbon di berbagai jenis mangrove yang ada di wilayah ini? Dan bagaimana hasil kajian ini dapat digunakan untuk mendukung kebijakan pengelolaan hutan mangrove yang berkelanjutan serta meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat lokal dalam konservasi mangrove? Dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan ini, penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai peran hutan mangrove dalam mitigasi perubahan iklim dan memberikan dasar ilmiah bagi upaya konservasi dan pengelolaan yang lebih efektif.

Salah satu dari sumber yang mendapat perhatian di wilayah pesisir adalah ekosistem mangrove. Hutan mangrove sebagai sumber daya alam hayati mempunyai keragaman potensi yang memberikan manfaat bagi kehidupan manusia. Manfaat yang dirasakan berupa berbagai produk dan jasa. Pemanfaatan produk dan jasa tersebut telah memberikan tambahan pendapatan dan bahkan merupakan penghasilan utama dalam pemenuhan kebutuhan hidup masyarakat. Salah satu jasa yang diperoleh dari manfaat hutan mangrove adalah jasa ekowisata (Kustanti dkk., 2005).

Tabel 1.1. Jasa ekosistem mangrove dalam memberikan manfaat bagi masyarakat

No.	Jasa	Fungsi	Nilai Ekonomi
1	Produk kehutanan	Keragaman hayati yang menjadi hasil hutan kayu dan non kayu	¹ USD 484-585/ha/thn, ² USD 285.174/ha/thn
2	Pelindung pantai	Mencegah erosi melalui fungsi akar yang mengikat tanah dan stabilisasi sedimen	¹ USD 3.679 ha/thn
		Melindungi badai melalui penyerapan energi gelombang dan angin	¹ USD 8.966-10.821/ha
3	Sumberdaya perikanan	Sebagai habitat biota	¹ USD 484-585/ha/thn, ³ USD 117/ha/thn
4	Siklus karbon	Fungsi penyerapan dan penyimpanan karbon dalam biomassa pohon dan tanah	¹ USD 30,50/ha/thn
5	Ekowisata	Pendapatan ekonomi masyarakat dari pengelolaan wisata	⁴ USD 3.929/thn
6	Filter air	Pemanfaatan mangrove dalam water treatment	² USD 14.631-24.589/ ha/thn

Sumber: ¹Barbier et al. (2011), ²Cabrera et al. (1998), ³Ruitenbeek (1992), dan ⁴Ambarita et al. (2018)

Kerusakan pada lahan mangrove banyak disebabkan oleh kurangnya implementasi kaidah-kaidah konservasi dan pemahaman yang kurang tentang perilaku lahan mangrove, sering kali berakibat pada penggunaan teknologi yang kurang tepat. Menurut Walidi et al. (2019) dan Najiyati dkk. (2005), sekitar 3,74 juta hektar lahan mangrove di Indonesia telah terdegradasi, yang berakibat pada penurunan produktivitas dan meningkatnya emisi gas rumah kaca (Agus dkk., 2016). Dalam konteks ini, peningkatan pendapatan nelayan melalui ekowisata berbasis mangrove menawarkan strategi berkelanjutan yang dapat melindungi mangrove sekaligus mendukung ekonomi lokal.

Perdebatan mengenai cara pandang dan pendekatan pengelolaan lahan mangrove semakin mengemuka dewasa ini seiring dengan laju perubahan iklim yang semakin massif. Lahan mangrove adalah ekosistem esensial yang terbentuk secara alami dari material organik yang terdekomposisi tidak sempurna dan terakumulasi pada rawa (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor

71 Tahun 2014). Lahan mangrove, yang luasnya hanya sekitar 3-5% permukaan bumi, menyimpan lebih dari 30% cadangan karbon dunia. Dua kali lebih banyak dibanding hutan di seluruh dunia, dan enam kali dari yang ada di atmosfer (CIFOR, 2017). Indonesia memiliki mangrove tropis terluas di dunia, yakni 14,91 juta hektar (Khotimah dkk., 2020), dengan kandungan karbon $\pm$ 57 gigaton (20 kali lipat karbon tanah mineral biasa). Fungsi lainnya adalah sebagai pengendali banjir dan kemarau karena sifatnya yang *hydrophysical*, serta habitat bagi berbagai flora dan fauna (Pantau Gambut, 2023).

Solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah penerapan strategi pengelolaan hutan mangrove yang berbasis data ilmiah untuk memaksimalkan potensi cadangan karbon dan mendukung konservasi yang berkelanjutan di Kabupaten Tanah Laut. Pertama, diperlukan pengukuran dan pemetaan yang akurat dari cadangan karbon di biomassa vegetasi dan sedimen mangrove, yang dapat dilakukan melalui survei lapangan dan analisis laboratorium. Kedua, hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan kawasan mangrove yang paling efektif dalam menyimpan karbon untuk upaya konservasi dan restorasi. Ketiga, program pendidikan dan penyuluhan kepada masyarakat lokal tentang pentingnya hutan mangrove dalam mitigasi perubahan iklim dan manfaat ekonominya dapat meningkatkan partisipasi masyarakat dalam konservasi. Keempat, pengembangan kebijakan lokal yang mendukung perlindungan dan pemulihan hutan mangrove, termasuk penerapan insentif ekonomi untuk kegiatan yang ramah lingkungan seperti ekowisata mangrove dan budidaya hasil laut berkelanjutan. Kelima, integrasi hasil penelitian ini ke dalam program nasional dan internasional seperti REDD+ untuk mendapatkan dukungan finansial dan teknis dalam konservasi mangrove. Dengan solusi-solusi ini, diharapkan potensi cadangan karbon hutan mangrove dapat dimaksimalkan, ekosistem mangrove terlindungi, dan kesejahteraan masyarakat lokal meningkat.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian berjudul “Kajian Cadangan Karbon dan Serapan Emisi pada Hutan Mangrove di Kabupaten Tanah Laut” adalah sebagai berikut:

1. Mengukur Potensi Cadangan Karbon di Ekosistem Mangrove di ekosistem mangrove yang tersebar di beberapa kecamatan di Kabupaten Tanah Laut.
2. Menganalisis Tingkat Serapan Emisi Karbon oleh Hutan Mangrove
3. Mengidentifikasi Spesies Mangrove dengan Kapasitas Penyimpanan Karbon Terbaik
4. Memberikan Rekomendasi Strategis untuk Konservasi dan Pengelolaan Mangrove.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian berjudul “Kajian Cadangan Karbon dan Serapan Emisi pada Hutan Mangrove di Kabupaten Tanah Laut” adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Ekologis:

- Pelestarian Ekosistem Mangrove: Penelitian ini akan memberikan data ilmiah yang diperlukan untuk upaya konservasi dan rehabilitasi ekosistem mangrove, yang sangat penting untuk menjaga keanekaragaman hayati dan fungsi ekologisnya.
- Mitigasi Perubahan Iklim: Dengan mengidentifikasi potensi simpanan karbon, penelitian ini berkontribusi pada upaya global dalam mitigasi perubahan iklim melalui penyerapan dan penyimpanan karbon di ekosistem mangrove.

2. Manfaat Ekonomi:

- Pengembangan Karbon Trading: Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengembangkan program karbon trading yang dapat memberikan

manfaat ekonomi bagi masyarakat lokal melalui pembayaran kompensasi atas upaya pelestarian mangrove.

- Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat: Dengan adanya program karbon trading dan pelibatan masyarakat dalam upaya pelestarian mangrove, kesejahteraan ekonomi masyarakat sekitar dapat meningkat melalui manfaat ekonomi langsung dan tidak langsung.

3. Manfaat Sosial:

- Peningkatan Kesadaran Lingkungan: Penelitian ini dapat meningkatkan kesadaran masyarakat dan pemangku kepentingan lainnya mengenai pentingnya pelestarian mangrove dan manfaat yang dapat diperoleh dari ekosistem ini.
- Partisipasi Aktif Masyarakat: Melalui program pelibatan masyarakat, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan partisipasi aktif masyarakat dalam upaya pelestarian mangrove, yang akan memastikan keberlanjutan jangka panjang dari upaya tersebut.

4. Manfaat Ilmiah:

- Pengembangan Ilmu Pengetahuan: Penelitian ini akan memberikan kontribusi signifikan terhadap ilmu pengetahuan mengenai ekosistem mangrove, terutama dalam hal pengukuran simpanan karbon dan manfaat ekonomi dari karbon trading.
- Data dan Informasi yang Valid: Hasil penelitian ini akan menyediakan data dan informasi yang valid dan dapat digunakan sebagai dasar untuk penelitian lebih lanjut serta pengambilan kebijakan terkait pelestarian mangrove.

5. Manfaat Kebijakan:

- Dasar Pengambilan Keputusan: Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan dan pembuatan kebijakan terkait konservasi dan rehabilitasi mangrove, baik di tingkat lokal, nasional, maupun internasional.

- Pengembangan Program Konservasi: Penelitian ini dapat membantu dalam pengembangan program konservasi yang lebih efektif dan efisien, yang didukung oleh data ilmiah yang akurat dan komprehensif.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Mangrove

Kawasan pesisir dan estuarin merupakan habitat alami bagi ekosistem mangrove, yang kerap dikenal sebagai hutan bakau, hutan payau, atau mangrove forest. Ekosistem ini memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan pesisir, mulai dari menahan abrasi pantai, meredam gelombang dan angin kencang, hingga menjadi tempat pemijahan, pembesaran, dan perlindungan bagi berbagai jenis ikan, *crustacea*, dan biota lainnya. Selain memiliki fungsi ekologis yang signifikan, mangrove juga memberikan manfaat sosial dan ekonomi bagi masyarakat pesisir melalui penyediaan sumber daya alam, bahan baku, dan peluang pemanfaatan jasa lingkungan. Namun demikian, keberadaan mangrove terus menghadapi tekanan akibat aktivitas pembangunan, alih fungsi lahan, serta pemanfaatan sumber daya yang kurang terkendali, sehingga menuntut upaya pengelolaan yang lebih bijaksana dan berkelanjutan.

Pada mulanya hutan mangrove hanya dikenal secara terbatas oleh kalangan ahli lingkungan, terutama lingkungan laut. Mula-mula kawasan hutan mangrove dikenal dengan istilah *vloedbosh*, kemudian dikenal dengan istilah "payau" karena sifat habitatnya yang payau 0,5 ppt dan 30 ppt (*part per thousand, ‰*). Disebut juga ekosistem hutan pasang surut air laut. Berdasarkan jenis pohonnya, yaitu bakau, maka kawasan mangrov juga disebut hutan bakau.

Hutan mangrove merupakan masyarakat hutan halofil yang tumbuh dan berkembang pada kawasan intertidal di wilayah tropika dan subtropika, terutama pada area rawa, delta, maupun hamparan lumpur yang dipengaruhi secara langsung oleh pasang surut air laut (Moore, 1997). Keberadaannya mencerminkan adaptasi biologis yang sangat khas, karena vegetasi mangrove mampu bertahan pada kondisi lingkungan yang ekstrem, seperti salinitas tinggi, fluktuasi genangan, serta substrat yang miskin oksigen. Struktur komunitasnya tersusun oleh berbagai jenis pohon, semak, dan organisme asosiasi yang saling berinteraksi dan membentuk ekosistem yang kompleks. Selain memainkan peran penting dalam

menstabilkan garis pantai dan menahan erosi, hutan mangrove juga berfungsi sebagai kawasan pemijahan, pembesaran, serta tempat perlindungan bagi berbagai biota perairan. Dengan kemampuan menyerap karbon dan menjaga kualitas lingkungan pesisir, mangrove menjadi salah satu ekosistem kunci yang berkontribusi besar terhadap keberlanjutan sumber daya alam dan kesejahteraan masyarakat pesisir.

Menempatkan mangrove sebagai suatu ekosistem memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai kekayaan sumber daya hayati dan kompleksitas habitat yang ada di dalamnya. Ekosistem ini tidak hanya terdiri atas berbagai jenis flora yang memiliki adaptasi unik terhadap kondisi salinitas tinggi dan pasang surut, tetapi juga menjadi rumah bagi beragam fauna yang menjadikan mangrove sebagai bagian penting dari siklus hidupnya. Vegetasi mangrove menciptakan struktur habitat yang berlapis, mulai dari kanopi, batang, hingga akar tunjang dan pneumatofor, yang semuanya menyediakan ruang hidup bagi organisme dengan kebutuhan ekologis yang berbeda-beda. Dalam konteks tersebut, area mangrove berfungsi sebagai tempat hidup, mencari makan, berlindung, bertelur, hingga menjadi terminal migrasi bagi berbagai kelompok fauna, seperti burung air, reptil, moluska, krustasea, dan ikan (Saputro dkk., 2009). Banyak spesies ikan dan udang bergantung pada kawasan ini sebagai daerah pemeliharaan dan pembesaran (nursery ground), sementara beberapa spesies burung menggunakan mangrove sebagai tempat bersarang dan transit saat melakukan migrasi. Keberadaan interaksi yang kompleks antara komponen biotik dan abiotik tersebut menjadikan mangrove sebagai salah satu ekosistem pesisir yang paling produktif dan berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekologis serta mendukung keberlanjutan sumber daya perikanan dan keanekaragaman hayati di wilayah pesisir.

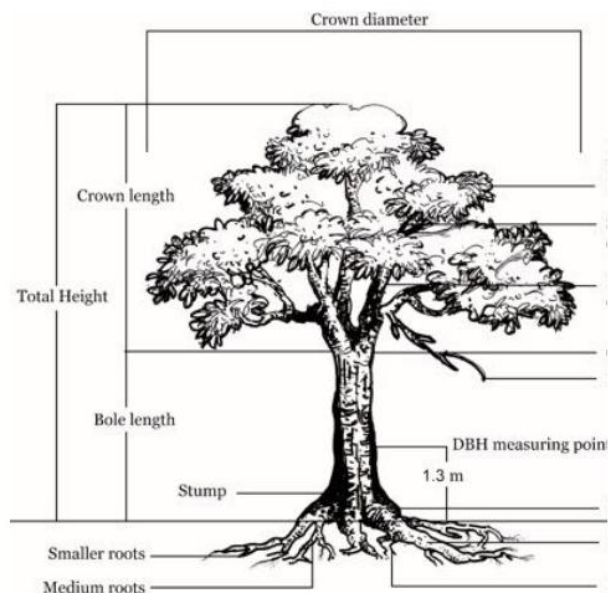
2.2 Jenis atau spesies Mangrove

Hutan Mangrove meliputi pohon-pohonan dan semak yang terdiri dari 12 genera tumbuhan berbunga *Avicenni*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Xylocarpus*, *Lumnitzera*, *Laguncularia*, *Aegicera*, *Aegiatili*, *Snaeda* dan *Conocarpus* yang termasuk ke dalam delapan famili (Bengen, 2004). Vegetasi hutan mangrove di Indonesia memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi, namun demikian hanya

terdapat kurang lebih 47 jenis tumbuhan yang spesifik hutan mangrove. Paling tidak di dalam hutan mangrove terdapat salah satu jenis tumbuhan sejati penting/dominan yang termasuk kedalam empat famili, yaitu: Rhizophoraceae (*Rhizophora*, *Bruguiera* dan *Ceriops*), Sonneratiaceae (*Sonneratia*), Avicenniaceae (*Avicennia*) dan Meliaceae (*Xylocarpus*) (Bengen, 2004).



Gambar 2.1. Bentuk buah mangrove yang dapat menjadi acuan identifikasi jenis mangrove.



Gambar 2.2. Ilustrasi pengukuran mangrove

Teknik Pengukuran Mangrove dilakukan dengan memahami karakteristik vegetasi mangrove yang unik dan beragam. Proses identifikasi jenis umumnya

dilakukan melalui pengamatan visual menggunakan foto atau ilustrasi pada buku panduan, maupun dengan memanfaatkan kunci identifikasi mangrove. Teknik ini pada dasarnya serupa dengan identifikasi jenis pohon lainnya, yaitu dengan memperhatikan bagian-bagian penting dari tanaman, seperti bentuk dan ukuran daun, struktur batang dan kulitnya, pola percabangan, tipe akar, serta karakteristik buah dan bunga. Melalui pengamatan yang menyeluruh terhadap ciri morfologi tersebut, jenis mangrove dapat dikenali dengan lebih akurat sebagai langkah awal sebelum dilakukan pengukuran parameter ekologi dan analisis struktur komunitas dalam suatu kajian. Identifikasi pohon mangrove dilakukan dengan memperhatikan bagian:

1. Bentuk pohon (*tree*)
2. Struktur akar (*roots*)
3. Bentuk buah (*propagule/fruit*)
4. Bentuk dan susunan daun (*leaves*)
5. Rangkaian bunga (*flowers*)

Untuk mengetahui struktur pohon, pengukuran umumnya terbagi dua bagian: (1) *Diameter at Breast Height* (DBH) yaitu titik pengukuran tegakan pohon (*bole*) setinggi 1.3 m, dan (2) bagian Tajuk (*crown*). Teknik Pengukuran Mangrove dijelaskan lebih lanjut oleh Sidik dkk. (2019).

2.3 Zonasi Hutan Mangrove

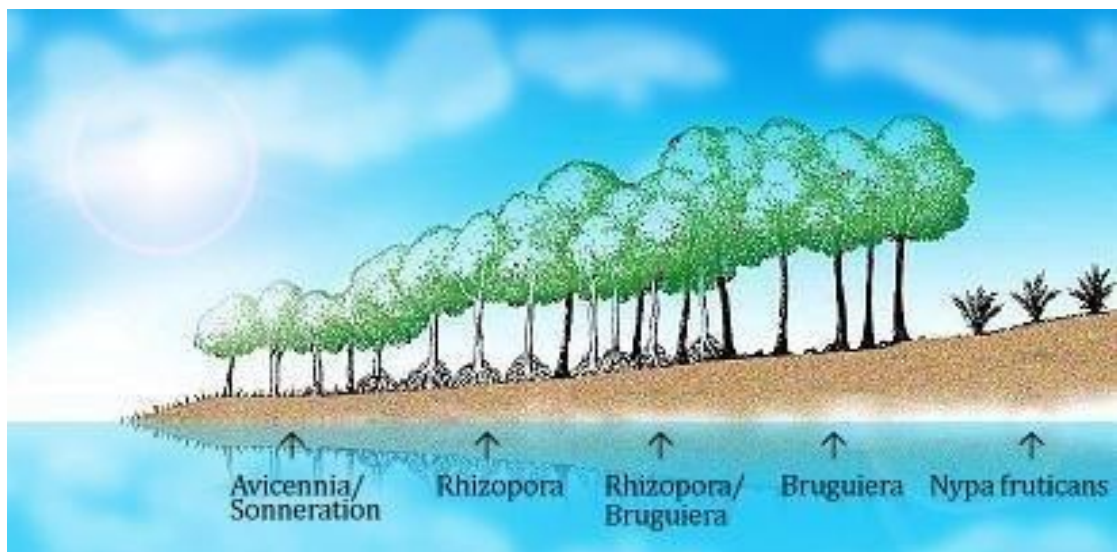
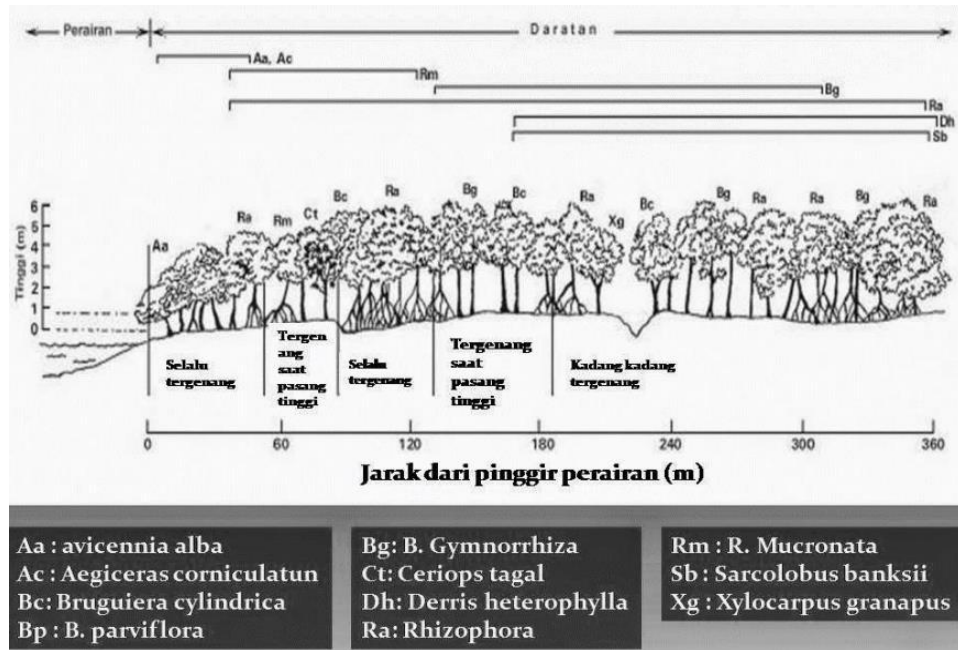
Menurut Bengen (2001), penyebaran dan zonasi hutan mangrove terbentuk melalui interaksi berbagai faktor lingkungan yang saling memengaruhi, seperti salinitas, frekuensi dan durasi pasang surut, stabilitas serta jenis substrat, suplai air tawar dari daratan, hingga tingkat pengendapan dan erosi sedimen. Variasi kondisi ini menciptakan gradien ekologis dari arah laut menuju darat, sehingga setiap spesies mangrove menempati zona yang paling sesuai dengan toleransi fisiologis dan morfologinya. Pola pemilahan vegetasi tersebut membentuk zonasi yang khas, di mana zona terluar dihuni oleh spesies dengan toleransi ekstrem terhadap salinitas dan genangan, sementara zona lebih ke dalam didominasi spesies yang membutuhkan substrat lebih stabil dan kondisi genangan yang lebih rendah. Pemahaman mengenai zonasi mangrove menjadi sangat penting, baik untuk

kepentingan konservasi maupun rehabilitasi, karena kesesuaian penempatan jenis menentukan keberhasilan pertumbuhan dan pemulihan ekosistem.

Salah satu tipe zonasi hutan mangrove di Indonesia dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1. Zona terdepan yang berhadapan langsung dengan laut**, biasanya memiliki substrat berpasir hingga lumpur berpasir dan tergenang air secara intensif. Pada kawasan ini umumnya tumbuh *Avicennia* spp., yang dikenal memiliki toleransi tinggi terhadap salinitas dan kondisi substrat yang labil. Spesies ini memiliki akar napas (pneumatofor) yang membantu pertukaran oksigen pada tanah berkadar oksigen rendah. Selain itu, *Sonneratia* spp. sering berasosiasi di zona ini, terutama pada substrat lumpur dalam yang kaya bahan organik. Kehadiran jenis-jenis ini menjadi garis pertahanan pertama terhadap gelombang dan abrasi.
- 2. Zona yang berada lebih ke arah darat**, biasanya tergenang secara teratur namun tidak sesering zona terluar. Pada area ini komunitas mangrove umumnya didominasi oleh *Rhizophora* spp., yang dikenal dengan akar tunjangnya yang kuat dan mampu memerangkap sedimen. Akar tersebut membantu membangun dan menstabilkan substrat sehingga mendorong proses akresi sedimen. Di zona ini juga sering dijumpai jenis *Bruguiera* spp. dan *Xylocarpus* spp., yang memanfaatkan substrat yang sedikit lebih stabil dibandingkan garis terdepan.
- 3. Zona berikutnya** umumnya didominasi oleh *Bruguiera* spp., yang memiliki toleransi terhadap genangan yang lebih rendah dibandingkan *Rhizophora*. Substrat di zona ini relatif lebih padat, dan kondisi salinitas cenderung menurun karena semakin dekat dengan sumber air tawar dari daratan. Jenis-jenis ini sering membentuk tegakan yang rapat dengan struktur perakaran lutut (*knee roots*) yang khas.
- 4. Zona transisi antara hutan mangrove dan hutan dataran rendah**, ditandai dengan jarang genangan air pasang. Pada wilayah ini biasanya tumbuh *Nypa fruticans* atau palma nipah, yang mendominasi daerah sepanjang alur sungai atau kanal alami. Selain nipah, beberapa spesies palem daratan dan

vegetasi semi-pesisir lainnya dapat ditemukan sebagai bagian dari komunitas transisi menuju ekosistem dataran rendah.



Gambar 2.3. Zonasi vegetasi mangrove (White et al., 1989 dalam Noor et al., 2006)

2.4 Rehabilitasi Mangrove

Rehabilitasi lahan mangrove, baik pada kawasan yang mengalami degradasi maupun bekas hutan mangrove yang telah rusak, merupakan upaya yang sangat penting dilakukan pada masa sekarang. Kerusakan mangrove yang terjadi akibat konversi lahan, pembangunan infrastruktur, tambak intensif, penebangan tidak

terkendali, serta perubahan hidrologi pesisir telah menyebabkan hilangnya berbagai fungsi ekologis dan sosial-ekonomi yang dimiliki ekosistem ini. Mengingat peran mangrove dalam menstabilkan garis pantai, meredam gelombang, menyediakan habitat bagi biota, serta menyerap karbon dalam jumlah besar, kebutuhan akan rehabilitasi menjadi bagian tak terpisahkan dari strategi pengelolaan pesisir secara berkelanjutan.

Meskipun penanaman mangrove sering dipandang sebagai bentuk rehabilitasi yang paling umum, sebenarnya rehabilitasi tidak selalu harus dilakukan dengan menanam bibit. Menurut Brown (2006), setiap pohon mangrove mampu menghasilkan ratusan ribu benih berupa buah atau propagul setiap tahun. Bila kondisi hidrologi suatu kawasan telah kembali normal, benih-benih tersebut dapat berkembang secara alami melalui proses regenerasi. Pada kondisi ekologis yang masih sesuai, propagul mangrove akan menetap dan tumbuh pada lokasi-lokasi yang dahulu pernah menjadi habitat mangrove tanpa memerlukan intervensi besar dari manusia. Oleh sebab itu, keberhasilan rehabilitasi justru bergantung pada pemulihan kondisi biofisik dan hidrologi lingkungan, bukan semata pada kegiatan penanaman.

Beberapa teknik rehabilitasi mangrove dapat diterapkan sesuai kondisi kerusakan yang terjadi, namun masing-masing memiliki kelebihan dan keterbatasan. Untuk itu, pemilihan metode harus didasarkan pada pemahaman yang tepat mengenai kondisi ekologis kawasan. Secara umum, terdapat lima langkah penting dalam prosedur teknis yang menjadi kunci keberhasilan rehabilitasi mangrove, yaitu:

1. **Memahami autekologi mangrove**, yaitu sifat-sifat ekologi setiap jenis mangrove pada lokasi tertentu, termasuk pola reproduksi, waktu jatuhnya propagul, pola dispersinya, serta tingkat keberhasilan tumbuh bibit. Pengetahuan ini membantu menentukan apakah rehabilitasi sebaiknya dilakukan melalui regenerasi alami atau melalui penanaman.
2. **Memahami pola hidrologi alami** yang mengatur distribusi dan pertumbuhan spesies mangrove. Hidrologi meliputi pasang surut, aliran air tawar, dan dinamika sedimen merupakan penentu utama dalam menentukan jenis yang

dapat tumbuh pada suatu zona. Kerusakan mangrove sering kali terkait dengan terganggunya hidrologi normal.

3. **Meneliti perubahan lingkungan** yang menghambat proses regenerasi alami. Perubahan tersebut dapat berupa sedimentasi berlebih, pendangkalan saluran air, pemadatan tanah, peningkatan salinitas, pencemaran, atau tertutupnya jalur aliran air akibat pembangunan. Identifikasi penyebab ini penting untuk menentukan intervensi yang dibutuhkan.
4. **Merancang program restorasi hidrologi** untuk mengembalikan kondisi alami aliran air, frekuensi genangan, dan suplai air tawar. Restorasi hidrologi dapat dilakukan dengan membuka saluran air yang tersumbat, menghilangkan tanggul atau bendungan yang tidak diperlukan, atau mengembalikan kontur tanah yang sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan mangrove.
5. **Melakukan pembibitan dan penanaman** hanya apabila keempat langkah sebelumnya telah dilakukan namun regenerasi alami tidak memperlihatkan perkembangan yang memadai. Penanaman merupakan opsi terakhir, bukan langkah awal. Pada tahap ini, pemilihan jenis, ukuran bibit, metode penanaman, dan penentuan zona lokasi tanam harus dilakukan secara tepat agar tingkat kelangsungan hidup bibit menjadi tinggi.

2.5 Kerapatan Hutan Mangrove

Kerapatan jenis merupakan parameter penting dalam analisis struktur komunitas mangrove dan biota asosiasinya. Parameter ini menggambarkan jumlah total individu suatu spesies yang ditemukan dalam satuan luas petak pengamatan, di mana luas petak tersebut ditentukan berdasarkan jumlah plot maupun ukuran plot yang digunakan. Nilai kerapatan jenis memberikan informasi mengenai dominansi, kemampuan adaptasi, serta kecocokan spesies terhadap kondisi lingkungan tertentu. Semakin tinggi nilai kerapatan suatu spesies, semakin besar pula perannya dalam struktur vegetasi atau komunitas organisme pada kawasan mangrove tersebut.

a. Biota Hutan Mangrove

Menurut Bengen (2004), komunitas fauna yang menghuni ekosistem mangrove memiliki keunikan tersendiri, karena merupakan percampuran antara fauna daratan (terrestrial) dan fauna perairan (aquatik). Kombinasi kedua kelompok ini menciptakan interaksi ekologis yang kompleks serta mendukung tingginya keanekaragaman hayati di kawasan mangrove.

1. Kelompok fauna daratan (terrestrial)

Fauna daratan yang terdapat di hutan mangrove umumnya menempati bagian atas pohon dan strata kanopi. Kelompok ini mencakup insekta berbagai ordo, beberapa jenis ular, primata tertentu, serta beragam spesies burung. Fauna terrestrial secara umum tidak memiliki adaptasi fisiologis yang spesifik terhadap kondisi salinitas tinggi, genangan air, atau substrat anaerob. Namun, mereka mampu memanfaatkan hutan mangrove sebagai tempat berlindung, beristirahat, ataupun mencari makan. Beberapa burung menjadikan mangrove sebagai lokasi penting untuk bertengger, bersarang, ataupun sebagai tempat transit saat migrasi. Selain itu, pada saat air surut, fauna daratan seperti burung pemakan ikan atau insekta dapat mencari makanan berupa organisme laut yang terjebak atau berada di permukaan lumpur.

2. Kelompok fauna perairan (aquatik)

Fauna perairan di hutan mangrove terbagi menjadi dua tipe utama. Tipe pertama adalah fauna yang hidup pada kolom perairan, terutama beragam jenis ikan, udang, dan larva organisme perairan lainnya. Kawasan mangrove merupakan *nursery ground* (daerah pembesaran) penting bagi banyak spesies ikan dan udang, karena kondisi perairannya yang tenang dan kaya bahan organik. Tipe kedua adalah fauna yang hidup pada substrat, baik substrat keras seperti akar tunjang dan batang pohon, maupun substrat lunak seperti lumpur atau pasir berlumpur. Fauna ini meliputi kepiting mangrove, kerang-kerangan, gastropoda, cacing polychaeta, dan berbagai avertebrata lainnya. Keberadaan fauna substrat ini berperan besar dalam proses dekomposisi serasah, siklus nutrisi, dan pemeliharaan kesehatan ekosistem mangrove secara keseluruhan.

b. Kekhasan / Keunikan (*Uniqueness*)

Kekhasan atau keunikan merupakan parameter penting dalam penilaian kondisi dan nilai ekologis suatu kawasan mangrove. Menurut Dirjen Pesisir dan Pulau-pulau Kecil (2002), kekhasan diukur berdasarkan keberadaan atau kekayaan jenis satwa dan tumbuhan dalam suatu kawasan atau habitat di dalam wilayah biogeografi tertentu. Semakin tinggi jumlah jenis endemik, langka, atau memiliki nilai konservasi tinggi, semakin besar pula tingkat kekhasan suatu habitat. Ekosistem mangrove sering kali memiliki spesies tumbuhan yang hanya dapat tumbuh pada zona intertidal dan tidak ditemukan pada ekosistem daratan lainnya. Demikian pula, beberapa spesies fauna—seperti kepiting bakau tertentu, burung air, dan spesies moluska—memiliki ketergantungan tinggi pada kondisi lingkungan yang khas di hutan mangrove. Nilai kekhasan ini memperkuat pentingnya mangrove sebagai salah satu ekosistem kunci dalam menjaga keanekaragaman hayati pesisir serta melestarikan proses ekologis yang vital bagi keseimbangan lingkungan.

2.6 Estimasi Stok Karbon Mangrove

Hutan mangrove, padang lamun dan rawa asin berpotensi mengikat CO₂ dari atmosfer yang biasa disebut blue carbon (McLeod et al., 2011). Hutan mangrove memiliki fungsi ekologis yang sangat penting bagi ekosistem pesisir. Salah satu fungsi ekologisnya yaitu mangrove sebagai penyerap dan penyimpan karbon sehingga dapat mengurangi peningkatan emisi karbon di alam (Savana, 2019). Kemampuan mangrove dalam menyimpan karbon lebih besar dari semua hutan daratan pada umumnya. Hutan mangrove tiap satu hektarnya dapat menyimpan sampai lima kali lipat lebih banyak karbon dibandingkan hutan hujan tropis di seluruh dunia (Nellemann et al., 2009; Donato et al., 2011; Fitrah, 2019)

Jumlah karbon dioksida (CO₂) yang terus meningkat di udara menjadi penyebab utama terjadinya pemanasan global yang berdampak pada terjadinya perubahan iklim dunia. Perubahan iklim dan isu pemanasan global menjadi pemicu meningkatnya kebutuhan informasi tentang karbon pada saat ini. Peningkatan jumlah karbon dioksida (CO₂) di atmosfer sebagai akibat dari aktivitas manusia, baik itu secara langsung maupun tidak langsung. Salah satu aktivitas itu adalah

pembukaan lahan hutan sehingga menurunkan luasan hutan yang diketahui berfungsi sebagai penyimpan karbon dioksida (CO₂). Mangrove dapat menyerap CO₂ dari atmosfer melalui mekanisme fotosintesis. CO₂ yang diserap akan disimpan dalam bentuk biomassa atas (above ground-biomass), biomassa bawah (below groundbiomass) serta terakumulasi di dalam sedimen (Kauffman et al., 2011).

Pengestimasian biomassa dihitung dengan menggunakan metode estimasi biomassa, salah satunya adalah dengan metode alometrik. Metode alometrik ini dilakukan dengan cara mengukur diameter batang pohon setinggi dada (diameter at breast height, DBH). Kemudian, DBH digunakan sebagai variabel bebas dari persamaan alometrik yang menghubungkan biomassa sebagai variabel terikat. Metode ini telah banyak diaplikasikan untuk estimasi stok karbon pada berbagai tipe vegetasi di Indonesia (Hairiah et al., 2001; van Noordwijk et al., 2001; Roshetko et al., 2002; Irsadi et al., 2017; Syukri et al., 2018).

Peningkatan kemampuan lahan menyerap karbon dapat terlihat dengan menghitung carbon pool, dimana menurut Sutaryo (2009) setidaknya terdapat empat, antara lain: biomassa atas permukaan, biomassa bawah permukaan, bahan organik mati, dan karbon organik tanah. Biomassa atas permukaan adalah semua material hidup di atas permukaan, seperti batang, tunggul, cabang, kulit kayu, biji, dan daun dari vegetasi baik dari strata pohon maupun dari strata tumbuhan bawah. Biomassa bawah permukaan merupakan semua biomassa dari akar tumbuhan yang hidup hingga ukuran diameter tertentu yang ditetapkan. Sutaryo (2009) juga menyatakan terdapat empat cara untuk menghitung biomassa, antara lain: sampling dengan pemanenan (destructive sampling), sampling tanpa pemanenan (non-destructive sampling), pendugaan melalui penginderaan jauh, dan pembuatan model. Pendugaan biomassa menggunakan penginderaan jauh dilakukan melalui analisis data yang diperoleh dari waktu tempat tertentu tanpa kontak langsung dengan objek atau daerah yang dikaji.

2.7 Perhitungan Biomassa

Perhitungan biomassa hutan menetapkan perhitungan biomassa dari keseluruhan komponen hutan. Perhitungan biomassa hutan meliputi keseluruhan

biomassa hidup yang terdapat di atas dan di bawah permukaan dari pepohonan, semak, anakan pohon, tumbuhan menjalar, epifit, liana serta dari tumbuhan mati misalnya kayu dan serasah. Kerapatan, kesuburan tanah, diameter, tinggi serta berat jenis kayu sangat berpengaruh terhadap besarnya biomassa hutan.

Perhitungan karbon diatas permukaan tanah mencakup biomassa pohon, nekromassa, tumbuhan bawah serta serasah.

- 1) Perhitungan biomassa pohon serta nekromassa. Rasio terbesar penyimpanan karbon di daratan umumnya ada pada komponen pepohonan. Untuk menurunkan tindakan perusakan hutan saat perhitungan biomassa dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan allometrik yang dilakukan pada pengukuran diameter batang. Nekromassa bisa berbentuk batang pohon

mati, baik yang masih tegak maupun yang telah runtuh dan tergeletak di permukaan tanah yang harus dihitung agar didapatkan perkiraan penyimpanan karbon yang akurat.

- 2) Perhitungan biomassa tumbuhan bawah serta serasah Biomassa tumbuhan bawah mencakup semak belukar dengan diameter batang <5 cm, tumbuhan menjalar, rerumputan (gulma). Perkiraan biomassa tumbuhan bawah dihitung dengan memotong bagian tanaman (destructive). Sedangkan untuk serasah mencakup bagian tanaman yang sudah berjatuhan berupa daun dan ranting pohon yang berada di permukaan tanah.

Perhitungan karbon di dalam tanah yaitu perhitungan biomassa akar. Biomassa akar merupakan biomassa yang ada pada akar-akar tanaman. Untuk tanaman hutan biomassa akar yang biasa digunakan yaitu akar-akar tanaman yang memiliki diameter >2 mm. Namun untuk perhitungan biomassa akar jarang dilakukan pengamatan karna sulitnya pengukuran akar di lapangan serta harus melibatkan pengrusakan lahan (Irawan, 2013).

Pengukuran biomassa merupakan langkah penting untuk memperoleh informasi mengenai kandungan nutrisi, cadangan karbon, serta produktivitas suatu ekosistem. Menurut Sutaryo (2009), pengukuran biomassa tidak selalu mudah dilakukan, terutama pada hutan yang memiliki struktur kompleks atau tegakan yang

tidak seragam. Untuk itu, berbagai metode telah dikembangkan agar hasil perhitungan biomassa dapat diperoleh secara lebih akurat dan sesuai dengan karakteristik vegetasi di lapangan. Secara umum, terdapat empat pendekatan utama yang digunakan dalam pengukuran biomassa vegetasi, yaitu metode sampling permanen (*destructive sampling*), metode sampling tidak permanen (*non-destructive sampling*), pengukuran langsung di lapangan, serta pendugaan melalui teknik penginderaan jauh. Masing-masing metode memiliki keunggulan dan keterbatasan tersendiri, sehingga pemilihannya harus disesuaikan dengan tujuan penelitian, kondisi vegetasi, serta ketersediaan sumber daya.

Berikut merupakan penjelasan lebih rinci mengenai metode-metode:

a) Sampling dengan pemanenan

Metode ini dilakukan dengan memanen seluruh bagian tumbuhan termasuk akarnya. Hasil pemanenan dikeringkan dan ditimbang berat biomasanya. Pengukuran dengan menggunakan metode ini dapat dilakukan dengan mengulang beberapa area atau melakukan pada area yang lebih luas dengan persamaan allometrik.

b) Sampling tanpa pemanenan

Metode ini merupakan cara sampling dengan melakukan pengukuran tanpa melakukan pemanenan. Metode ini dilakukan dengan mengukur tinggi atau diameter pohon dan menggunakan persamaan alometrik untuk mengetahui biomassa.

c) Pendugaan melalui penginderaan jauh

Penggunaan teknologi penginderaan jauh umumnya tidak dianjurkan untuk penelitian dalam skala yang kecil. Hal ini dikarenakan membutuhkan biaya yang mahal dan membutuhkan keahlian tertentu. Metode ini juga kurang efektif pada daerah aliran sungai, pedesaan yang memiliki penggunaan lahan dengan persil berukuran kecil. Untuk mendapatkan estimasi biomassa dengan tingkat keakuratan yang baik memerlukan hasil penginderaan jauh dengan resolusi yang tinggi, tetapi hal ini akan menjadi metode alternatif dengan biaya yang besar.

d) Pembuatan model

Model ini digunakan untuk menghitung estimasi biomassa dengan frekuensi

dan intensitas pengamatan in situ atau penginderaan jauh yang terbatas. Umumnya, model empiris tersebut didasarkan pada jaringan sample plot yang diukur secara berulang dan telah memiliki estimasi biomassa yang terkalibrasi, atau melalui persamaan allometrik yang mengonversi volume menjadi biomassa. Dalam setiap metode pengukuran, persamaan allometrik digunakan untuk memperoleh estimasi biomassa pada area yang lebih luas. Persamaan ini juga dapat menentukan hubungan antara ukuran pohon seperti diameter atau tinggi dengan berat kering pohon secara keseluruhan. Menurut Hairiyah dan Rahayu (2007), parameter dan metode pengukuran biomassa yang biasa digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Parameter Pengambilan Biomassa di Atas Tanah

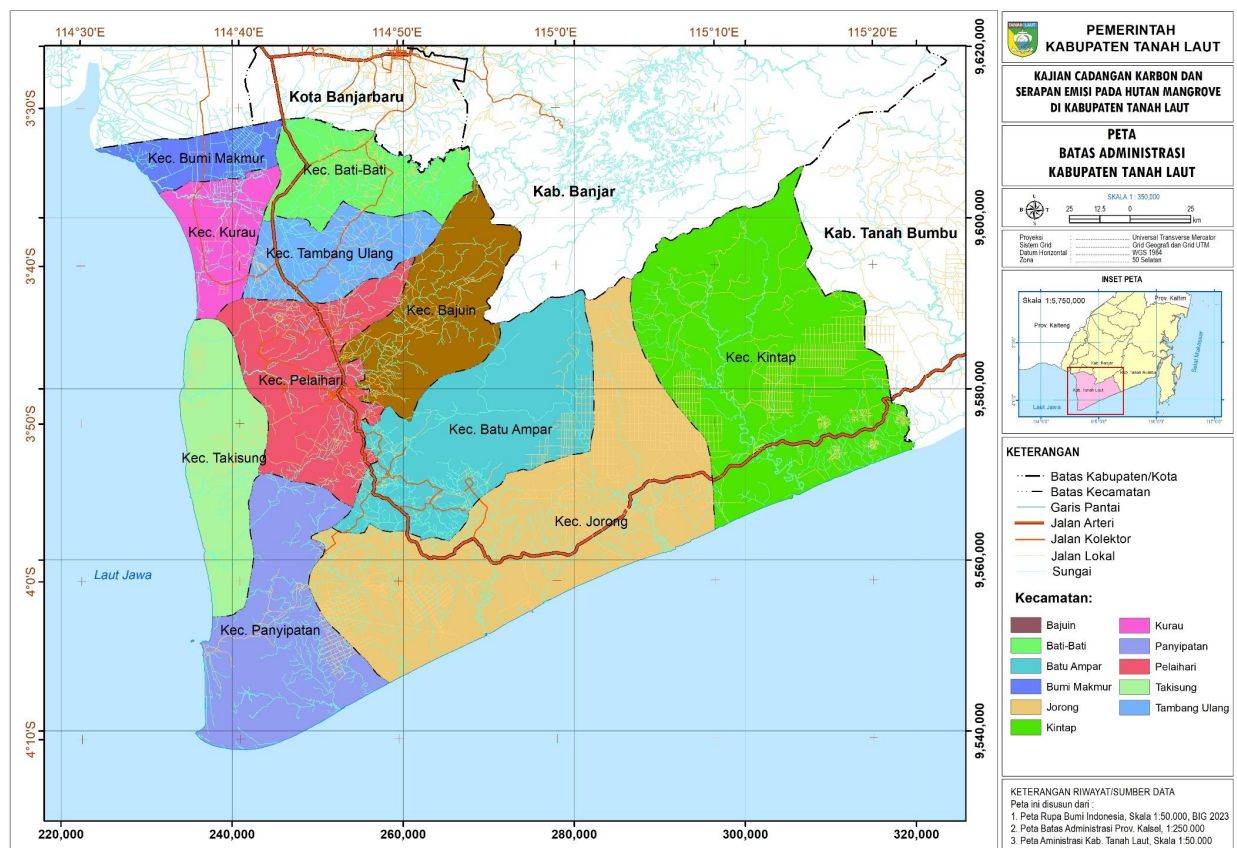
Parameter	Metode
Tumbuhan bawah	<i>Destructive</i>
Serasah kasar dan halus	<i>Destructive</i>
Pohon hidup	<i>Non-destructive</i> , persamaan allometrik
Pohon mati (masih berdiri)	<i>Non-destructive</i> , persamaan allometrik
Pohon mati (robok)	<i>Non-destructive</i> , rumus silinder
Tunggak pohon	<i>Non-destructive</i> , rumus silinder

Sumber : (Hairiyah dan Rahayu, 2007)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 Bulan dan lokasi penelitian berada di Kabupaten Tanah Laut. Dengan kriteria wilayah Mangrove yang memberikan pertimbangan kondisi ekosistem mangrove, keterlibatan dukungan dari pemerintah lokal dan Masyarakat dan potensi dampak ekonomi dan lingkungan yang signifikan untuk Kab.Tanah Laut, Kalimantan Selatan. Variabel yang diamati terdiri dari variabel lingkungan dan variabel vegetasi dengan parameter yang diukur adalah estimasi potensi stok karbon. Variabel lingkungan adalah hidrooceanografi, kualitas air laut dan kualitas tanah pada lokasi penelitian.



Gambar 3.1. Peta Batas Administrasi Kabupaten Tanah Laut

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada metode pengukuran dan penghitungan cadangan karbon berbasis lapangan (*ground-based forest carbon accounting*) sebagaimana tercantum dalam SNI 7724:2011 tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon hutan. Standar ini digunakan sebagai pedoman utama dalam pengambilan data lapangan untuk penaksiran cadangan karbon.

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan kebutuhan pengumpulan data lapangan dan analisis cadangan karbon. Peralatan tersebut digunakan untuk pengukuran koordinat lokasi, pengambilan data vegetasi, dokumentasi lapangan, serta akuisisi data spasial berbasis foto udara. Rincian kebutuhan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Kebutuhan peralatan yang digunakan

No.	Gambar	Nama alat	Spesifikasi	Tahun
1		Hand GPS	Garmin GPSmap 64s	2025
2		Plastik Sampel	Uk. 20 x 30	2025

No.	Gambar	Nama alat	Spesifikasi	Tahun
3		Sepatu Boots	AP Terra	2025
4		Papan Jalan	Bantex	2025
5		Drone Mapping	Dji Mavic 3 Pro	2025
6		Kamera	Canon EOS 3000D with EF-S 18-55mm III Kit - EOS 3000D	2025
7		Tangan Bor Tanah Pegangan T	Stainless Steel, diameter 50mm	2025
8		Meteran	Meteran Roll Tancap 50 M	2025

No.	Gambar	Nama alat	Spesifikasi	Tahun
9		pH Tanah	Takemura Japan Type : DM-15	2025

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi basemap GeoEye (ESRI) sebagai peta dasar penelitian, hasil foto udara yang diperoleh dari akuisisi drone, serta data titik koordinat lokasi penelitian. Selain itu, bahan penelitian juga mencakup data jumlah tegakan pohon pada setiap plot pengamatan dan data diameter pohon pada tinggi dada (*diameter at breast height/DBH*) yang digunakan sebagai dasar dalam perhitungan biomassa dan cadangan karbon.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian ini disusun untuk memberikan gambaran sistematis mengenai tahapan yang dilakukan dalam memperoleh, mengolah, dan menganalisis data penelitian. Secara umum, penelitian ini dilaksanakan melalui tiga tahapan utama, yaitu: (1) Observasi awal, (2) Tahap pengambilan data, dan (3) Tahap analisis data. Setiap tahapan saling berkaitan dan menjadi dasar dalam menghasilkan informasi yang akurat mengenai kondisi ekosistem mangrove serta karakteristik sosial ekonomi masyarakat di kawasan penelitian.

Tahapan-tahapan tersebut dijelaskan sebagai berikut.

3.3.1 Observasi Awal

Tahap observasi awal ini dilakukan di Kawasan mangrove meliputi survei lapangan untuk mengidentifikasi dan melihat secara langsung kondisi ekosistem

mangrove di lokasi penelitian dan kondisi sosial ekonomi masyarakat pada kawasan konservasi tersebut.

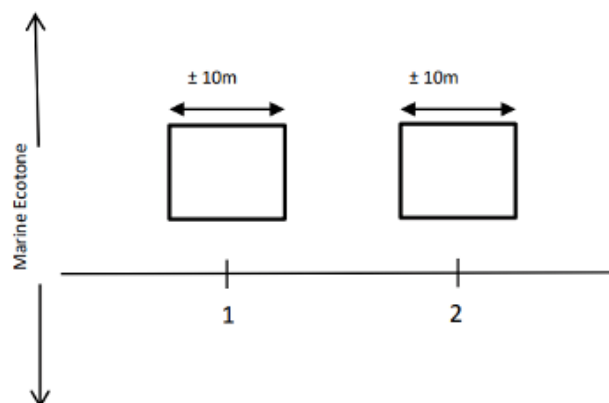
3.3.2 Pengambilan Data

Data yang akan dikumpulkan dalam penelitian ini secara umum ada dua diantaranya :

- a. Data primer yang ingin diperoleh adalah data vegetasi mangrove dan species lain yang ada di kawasan Langadai dan data sosial ekonomi Masyarakat pesisir.
- b. Mengidentifikasi nama jenis mangrove yang belum diketahui atau dengan cara mengambil sebagian/potongan dari ranting, lengkap dengan bunga dan daunnya dan diidentifikasi berdasarkan buku identifikasi mangrove (Rusila dkk., 1999).

Dengan Teknik survei lapang sebagai berikut :

Pada tahap survei lapang, pengambilan data dilakukan dengan menggunakan transek, dimana di setiap transek diambil data jenis mangrove dan diameter pohon. Transek dibuat berdasarkan metode dari Kauffman dan Donato (2012) dimana transek disesuaikan dengan bentuk pixel yaitu persegi (Gambar 3.2). Transek berukuran (10 x 10) meter. Pengambilan sampel berdasar metode purposive random sampling dimana mempertimbangkan aksesibilitas dan keragaman jenis mangrove.



Gambar 3.2. Contoh transek sampel

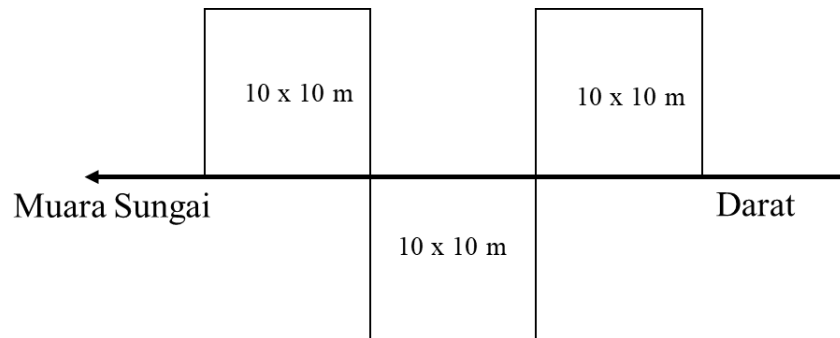
- c. Pengumpulan data lapangan berupa pohon pohon setinggi dada pada ketinggian ± 130 cm untuk kemudian dihitung diameter setinggi dada (diameter at breast height/DBH kadang-kadang disingkat menjadi D), pengamatan jenis-jenis mangrove (ρ), dan menghitung jumlah pohon di setiap jenis mangrove yang ditemukan. Plot yang digunakan adalah plot persegi empat 10 m x 10 m dengan luas 100 m² . Plot tersebut menjadi Batasan pengambilan data biomassa, selanjutnya data biomassa dikonversi menjadi data stok karbon permukaan. Plot 10 m x 10 m menjadi perwakilan setiap 1 piksel pada citra drone untuk disinkronisasi.
- d. Pengambilan Data Perairan, pengambilan sampel air dan sedimen di berbagai titik di sekitar kawasan mangrove untuk menganalisis kualitas air dan sedimentasi. Data ini penting untuk menilai dampak kondisi perairan terhadap pertumbuhan dan keberlangsungan mangrove.
- e. Estimasi Stok Karbon: Estimasi stok karbon yang dihasilkan oleh mangrove akan dilakukan menggunakan metode non-destruktif. Pedoman dalam pengukuran dan penghitungan cadangan karbon di hutan menggunakan acuan SNI 7724;2011. Hal ini termasuk pengukuran biomassa di atas dan di bawah tanah mangrove menggunakan teknik penginderaan jauh berbasis citra drone dan inventarisasi lapangan. Hasil dari estimasi ini akan memperkaya data dalam kajian ini dan dapat digunakan untuk merencanakan strategi pemanfaatan hutan mangrove, termasuk pemasaran kredit karbon potensial.

3.3.3 Penentuan Lokasi Stasiun Pengamatan

Metode yang dipakai berupa *purposive sampling* berdasarkan stratifikasi tingkat kerapatan tajuk (jarang, sedang, dan rapat). Stratifikasi tingkat kerapatan tajuk merujuk pada distribusi atau sebaran spasial kerapatan tajuk mangrove berdasarkan citra satelit Landsat tahun 2022 (algoritma NDVI) sebagai data petunjuk awal kerapatan vegetasi pada Suaka Margasatwa Kuala Lupak.

Penentuan titik dan pembuatan plot sampel dilaksanakan pada tiap tipe vegetasi mangrove (alami dan rehabilitasi) dan tingkat kerapatan tajuk (jarang, sedang, rapat) dengan mempertimbangkan aksesibilitas. Plot pada masing-

masing tingkat kerapatan tajuk (3 tingkat kerapatan) diulang masing-masing sebanyak 3 (tiga) kali sehingga jumlah plot sampel pengamatan sebanyak 18 plot (2 tipe vegetasi, 3 tingkat kerapatan tajuk, 3 kali ulangan). Plot sampel berbentuk persegi dengan ukuran plot sebesar 10 x 10 m (Komiyama *et al.*, 2005). Metode transek kuadrat yang digunakan untuk sampling estimasi biomassa dapat dilihat pada Gambar 3.3.



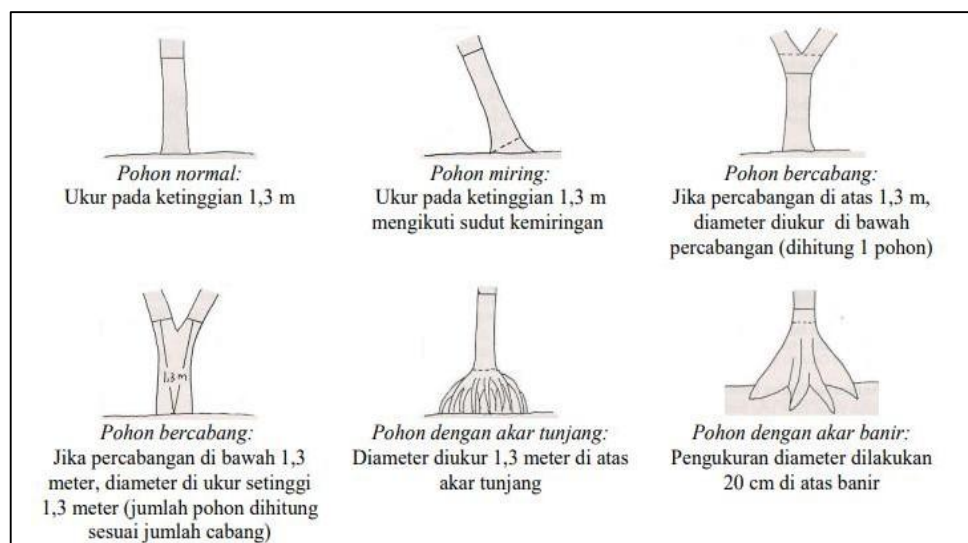
Gambar 3.3. Metode Transek Kuadrat untuk Pengambilan Sampel Estimasi Biomassa

3.3.4 Identifikasi Spesies Mangrove dan Pengukuran Diameter Pohon

Proses identifikasi mangrove diawali dengan pembuatan transek dengan metode Line Transect, pembuatan transek ini berfungsi sebagai fokus area pengamatan. Penempatan transek disesuaikan dengan kondisi vegetasi mangrove yang ada di lapangan. Mangrove yang berada di dalam transek didokumentasikan bagian akar, daun, bunga dan buahnya. Hasil dari dokumentasi kemudian dianalisa secara deskriptif dengan mencocokkan pada buku literatur acuan untuk mendapatkan jenis spesies mangrove (Noor *et al.*, 2006).

Pengukuran diameter dilakukan terhadap tegakan yang terdapat dalam plot, baik berupa pohon yang masih hidup, pohon yang mati dan kayu mati serta dicatat jenisnya. Pengukuran diameter dilakukan pada vegetasi mangrove baik pohon hidup dan pohon mati dengan kondisi tetap berdiri atau telah roboh dengan diameter ≥ 5 cm (Komiyama *et al.*, 2005).

Lugina *et al.*, (2011) melakukan pengambilan data karbon tegakan dilakukan dengan mengukur diameter batang pohon pada setinggi dada peneliti (1,3 m). Pengukuran diameter pohon yang diukur pada setiap plot yaitu hanya pohon (diameter ≥ 5 cm) (Komiyama *et al.*, 2005). Hilmi (2003) menyatakan estimasi karbon yang diserap oleh anakan (*sapling*) dan semai (*seedling*) belum optimal. Ketentuan pengukuran diameter mangrove berdasarkan teknis pengukuran menurut Asy'ari (2012), sebagai berikut (Gambar 3.4).



Gambar 3.4. Pengukuran Diameter Mangrove Kategori Pohon (Asy'ari, 2012)

3.3.5 Kerapatan Tegakan Mangrove

Stratifikasi tingkat kerapatan tajuk merujuk pada distribusi atau sebaran spasial kerapatan tajuk mangrove berdasarkan citra satelit Landsat tahun 2022 (algoritma NDVI) sebagai data petunjuk awal kerapatan vegetasi pada Suaka Margasatwa Kuala Lupak. Kerapatan jenis kemudian dihitung menggunakan cara manual untuk mendapatkan keakuratan data. Pengambilan data kerapatan jenis mangrove dilakukan pada plot penelitian yang telah dibuat. Setiap plot penelitian, dilakukan identifikasi jenis tegakan mangrove, demikian pula dengan pencatatan jumlah individu tiap jenisnya tegakan mangrove.

Data yang diperoleh, kemudian diolah berdasarkan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

Di : Kerapatan individu jenis ke-i (ind/m²)
 ni : Jumlah individu jenis ke-i yang diperoleh
 A : Luas total area pengambilan contoh (m²)

3.3.6 Analisis Data

Berdasarkan jenis data yang dikumpulkan, penelitian ini menggunakan dua tahap proses analisis, yaitu Analisis data estimasi karbon, data social ekonomi dan analisis SWOT (Rangkuti, 2005 dan Salusu, 1996). Adapun proses analisis data adalah sebagai berikut :

1. Analisis Data Estimasi Data Karbon dan Data Pendukung

Hasil pengukuran pohon digunakan untuk menganalisis besaran kerapatan pada beberapa area plot stasiun. Data vegetasi mangrove yang terkumpul dianalisis secara kuantitatif. Setiap parameter kuantitatif dari data yang diperoleh dianalisis untuk menentukan densitas, frekuensi dominansi, dan indeks nilai penting. Kemudian untuk analisis tutupan vegetasi Penentuan persentase penutupan vegetasi mangrove menggunakan metode *Hemispherical Photography* yang mengacu kepada Dharmawan & Pramudji (2017).

Perhitungan karbon mengacu pada Hairiah et al., (2007), bahwa 46% dari biomassa merupakan karbon. Biomassa diperoleh dengan penimbangan sampel setelah oven 105 C selama 24 jam proses pengeringan. Persamaan allometrik biomassa mangrove (biomasa di atas permukaan tanah) menggunakan rumus Komiyama et al., (2005). Data Biomassa dianalisis dengan tahapan berupa Data vegetasi mangrove berupa ukuran DBH digunakan untuk menganalisis biomassa permukaan mangrove (AGB), menggunakan persamaan allometrik yang telah dikembangkan dari setiap spesies yang ditemukan. Persamaan allometrik spesies untuk semua spesies yang diperoleh ditunjukkan pada Table 3.2.

Tabel 3.2. Persamaan allometrik mangrove

No	Spesies	Persamaan allometrik	Referensi
1	<i>R. apiculata</i>	$W_{top} = 0.268DBH^{2.345}$ $R^2 = 0.93, n = 8$	Analuddin et al., 2018
2	<i>R. mucronata</i>	$W_{top} = 0.143DBH^{2.519}$ $R^2 = 0.97, n = 8$	Analuddin et al., 2018
3	<i>C. tagal</i>	$W_{top} = 0.529DBH^{2.04}$ $R^2 = 0.96, n = 8$	Analuddin et al., 2018
4	<i>Sonneratia spp.</i>	$W = 0.25DBH^{2.287}$ $R^2 = 0.91, n = 30$	Kusmana et al., 2018
5	<i>B. gymnorhiza</i>	$W_{top} = 0.186DBH^{2.31}$ $R^2 = 0.99, n = 17$	Clough and Scott, 1989

Estimasi karbon organik menggunakan rumus $C_b = B \times \% \text{C}_{\text{organik}}$ diukur pada sampel karbon biomassa, bahan organik mati dan tanah. Kemudian diestimasi pada kondisi luasan hektar tertentu. Untuk estimasi Cadangan karbon total menggunakan rumus rumus dari Lugina et al. dalam Handoyo et al. (2020) dan total serapan gas karbondioksida menggunakan rumus dari Lugina et al. dalam Handoyo et al. (2020)

Analisis data estimasi karbon dengan analisis citra drone dilakukan dengan tahapan sebagai berikut proses fotogrametri dilakukan dengan perangkat lunak Agisoft Metashape v1.6.0. Output pengolahan diekspor ke dalam format tiff (Salim et al., 2018). Koordinat x, y, dan z di lapangan (GCP) dibutuhkan dalam proses fotogrametri untuk koreksi koordinat model dari point cloud menjadi koordinat sebenarnya di lapangan (Meiarti et al., 2019). Analisis terhadap hasil fotogrametri foto udara dilakukan menggunakan metode indeks vegetasi NDVI (Franklin, 2001; Putra et al., 2017). Hubungan antara indeks vegetasi yang digunakan dalam penduga potensi karbon diketahui dengan menghitung nilai koefisien korelasi (r) mengacu pada Sugiyono, (2014). Analisis hubungan tersebut diaplikasikan menggunakan model regresi eksponensial untuk melihat karakteristik indeks vegetasi dan karbon di lapangan yang memiliki batasan nilai maksimum. Uji regresi merupakan metode matematis yang dapat digunakan untuk mengetahui pola hubungan antar variabel dan membuat persamaan estimasi dari variabel tersebut (Sudjana, 1992). Uji validasi *Root Mean Square Error* (RMSE) dilakukan untuk mengetahui seberapa besar error yang terjadi pada hasil perhitungan model jika dibandingkan dengan nilai aktual. Semakin

kecil nilai RMSE, maka semakin kecil pula kesalahan yang terjadi pada penggunaan model (Ismanto et al., 2019). Untuk data analisis perairan berupa data fisikkimia air ditabulasi dengan statistika diferensial.

- **Estimasi Biomassa dan Cadangan Karbon**

Biomassa didapat dari hasil perhitungan menggunakan persamaan Allometrik. Sehingga selanjutnya akan ditemukan nilai biomassa dan kandungan karbon yang ditunjukkan dalam bentuk histogram. Berdasarkan hasil dan data tersebut kemudian dianalisis secara deskriptif.

- **Biomassa**

Penghitungan biomassa dilakukan pada pohon hidup, pohon mati dan kayu mati. Prosedur penghitungan biomassa pada masing-masing kondisi pohon sebagai berikut:

a) Biomassa Pohon Menggunakan Persamaan Allometrik

Tahapan penghitungan menggunakan persamaan allometrik adalah :

- 1) Mengukur diameter pohon;
- 2) Mengidentifikasi jenis pohon;
- 3) Menghitung biomassa pohon dengan persamaan allometrik sesuai jenis yang teridentifikasi.

Persamaan allometrik untuk beberapa jenis mangrove dapat terlihat seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Persamaan *Allometrik* Karbon Atas Permukaan Jenis Mangrove

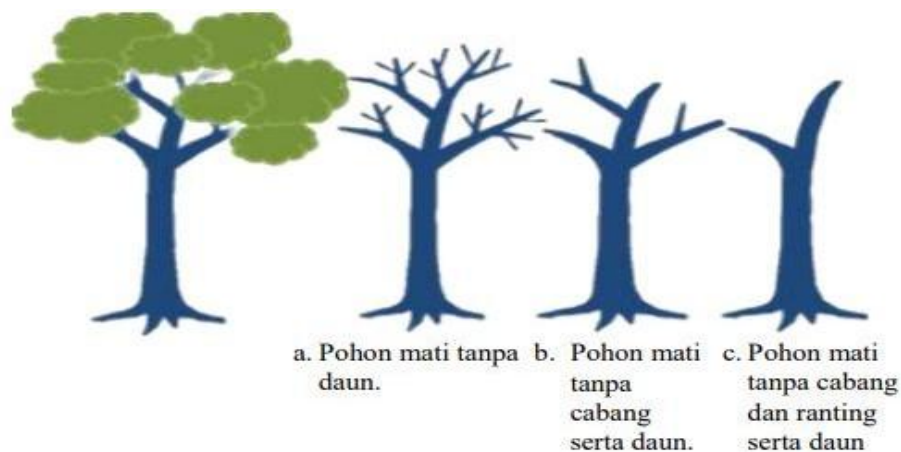
Jenis spesies	Model <i>Allometrik</i>	Sumber
<i>Rhizophora apiculata</i>	$B = 0,043 \cdot D^{2,63}$	Amira, 2008
<i>Avicennia alba</i>	$B = 0,079211 \cdot D^{2,470895}$	Tue et al., 2014
<i>Sonneratia alba</i>	$B = 0,128 \times (D)^2$	Kauffman, 2012

b) Biomassa pada Pohon Mati Menggunakan Persamaan Allometrik

Tahap penghitungan pada pohon mati menggunakan persamaan allometrik adalah:

- 1) Mengukur diameter pohon mati.
- 2) Mengidentifikasi jenis mangrove.
- 3) Menentukan derajat keutuhan pada pohon mati yang berpedoman pada Gambar 3.4
- 4) Menghitung biomassa pohon yang mati (mengalikan derajat keutuhan pohon dengan persamaan allometrik sesuai jenis pohon).

Faktor koreksi ditentukan berdasarkan tingkat keutuhan pohon mati dengan klasifikasi terdapat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Derajat Keutuhan Pohon Mati

Keterangan:

- a. Pohon mati tanpa daun dengan faktor koreksi 0,9.
- b. Pohon mati tanpa daun dan ranting dengan faktor koreksi 0,8.
- c. Pohon mati tanpa daun, ranting dan cabang dengan faktor koreksi 0,7.

$$Bpm = PA \times Fk$$

Keterangan :

Bpm : Biomassa pohon mati
PA : Persamaan Allometrik jenis pohon mangrove
Fk : Faktor koreksi

c) Biomassa Kayu yang Mati dengan Menghitung Volume

Perhitungan biomassa kayu yang mati dengan menghitung volume kayu dilakukan dengan tahapan :

- 1) Mengukur diameter pangkal dan diameter ujung.
- 2) Mengukur panjang kayu.
- 3) Menghitung volume dengan rumus Bre reton.

$$V_{km} = 0,25\pi \left(\frac{dp + du}{2 \times 100} \right)^2 \times P \quad (1)$$

Keterangan :

V_{km}	: Volume kayu mati (m^3)
Dp	: Diameter pangkal (cm)
Du	: Diameter ujung (cm)
P	: Panjang kayu (m)
π	: 3,14 atau 22/7

Perhitungan biomassa kayu (Rumus Badan Standardisasi Nasional, 2011).

$$B_{km} = V_{km} \times B_{Jkm} \quad (2)$$

Keterangan :

B_{km}	: Biomassa kayu mati (kg)
V_{km}	: Volume kayu mati (m^3)
B_{Jkm}	: Berat jenis kayu mati (kg/m^3)

d) Cadangan Karbon dari Biomassa

Karbon dihitung berdasarkan data biomassa yang telah diperoleh pada pohon dan nekromasa. Pendugaan karbon dihitung berdasarkan rumus penghitungan karbon menurut SNI dari BSN (2011) berikut.

$$C = Biomasa \times 47\%$$

Keterangan :

B	: karbon
-----	----------

e) Cadangan Karbon per Hektar pada Tiap Plot

Cadangan karbon perhektar dihitung pada masing-masing objek pengukuran biomasa menggunakan rumus dari SNI (BSN, 2011) berikut :

$$Cn = \frac{Cx}{1000} \times \frac{10000}{luas\ plot}$$

Keterangan :

Cn : kandungan karbon perhektar masing-masing objek (ton/ha)

Cx : kandungan karbon masing-masing objek (kg)

Luas plot : luas plot pada masing-masing objek (m^2)

f) Perhitungan Pendugaan Serapan CO_2

Hasil dan data serapan CO_2 ditunjukkan dalam bentuk histogram dianalisis dengan membandingkan tingkat kerapatan vegetasi mangrove alami dan rehabilitasi dan dianalisis secara deskriptif.

g) Serapan CO_2

Bismark *et al.,.* (2008) menyatakan potensi penyerapan gas karbondioksida (CO_2) diperoleh melalui perhitungan perkalian kandungan karbon terhadap besarnya serapan CO_2 dengan rumus yang digunakan, yaitu:

$$S\ CO_2 = \frac{Mr\ CO_2}{Ar\ C} \times Kc$$

Keterangan :

$S\ CO_2$: Serapan gas CO_2 (kg)

$Mr\ CO_2$: Massa molekul relatif atom C

sebesar 44 $Ar\ C$: Atom relatif atom C
sebesar 12

Kc : Kandungan karbon (kg)

h) Serapan CO_2 per Hektar

Perhitungan gas CO_2 per hektar menggunakan rumus berikut:

$$Sn = \frac{S\ CO_2}{1000} \times \frac{10000}{Lplot}$$

Keterangan :

Sn : Serapan gas (CO_2) per hektar (ton CO_2 / ha)

$S\ CO_2$: Kandungan karbon pada masing-masing carbon pool (kg)

$L\ plot$: Luas plot pada masingmasing *carbon pool*, (m^2).

i) Hubungan Serapan Karbon dengan Tingkat Kerapatan Mangrove

Analisis korelasi yang dicari adalah koefisien korelasi yaitu angka yang menyatakan derajat hubungan antara variabel independen dengan variabel

dependen atau untuk mengetahui kuat atau lemahnya hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen. Hubungan yang dimaksud bukanlah hubungan sebab akibat yang berlaku pada metode regresi. Metode korelasi hanya bisa digunakan pada hubungan variabel garis lurus (linier). Adapun rumus untuk koefisien korelasi (r) menurut Sugiyono (2007) adalah sebagai berikut:

$$r = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{((N\sum X^2 - (\sum X)^2)(N\sum Y^2 - (\sum Y)^2))}}$$

Keterangan :

- R : Korelasi antar variabel
- X : variabel bebas (Kerapatan Mangrove)
- Y : variabel terikat (Serapan CO₂)
- N : jumlah pengamatan

Analisis korelasi dapat dilihat tiga alternatif yaitu apabila nilai r = +1 atau mendekati positif (+) satu berarti variabel x mempunyai pengaruh yang kuat dan positif terhadap variabel y. Sedangkan apabila nilai r = -1 atau mendekati negatif (-) satu berarti variabel x mempunyai pengaruh yang kuat dan negatif terhadap perkembangan variabel y. Dan apabila r = 0 atau mendekati nol (0) maka variabel x kurang berpengaruh terhadap perkembangan variabel y, hal ini berarti bahwa bertambahnya atau berkurangnya variabel y tidak dipengaruhi variabel x. Nilai interpretasi menurut Sugiyono (2007) dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Pedoman untuk Memberikan Interpretasi Koefisien Korelasi

No	Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
1	0,00 – 0,199	Sangat Rendah
2	0,20 – 0,399	Rendah
3	0,40 – 0,599	Sedang
4	0,60 – 0,799	Kuat
5	0,80 – 1,000	Sangat Kuat

Sumber : (Sugiyono, 2007)

2. Analisis data sosial ekonomi Masyarakat pesisir

Metode penelitian kualitatif adalah metode untuk menyelidiki obyek yang tidak dapat diukur dengan angka-angka ataupun ukuran lain yang bersifat eksak. Teknik pengumpulan data deskriptif diantaranya adalah *interview* (wawancara) dan pengisian kuesioner. Metode digunakan untuk mengetahui kondisi sosial ekonomi serta budaya yang berkaitan dengan pengelolaan mangrove di kawasan tersebut. Tahap Analisis ini juga merupakan observasi awal yang menggambarkan keadaan mangrove dan juga dapat menggambarkan permasalahan yang ada di lokasi penelitian (Alfira, 2014).

3. Analisis SWOT untuk rekomendasi kebijakan pengelolaan stok karbon

Menurut Rangkuti (2005), Tahapan analisis SWOT yang digunakan dalam menganalisis data lebih lanjut yaitu mengumpulkan semua informasi yang mempengaruhi ekosistem pada wilayah kajian, baik secara eksternal maupun secara internal. Pengumpulan data merupakan suatu kegiatan pengklasifikasian dan pra-analisis, pada tahap ini data dapat dibagi dua yaitu: pertama, data internal dan kedua, data eksternal. Data internal meliputi: kekuatan (*strengths*) dan kelemahan (*weaknesses*) diperoleh dari lingkungan dalam pengelolaan dan pemanfaatan ekosistem di wilayah kajian. Sedangkan data eksternal meliputi: peluang (*opportunities*) dan ancaman (*threats*) dapat diperoleh dari lingkungan luar yang mempengaruhi kebijakan pemanfaatan ekosistem.

Berikut adalah analisis SWOT untuk rekomendasi kebijakan pengelolaan stok karbon di hutan mangrove di Tanah Laut:

a) Strengths (Kekuatan)

1. **Keanekaragaman Hayati Tinggi:** Hutan mangrove memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi yang dapat mendukung ekosistem yang sehat dan berfungsi optimal dalam menyimpan karbon.
2. **Potensi Karbon yang Signifikan:** Hutan mangrove di Kabupaten Tanah Laut memiliki potensi besar dalam menyimpan karbon baik di biomassa vegetasi maupun sedimen.

3. **Kesadaran Lingkungan yang Meningkat:** Ada peningkatan kesadaran global tentang pentingnya mangrove dalam mitigasi perubahan iklim yang dapat memfasilitasi dukungan untuk kebijakan pengelolaan.
4. **Dukungan dari Program Internasional:** Dukungan dari program-program internasional seperti REDD+ dapat memberikan insentif finansial dan teknis untuk upaya konservasi.

b) Weaknesses (Kelemahan)

1. **Data Terbatas:** Masih terbatasnya data ilmiah yang akurat tentang cadangan karbon di wilayah ini dapat menghambat perencanaan dan implementasi kebijakan yang efektif.
2. **Sumber Daya Manusia Terbatas:** Kurangnya tenaga ahli dan sumber daya manusia yang terlatih dalam bidang konservasi dan pengelolaan mangrove.
3. **Kurangnya Infrastruktur:** Infrastruktur yang kurang memadai untuk mendukung penelitian, monitoring, dan pengelolaan hutan mangrove.
4. **Pendanaan yang Terbatas:** Keterbatasan dana untuk melakukan penelitian yang mendalam dan berkelanjutan serta untuk implementasi kebijakan pengelolaan yang diperlukan.

c) Opportunities (Peluang)

1. **Pengembangan Ekowisata:** Potensi untuk mengembangkan ekowisata berbasis mangrove yang dapat memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat lokal sambil mendukung konservasi.
2. **Peningkatan Partisipasi Masyarakat:** Kesempatan untuk meningkatkan partisipasi masyarakat lokal dalam upaya konservasi melalui program pendidikan dan penyuluhan.
3. **Dukungan Kebijakan Nasional dan Internasional:** Kesempatan untuk mengintegrasikan hasil penelitian ke dalam kebijakan nasional dan mendapatkan dukungan dari program internasional seperti REDD+.
4. **Pengembangan Teknologi:** Kemajuan teknologi dalam pemantauan dan pengukuran karbon dapat membantu meningkatkan akurasi data dan efektivitas pengelolaan.

d) *Threats (Ancaman)*

1. **Perubahan Iklim:** Dampak perubahan iklim seperti peningkatan muka air laut dan badai tropis dapat merusak ekosistem mangrove.
2. **Aktivitas Manusia:** Aktivitas manusia seperti deforestasi, pembangunan pesisir, dan polusi dapat mengancam keberlanjutan hutan mangrove.
3. **Ketidakstabilan Kebijakan:** Ketidakstabilan dalam kebijakan pemerintah dan kurangnya penegakan hukum dapat menghambat upaya konservasi yang berkelanjutan.
4. **Tekanan Ekonomi:** Tekanan ekonomi dan kebutuhan lahan untuk kegiatan ekonomi lainnya dapat mengancam upaya pelestarian hutan mangrove.

e) *Rekomendasi Kebijakan*

Berdasarkan analisis SWOT di atas, berikut adalah rekomendasi kebijakan untuk pengelolaan stok karbon hutan mangrove di Tanah Laut:

1. **Penguatan Basis Data Ilmiah:** Melakukan penelitian yang komprehensif dan berkelanjutan untuk mengumpulkan data yang akurat mengenai cadangan karbon dan kondisi ekosistem mangrove.
2. **Pendidikan dan Penyuluhan:** Meningkatkan program pendidikan dan penyuluhan kepada masyarakat lokal tentang pentingnya mangrove dan partisipasi aktif mereka dalam konservasi.
3. **Pengembangan Ekowisata dan Ekonomi Berkelanjutan:** Mendukung pengembangan ekowisata mangrove dan kegiatan ekonomi berkelanjutan lainnya yang dapat memberikan manfaat ekonomi tanpa merusak ekosistem.
4. **Penerapan Kebijakan Perlindungan:** Mengembangkan dan menerapkan kebijakan perlindungan mangrove yang kuat, termasuk penegakan hukum yang ketat terhadap aktivitas yang merusak hutan mangrove.
5. **Dukungan dan Kolaborasi Internasional:** Mengintegrasikan upaya konservasi dengan program-program nasional dan internasional seperti REDD+ untuk mendapatkan dukungan finansial dan teknis.

6. **Peningkatan Kapasitas:** Meningkatkan kapasitas sumber daya manusia melalui pelatihan dan pendidikan dalam bidang pengelolaan dan konservasi mangrove.
7. **Peningkatan Infrastruktur:** Mengembangkan infrastruktur yang diperlukan untuk mendukung penelitian, monitoring, dan pengelolaan hutan mangrove secara efektif.

Untuk model data akan bersifat naratif dan cenderung menjelaskan dengan memanfaatkan adanya Matriks SWOT. Matriks SWOT adalah alat pengembangan strategis pengembangan destinasi wisata. Matriks SWOT ini dapat menggambarkan tentang bagaimana peluang serta ancaman bertemu sehingga bisa disesuaikan kekuatan serta kelemahan berikut:

Tabel 3.5. Matriks Analisis SWOT

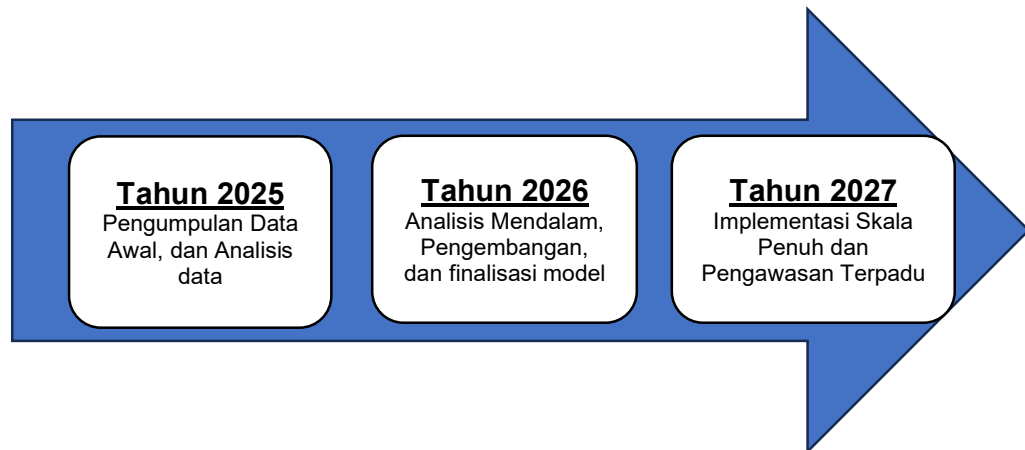
IFAS EFAS	Kekuatan (<i>Strengths</i>)	Kelemahan (<i>Weakness</i>)
Peluang (<i>Opportunities</i>)	Strategi SO	Strategi WO
Ancanam (<i>Threats</i>)	Strategi ST	Strategi WT

Dari matriks analisis SWOT diatas dapat diuraikan bahwa strategi SO merupakan kekuatan yang melihat peluang, Strategi WO merupakan kelemahan yang melihat peluang, Strategi ST merupakan kekuatan dengan melihat ancaman dan yang terakhir Strategi WT yang merupakan kelemahan dengan melihat ancaman. Data yang ada tersebut akan diklasifikasikan berdasarkan analisis SWOT sehingga dapat memudahkan dalam segala proses analisis.

3.4 Roadmap Penelitian

Roadmap penelitian ini dirancang untuk mengatur langkah-langkah strategis dalam penelitian tentang kajian cadangan karbon dan serapan emisi hutan mangrove di Kabupaten Tanah Laut selama periode 3 bulan. Fokus utama adalah pada perhitungan estimasi karbon yang berbasis pada potensi karbon yang telah diukur, Program pelibatan masyarakat dan edukasi mengenai manfaat

konservasi mangrove dan potensi ekonomi dari karbon trading untuk peningkatan kesejahteraan Masyarakat dan pendapatan asli daerah.



Gambar 3.6. *Roadmap Penelitian*

Tahun pertama penelitian ini difokuskan pada pengumpulan data awal dan analisis data. Selama periode ini, tim penelitian akan melakukan survei lapangan untuk mengumpulkan data mengenai kondisi terkini dari ekosistem mangrove, melibatkan observasi langsung, pengukuran, dan mungkin juga wawancara dengan masyarakat lokal dan pemangku kepentingan lainnya. Data yang dikumpulkan akan dianalisis untuk menilai status kesehatan ekosistem mangrove, mengidentifikasi potensi estimasi stok karbon, dan menentukan faktor-faktor yang mungkin mempengaruhi pengembangan berkelanjutan di wilayah tersebut.

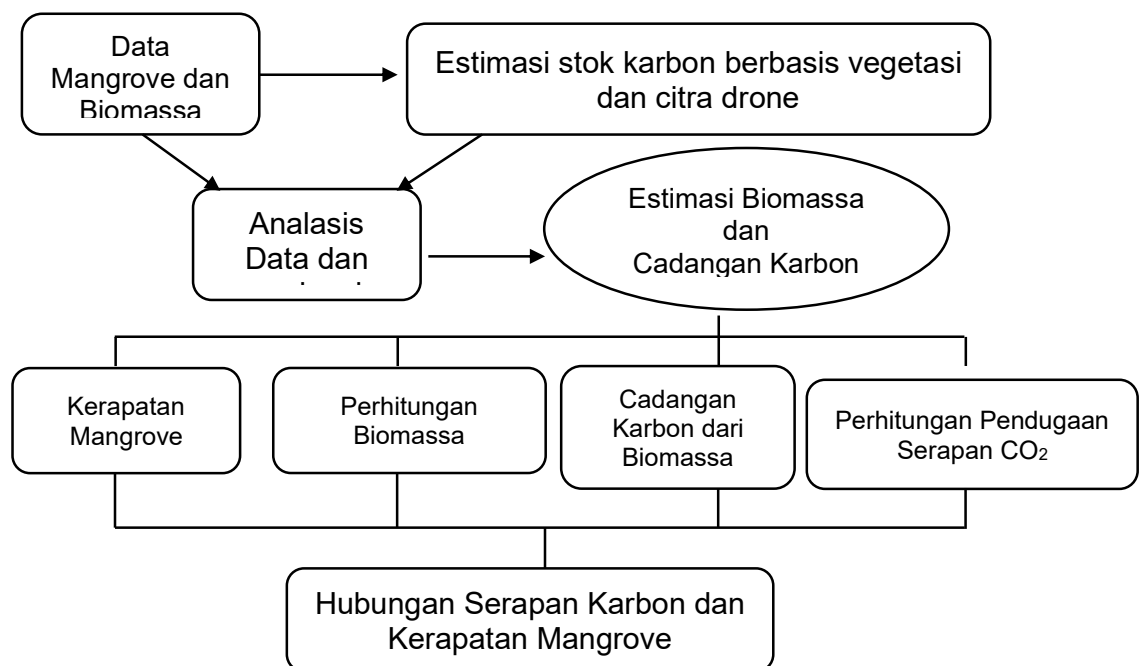
Pada tahun kedua, analisis data akan dilanjutkan secara lebih mendalam. Hasil dari analisis ini akan digunakan untuk mengembangkan pengelolaan karbon berkelanjutan yang dapat diterapkan di Tanah Laut. Model ini akan dirancang untuk memaksimalkan pengelolaan stok karbon sambil meminimalkan dampak negatif terhadap ekosistem mangrove.

Tahun ketiga dalam roadmap ini ditujukan untuk implementasi skala penuh dari model yang telah dikembangkan. Model ini akan diterapkan di lapangan untuk melihat efektivitasnya dalam praktek. Selama periode ini, akan dilakukan pemantauan dan evaluasi berkelanjutan untuk memastikan bahwa model bekerja sebagaimana mestinya dan untuk mengidentifikasi area yang mungkin

membutuhkan penyesuaian atau perbaikan. Hasil dari implementasi ini akan sangat penting untuk memberikan rekomendasi kebijakan yang berkelanjutan dan transfer pengetahuan ke proyek atau lokasi lain di masa depan.

3.5 Alur Penelitian

Setiap tahap dalam diagram alir ini dirancang untuk memastikan bahwa semua aspek penelitian dilakukan secara sistematis dan komprehensif, dari persiapan awal hingga implementasi dan evaluasi akhir. Hal ini akan memungkinkan tim penelitian untuk mendapatkan wawasan mendalam tentang keefektifan strategi pengelolaan stok karbon dan efisiensi karbon trading yang diusulkan dan membuat penyesuaian yang diperlukan untuk memastikan keberhasilan jangka panjang dari inisiatif pengelolaan stok karbon yang strategis dan efektif di Tanah Laut.



Gambar 3.7. Alur Penelitian

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Jenis-Jenis Mangrove

Kabupaten Tanah Laut memiliki ekosistem mangrove yang cukup beragam dan tersebar di sepanjang wilayah pesisirnya. Berdasarkan hasil survei lapangan tahun 2025 serta referensi pendukung dari Wantoro et al. (2021), telah teridentifikasi beberapa jenis mangrove sejati maupun asosiasi yang tumbuh di daerah ini. Jenis-jenis tersebut mencerminkan kondisi lingkungan pesisir yang masih mendukung pertumbuhan berbagai spesies mangrove dari beberapa famili utama, seperti *Avicenniaceae*, *Rhizophoraceae*, *Sonneratiaceae*, dan *Euphorbiaceae*. Rincian jenis mangrove yang ditemukan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.1. Jenis-jenis mangrove yang ditemukan

No	Nama Daerah	Nama Ilmiah	Famili	Sumber
1	Api-api	<i>Avicennia alba</i>	<i>Avicenniaceae</i>	Survei lapangan, 2025
2	Api-api	<i>Avicennia marina</i>	<i>Avicenniaceae</i>	Survei lapangan, 2025
3	Api-api	<i>Avicennia officinalis</i>	<i>Avicenniaceae</i>	Survei lapangan, 2025
4	Tancang/ Tanjang merah	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	<i>Rhizophoraceae</i>	Survei lapangan, 2025
5	Tancang	<i>Bruguiera Sexangula</i>	<i>Rhizophoraceae</i>	Survei lapangan, 2025
6	Bakau laki/Alangaday	<i>Rhizophora apiculata</i>	<i>Rhizophoraceae</i>	Survei lapangan, 2025
7	Bakau	<i>Rhizophora mucronata</i>	<i>Rhizophoraceae</i>	Survei lapangan, 2025
8	Rambai bogam	<i>Sonneratia alba</i>	<i>Sonneratiaceae</i>	Survei lapangan, 2025
9	Rambai papan	<i>Sonneratia caseolaris</i>	<i>Sonneratiaceae</i>	Survei lapangan, 2025
10	Buta-buta	<i>Excoecaria agallocha</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	Survei lapangan, 2025
11	Nipah	<i>Nypa fruticans</i>	<i>Areaceae/ Palmae</i>	Survei lapangan, 2025

No	Nama Daerah	Nama Ilmiah	Famili	Sumber
12	Jeruju	<i>Acanthus ilicifolius</i>	<i>Guttiferae</i>	Survei lapangan, 2025
13	-	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	<i>Malvaceae</i>	Wantoro, et al 2021
14	Dungun	<i>Heritiera littoralis</i>	<i>Sterculiaceae</i>	Wantoro, et al 2021
15	Apel Laut	<i>Xylocarpus granatum</i>	<i>Meliaceae</i>	Wantoro, et al 2021
16	Teruntum	<i>Lumnitzera littorea</i>	<i>Combretaceae</i>	Wantoro, et al 2021
17	-	<i>Cerbera manghas</i>	<i>Apocynaceae</i>	Wantoro, et al 2021
18	Tingi	<i>Ceriops tagal</i>	<i>Rhizophoraceae</i>	Wantoro, et al 2021

Berikut gambaran jenis mangrove yang ditemukan di kabupaten Tanah Laut:

 <i>Avicennia marina</i>	 <i>Avicennia alba</i>	 <i>Avicennia officinalis</i>
 <i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	 <i>Bruguiera Sexangula</i>	 <i>Rhizophora apiculata</i>

		
<i>Rhizophora mucronata</i>	<i>Sonneratia alba</i>	<i>Sonneratia caseolaris</i>
		
<i>Excoecaria agallocha</i>	<i>Nypah fruticans</i> (Nipah)	<i>Acanthus ilicifolius</i> (jeruju)

Gambar 4.1. Jenis mangrove yang ditemukan

4.2 Identifikasi Jenis Mangrove

4.2.1 *Avicennia marina*

Avicennia marina, atau yang dikenal dengan nama lokal api-api putih, merupakan salah satu jenis mangrove yang paling umum ditemukan di kawasan pesisir Kabupaten Tanah Laut. Jenis ini memiliki toleransi lingkungan yang sangat tinggi, sehingga mampu tumbuh pada kondisi salinitas ekstrem, substrat berlumpur hingga berpasir, serta wilayah yang terpapar langsung oleh gelombang. Keberadaan *A. marina* menjadi indikator penting dalam menilai ketahanan ekosistem mangrove terhadap tekanan lingkungan.

Secara morfologi, *Avicennia marina* memiliki akar nafas (*pneumatofor*) yang muncul ke permukaan sedimen dan berfungsi untuk membantu pertukaran gas pada kondisi tanah anaerob. Daunnya berwarna hijau keabu-abuan dengan permukaan bawah yang lebih pucat, sedangkan buahnya memiliki bentuk khas menyerupai kapsul kecil. Karakteristik fisiologisnya memungkinkan jenis ini

berperan sebagai pionir dalam proses suksesi mangrove, terutama pada area terbuka atau daerah yang baru pulih dari gangguan.

- **Deskripsi Umum**

Belukar atau pohon yang tumbuh tegak atau menyebar, ketinggian pohon mencapai 30 meter. Memiliki sistem perakaran horizontal yang rumit dan berbentuk pensil (atau berbentuk asparagus), akar nafas tegak dengan sejumlah lentisel. Kulit kayu halus dengan burik-burik hijau-abu dan terkelupas dalam bagian-bagian

- **Daun**

Bagian atas permukaan daun ditutupi bintik-bintik kelenjar berbentuk cekung. Bagian bawah daun putih abu-abu muda. Unit & Letak: sederhana & berlawanan. Bentuk: elips, bulat memanjang, bulat telur terbalik. Ujung: meruncing hingga membundar. Ukuran: 9 x 4,5 cm.

- **Bunga**

Seperti trisula dengan bunga bergerombol muncul di ujung tandan, bau menyengat, nektar banyak. Letak: di ujung atau ketiak tangkai/tandan bunga. Formasi: bulir (2-12 bunga per tandan). Daun Mahkota: 4, kuning pucat-jingga tua, 5-8 mm. Kelopak Bunga: 5. Benang sari: 4.

- **Buah**

Buah agak membulat, berwarna hijau agak keabu-abuan. Permukaan buah berambut halus (seperti ada tepungnya) dan ujung buah agak tajam seperti paruh. Ukuran: sekitar 1,5x2,5 cm.

- **Ekologi**

Merupakan tumbuhan pionir pada lahan pantai yang terlindung, memiliki kemampuan menempati dan tumbuh pada berbagai habitat pasang-surut, bahkan di tempat asin sekalipun. Jenis ini merupakan salah satu jenis tumbuhan yang paling umum ditemukan di habitat pasang-surut. Akarnya sering dilaporkan membantu pengikatan sedimen dan mempercepat proses pembentukan tanah timbul. Jenis ini dapat juga bergerombol membentuk suatu kelompok pada habitat tertentu. Berbuah sepanjang tahun, kadang-kadang bersifat vivipar. Buah membuka pada saat telah matang, melalui

lapisan dorsal. Buah dapat juga terbuka karena dimakan semut atau setelah terjadi penyerapan air.



Gambar 4.2. Jenis *Avicennia marina* (Dok. Lapangan Tahun 2025)

4.2.2 *Avicennia alba*

Avicennia alba, dikenal sebagai api-api, merupakan salah satu jenis mangrove pionir yang banyak ditemukan di kawasan pesisir berlumpur hingga berpasir. Jenis ini memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap salinitas dan kondisi pasang surut, sehingga sering tumbuh pada bagian depan kawasan mangrove (*foreshore*).

- **Deskripsi Umum**

Belukar atau pohon yang tumbuh menyebar dengan ketinggian mencapai 25 m. Kumpulan pohon membentuk sistem perakaran horizontal dan akar nafas yang rumit. Akar nafas biasanya tipis, berbentuk jari (atau seperti asparagus) yang ditutupi oleh lentisel. Kulit kayu luar berwarna keabu-abuan atau gelap kecoklatan, beberapa ditumbuhi tonjolan kecil, sementara yang lain kadangkadang memiliki permukaan yang halus. Pada bagian batang yang tua, kadangkadang ditemukan serbuk tipis.

- **Daun**

Permukaan halus, bagian atas hijau mengkilat, bawahnya pucat. Unit dan Letak: sederhana dan berlawanan. Bentuk: lanset (seperti daun akasia) kadang elips. Ujung: meruncing. Ukuran: 16 x 5 cm.

- **Bunga**

Seperti trisula dengan bunga bergerombol muncul di ujung tandan, bau menyengat, nektar banyak. Letak: di ujung atau ketiak tangkai/tandan bunga. Formasi: bulir (2-12 bunga per tandan). Daun Mahkota: 4, kuning pucat-jingga tua, 5-8 mm. Kelopak Bunga: 5. Benang sari: 4.

- **Buah**

Seperti kerucut/cabe/mente. Hijau muda kekuningan. Ukuran: 4 x 2 cm.

- **Ekologi**

Merupakan jenis pionir pada habitat rawa mangrove di lokasi pantai yang terlindung, juga di bagian yang lebih asin di sepanjang pinggiran sungai yang dipengaruhi pasang surut, serta di sepanjang garis pantai. Mereka umumnya menyukai bagian muka teluk. Akarnya dilaporkan dapat membantu pengikatan sedimen dan mempercepat proses pembentukan daratan. Perbungaan terjadi sepanjang tahun. Genus ini kadang-kadang bersifat vivipar, dimana sebagian buah berbiak ketika masih menempel di pohon.



Gambar 4.3. Jenis *Avicennia alba* (Dok. Lapangan Tahun 2025)

4.2.3 *Avicennia officinalis*

Avicennia officinalis dikenal sebagai salah satu tumbuhan mangrove pionir yang tumbuh di kawasan pasang surut dan memiliki akar nafas (pneumatofor). Jenis ini sering disebut sebagai “api-api hitam” karena warna batangnya yang relatif lebih gelap dibandingkan spesies *Avicennia* lainnya.

- **Deskripsi Umum**

Pohon, biasanya memiliki ketinggian sampai 12 m, bahkan kadang-kadang sampai 20 m. Pada umumnya memiliki akar tunjang dan akar nafas yang tipis, berbentuk jari dan ditutupi oleh sejumlah lentisel. Kulit kayu bagian luar memiliki permukaan yang halus berwarna hijau-keabu-abuan sampai abu-abu-kecoklatan serta memiliki lentisel.

- **Daun**

Berwarna hijau tua pada permukaan atas dan hijau-kekuningan atau abu-abukehijauan di bagian bawah. Permukaan atas daun ditutupi oleh sejumlah bintikbintik kelenjar berbentuk cekung. Unit & Letak: sederhana & berlawanan. Bentuk: bulat telur terbalik, bulat memanjang-bulat telur terbalik atau elipsbulat memanjang. Ujung: membundar, menyempit ke arah gagang. Ukuran: 12,5 x 6 cm.

- **Bunga**

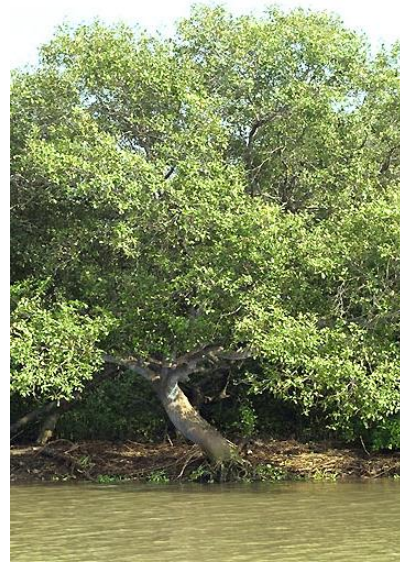
Susunan seperti trisula dengan bunga bergerombol muncul di ujung tandan, bau menyengat. Daun mahkota bunga terbuka tidak beraturan, semakin tua warnanya semakin hitam, seringkali tertutup oleh rambut halus dan pendek pada kedua permukaannya. Letak: di ujung atau ketiak tangkai/tandan bunga. Formasi: bulir (2-10 bunga per tandan). Daun Mahkota: 4; kuning-jingga, 10-15 mm. Kelopak Bunga: 5. Benang sari: 4; lebih panjang dari daun mahkota bunga.

- **Buah**

Bentuk seperti hati, ujungnya berparuh pendek, warna kuning kehijauan. Permukaan buah agak keriput dan ditutupi rapat oleh rambut-rambaut halus yang pendek. Ukuran: Sekitar 2x3 cm.

- **Ekologi**

Tumbuh di bagian pinggir daratan rawa mangrove, khususnya di sepanjang sungai yang dipengaruhi pasang surut dan mulut sungai. Berbunga sepanjang tahun.



Gambar 4.4. Jenis *Avicennia officinalis*

4.2.4 *Bruguiera gymnorhiza*

Bruguiera gymnorhiza, dikenal luas sebagai tancang merah atau putut, merupakan salah satu spesies mangrove utama yang banyak ditemukan di kawasan pesisir tropis dan subtropis. Jenis ini umumnya tumbuh pada zona tengah hutan mangrove, yaitu area dengan genangan pasang surut yang tidak terlalu ekstrem dan memiliki substrat berlumpur hingga liat.

- **Deskripsi Umum**

Pohon yang selalu hijau dengan ketinggian kadang-kadang mencapai 30 m. Kulit kayu memiliki lentisel, permukaannya halus hingga kasar, berwarna abu-abu tua sampai coklat (warna berubah-ubah). Akarnya seperti papan melebar ke samping di bagian pangkal pohon, juga memiliki sejumlah akar lutut.

- **Daun**

Daun berkulit, berwarna hijau pada lapisan atas dan hijau kekuningan pada bagian bawahnya dengan bercak-bercak hitam (ada juga yang tidak). Unit

dan Letak: sederhana dan berlawanan. Bentuk: elips sampai elips-lanset.

Ujung: meruncing Ukuran: 4,5-7 x 8,5-22 cm

- **Bunga**

Bunga bergelantungan dengan panjang tangkai bunga antara 9-25 mm. Letak: di ketiak daun, menggantung. Formasi: soliter. Daun Mahkota: 10-14; putih dan coklat jika tua, panjang 13-16 mm. Kelopak Bunga: 10-14; warna merah muda hingga merah; panjang 30-50.

- **Buah**

Buah melingkar spiral, bundar melintang, panjang 2-2,5 cm. Hipokotil lurus, tumpul dan berwarna hijau tua keunguan. Ukuran: Hipokotil: panjang 12-30 cm dan diameter 1,5-2 cm.

- **Ekologi**

Merupakan jenis yang dominan pada hutan mangrove yang tinggi dan merupakan ciri dari perkembangan tahap akhir dari hutan pantai, serta tahap awal dalam transisi menjadi tipe vegetasi daratan. Tumbuh di areal dengan salinitas rendah dan kering, serta tanah yang memiliki aerasi yang baik. Jenis ini toleran terhadap daerah terlindung maupun yang mendapat sinar matahari langsung. Mereka juga tumbuh pada tepi daratan dari mangrove, sepanjang tambak serta sungai pasang surut dan payau. Ditemukan di tepi pantai hanya jika terjadi erosi pada lahan di hadapannya. Substrat-nya terdiri dari lumpur, pasir dan kadang-kadang tanah gambut hitam. Kadang-kadang juga ditemukan di pinggir sungai yang kurang terpengaruh air laut, hal tersebut dimungkinkan karena buahnya terbawa arus air atau gelombang pasang. Regenerasinya seringkali hanya dalam jumlah terbatas. Bunga dan buah terdapat sepanjang tahun. Bunga relatif besar, memiliki kelopak bunga berwarna kemerahan, tergantung, dan mengundang burung untuk melakukan penyerbukan.



Gambar 4.5. Jenis *Bruguiera gymnorhiza*

4.2.5 *Bruguiera Sexangula*

Bruguiera sexangula, dikenal secara umum sebagai tancang putih atau tumu, merupakan salah satu spesies mangrove dari genus *Bruguiera* yang banyak ditemukan di kawasan hutan mangrove zona tengah hingga bagian dalam. Spesies ini tumbuh pada substrat berlumpur yang stabil dengan tingkat genangan pasang surut yang relatif teratur.

- **Deskripsi Umum**

Pohon yang selalu hijau dengan ketinggian kadang-kadang mencapai 30 m. Kulit kayu coklat muda-abu-abu, halus hingga kasar, memiliki sejumlah lentisel berukuran besar, dan pangkal batang yang membengkak. Akar lutut, dan kadangkadang akar papan.

- **Daun**

Daun agak tebal, berkulit, dan memiliki bercak hitam di bagian bawah. Unit dan Letak: sederhana dan berlawanan. Bentuk: elips. Ujung: meruncing. Ukuran: 8-16 x 3-6 cm.

- **Bunga**

Letak: Di ketiak daun. Formasi: soliter (1 bunga per tandan). Daun makhota: 10-11; putih dan kecoklatan jika tua, panjang 15mm. Kadang berambut halus

pada tepinya. Kelopak bunga: 10-12; warna kuning kehijauan atau kemerahan atau kecoklatan; panjang tabung 10-15 mm

- **Buah**

Hipokotil menyempit di kedua ujung. Ukuran: Hipokotil: panjang 6-12 cm dan diameter 1,5 cm.

- **Ekologi**

Tumbuh di sepanjang jalur air dan tambak pantai, pada berbagai tipe substrat yang tidak sering tergenang. Biasanya tumbuh pada kondisi yang lebih basah dibanding *B. gymnorhiza*. Kadang-kadang terdapat pada pantai berpasir. Toleran terhadap kondisi air asin, payau dan tawar. Perbungaan terjadi sepanjang tahun. Bunganya yang besar diserbuki oleh burung. Hipokotil disebarkan melalui air.



Gambar 4.6. Jenis *Bruguiera sexangula*

4.2.6 *Rhizophora apiculata*

Rhizophora apiculata, dikenal luas sebagai bakau minyak, merupakan salah satu spesies mangrove yang paling dominan dan umum ditemukan pada zona tengah hingga zona depan hutan mangrove. Jenis ini tumbuh baik pada daerah berlumpur yang tergenang pasang surut secara teratur dan memiliki kemampuan tinggi dalam menahan sedimen serta memecah energi gelombang.

- **Deskripsi Umum**

Pohon dengan ketinggian mencapai 30 m dengan diameter batang mencapai 50 cm. Memiliki perakaran yang khas hingga mencapai ketinggian 5 meter, dan kadang-kadang memiliki akar udara yang keluar dari cabang. Kulit kayu berwarna abu-abu tua dan berubah-ubah

- **Daun**

Berkulit, warna hijau tua dengan hijau muda pada bagian tengah dan kemerahan di bagian bawah. Gagang daun panjangnya 17-35 mm dan warnanya kemerahan. Unit dan Letak: sederhana dan berlawanan. Bentuk: elips menyempit. Ujung: meruncing. Ukuran: 7-19 x 3,5-8 cm.

- **Bunga**

Biseksual, kepala bunga kekuningan yang terletak pada gagang berukuran <14 mm. Letak: Di ketiak daun. Formasi: kelompok (2 bunga per kelompok). Daun mahkota: 4; kuning-putih, tidak ada rambut, panjangnya 9-11 mm. Kelopak bunga: 4; kuning kecoklatan, melengkung. Benang sari: 11-12; tak bertangkai.

- **Buah**

Buah kasar berbentuk bulat memanjang hingga seperti buah pir, warna coklat, panjang 2-3,5 cm, berisi satu biji fertil. Hipokotil silindris, berbintil, berwarna hijau jingga. Leher kotilodon berwarna merah jika sudah matang. Ukuran: Hipokotil panjang 18-38 cm dan diameter 1-2 cm.

- **Ekologi**

Tumbuh pada tanah berlumpur, halus, dalam dan tergenang pada saat pasang normal. Tidak menyukai substrat yang lebih keras yang bercampur dengan pasir. Tingkat dominasi dapat mencapai 90% dari vegetasi yang tumbuh di suatu lokasi. Menyukai perairan pasang surut yang memiliki pengaruh masukan air tawar yang kuat secara permanen. Percabangan akarnya dapat tumbuh secara abnormal karena gangguan kumbang yang menyerang ujung akar. Kepiting dapat juga menghambat pertumbuhan mereka karena mengganggu kulit akar anakan. Tumbuh lambat, tetapi perbungaan terdapat sepanjang tahun.



Gambar 4.7. Jenis *Rhizophora apiculata* (Dok. Lapangan Tahun 2025)

4.2.7 *Rhizophora mucronata*

Rhizophora mucronata, dikenal luas sebagai bakau hitam, merupakan salah satu spesies mangrove utama yang tumbuh dominan pada kawasan pesisir berlumpur dengan genangan pasang surut yang stabil. Spesies ini biasanya ditemukan di zona tengah hingga belakang hutan mangrove, namun tetap mampu tumbuh pada area yang cukup tergenang.

- **Deskripsi Umum**

Pohon dengan ketinggian mencapai 27 m, jarang melebihi 30 m. Batang memiliki diameter hingga 70 cm dengan kulit kayu berwarna gelap hingga hitam dan terdapat celah horizontal. Akar tunjang dan akar udara yang tumbuh dari percabangan bagian bawah.

- **Daun**

Daun berkulit. Gagang daun berwarna hijau, panjang 2,5-5,5 cm. Pinak daun terletak pada pangkal gagang daun berukuran 5,5-8,5 cm. **Unit dan Letak:** sederhana dan berlawanan. **Bentuk:** elips melebar hingga bulat memanjang. **Ujung:** meruncing. **Ukuran:** 11-23 x 5-13 cm.

- **Bunga**

Gagang kepala bunga seperti cagak, bersifat biseksual, masing-masing menempel pada gagang individu yang panjangnya 2,5-5 cm. **Letak:** di ketiak

daun. **Formasi:** Kelompok (4-8 bunga per kelompok). **Daun mahkota:** 4; putih, ada rambut. 9 mm. **Kelopak bunga:** 4; kuning pucat, panjangnya 13-19 mm. **Benang sari:** 8; tak bertangkai.

- **Buah**

Buah lonjong/panjang hingga berbentuk telur berukuran 5-7 cm, berwarna hijaukecoklatan, seringkali kasar di bagian pangkal, berbiji tunggal. Hipokotil silindris, kasar dan berbintil. Leher kotilodon kuning ketika matang. **Ukuran:** Hipokotil: panjang 36-70 cm dan diameter 2-3 cm

- **Ekologi**

Di areal yang sama dengan *R. apiculata* tetapi lebih toleran terhadap substrat yang lebih keras dan pasir. Pada umumnya tumbuh dalam kelompok, dekat atau pada pematang sungai pasang surut dan di muara sungai, jarang sekali tumbuh pada daerah yang jauh dari air pasang surut. Pertumbuhan optimal terjadi pada areal yang tergenang dalam, serta pada tanah yang kaya akan humus. Merupakan salah satu jenis tumbuhan mangrove yang paling penting dan paling tersebar luas. Perbungaan terjadi sepanjang tahun. Anakan seringkali dimakan oleh kepiting, sehingga menghambat pertumbuhan mereka. Anakan yang telah dikeringkan dibawah naungan untuk beberapa hari akan lebih tahan terhadap gangguan kepiting. Hal tersebut mungkin dikarenakan adanya akumulasi tanin dalam jaringan yang kemudian melindungi mereka.



Gambar 4.8. Jenis *Rhizophora mucronata*

4.2.8 *Sonneratia alba*

Sonneratia alba, dikenal luas sebagai pedada putih, merupakan salah satu spesies mangrove pionir yang tumbuh terutama pada zona depan (*foreshore*) yang langsung berhadapan dengan laut. Jenis ini umumnya ditemukan pada kawasan berpasir hingga berlumpur dengan tingkat salinitas tinggi serta kondisi pasang surut yang kuat.

- **Deskripsi Umum**

Pohon selalu hijau, tumbuh tersebar, ketinggian kadang-kadang hingga 15 m. Kulit kayu berwarna putih tua hingga coklat, dengan celah longitudinal yang halus. Akar berbentuk kabel di bawah tanah dan muncul kepermukaan sebagai akar nafas yang berbentuk kerucut tumpul dan tingginya mencapai 25 cm.

- **Daun**

Daun berkulit, memiliki kelenjar yang tidak berkembang pada bagian pangkal gagang daun. Gagang daun panjangnya 6-15 mm. **Unit dan Letak:** sederhana dan berlawanan. **Bentuk:** bulat telur terbalik. **Ujung:** membundar. **Ukuran:** 5-12,5 x 3-9 cm.

- **Bunga**

Biseksual; gagang bunga tumpul panjangnya 1 cm. Letak: di ujung atau pada cabang kecil. **Formasi:** soliter-kelompok (1-3 bunga per kelompok). **Daun mahkota:** putih, mudah rontok. **Kelopak bunga:** 6-8; berkulit, bagian luar hijau, di dalam kemerahan. Seperti lonceng, panjangnya 2-2,5 cm. **Benang sari:** banyak, ujungnya putih dan pangkalnya kuning, mudah rontok.

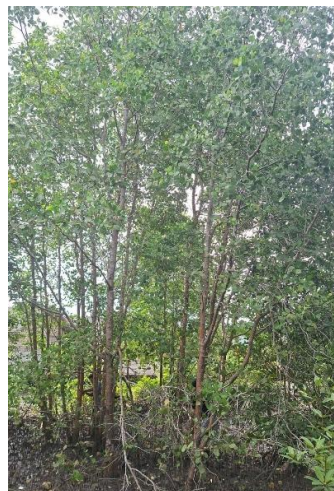
- **Buah**

Seperti bola, ujungnya bertangkai dan bagian dasarnya terbungkus kelopak bunga. Buah mengandung banyak biji (150-200 biji) dan tidak akan membuka pada saat telah matang. **Ukuran buah:** diameter 3,5-4,5 cm.

- **Ekologi**

Jenis pionir, tidak toleran terhadap air tawar dalam periode yang lama. Menyukai tanah yang bercampur lumpur dan pasir, kadang-kadang pada batuan dan karang. Sering ditemukan di lokasi pesisir yang terlindung dari hempasan gelombang, juga di muara dan sekitar pulau-pulau lepas pantai. Di

lokasi dimana jenis tumbuhan lain telah ditebang, maka jenis ini dapat membentuk tegakan yang padat. Perbungaan terjadi sepanjang tahun. Bunga hidup tidak terlalu lama dan mengembang penuh di malam hari, mungkin diserbuki oleh ngengat, burung dan kelelawar pemakan buah. Di jalur pesisir yang berkarang mereka tersebar secara vegetatif. Kunang-kunang sering menempel pada pohon ini dikala malam. Buah mengapung karena adanya jaringan yang mengandung air pada bijinya. Akar nafas tidak terdapat pada pohon yang tumbuh pada substrat yang keras.



Gambar 4.9. Jenis *Sonneratia alba* (Dok. Lapangan Tahun 2025)

4.2.9 *Sonneratia caseolaris*

Sonneratia caseolaris, dikenal secara umum sebagai pedada merah atau berembang, merupakan salah satu spesies mangrove yang tumbuh pada bagian belakang zona mangrove, terutama di area yang lebih dipengaruhi oleh air tawar dari sungai. Berbeda dengan *S. alba*, spesies ini lebih toleran terhadap kondisi salinitas rendah hingga sedang, sehingga sering ditemukan di muara sungai, rawa-rawa payau, dan tepi kanal alami.

Secara morfologi, *S. caseolaris* memiliki batang berwarna cokelat kemerahan dengan cabang yang tumbuh melebar. Daunnya tebal, berbentuk oval, dan berwarna hijau cerah. Spesies ini memiliki akar napas (*pneumatofor*) yang berbentuk kerucut dan muncul rapat di sekitar pangkal pohon. Bunganya berwarna merah cerah dengan benang sari panjang yang mencolok, menjadi ciri

pembeda utama dari jenis *Sonneratia* lainnya. Buahnya berbentuk bulat dan sering dimanfaatkan sebagai bahan pangan lokal, seperti rujak atau bahan pembuatan sirup pedada.

- **Deskripsi Umum**

Pohon, ketinggian mencapai 15 m, jarang mencapai 20 m. Memiliki akar nafas vertikal seperti kerucut (tinggi hingga 1 m) yang banyak dan sangat kuat. Ujung cabang/ranting terkulai, dan berbentuk segi empat pada saat muda.

- **Daun**

Gagang/tangkai daun kemerahan, lebar dan sangat pendek. **Unit dan Letak:** sederhana dan berlawanan. **Bentuk:** bulat memanjang. **Ujung:** membundar. **Ukuran:** bervariasi, 5-13 x 2-5 cm.

- **Bunga**

Pucuk bunga bulat telur. Ketika mekar penuh, tabung kelopak bunga berbentuk mangkok, biasanya tanpa urat. **Letak:** di ujung. **Formasi:** soliter-kelompok (1-3 bunga per kelompok). **Daun mahkota:** merah, ukuran 17-35 x 1,5-3,5 mm, mudah rontok. **Kelopak bunga:** 6-8; berkulit, bagian luar hijau, di dalam putih kekuningan hingga kehijauan. **Benang sari:** banyak, ujungnya putih dan pangkalnya merah, mudah rontok.

- **Buah**

Seperti bola, ujungnya bertangkai dan bagian dasarnya terbungkus kelopak bunga. Ukuran lebih besar dari *S.alba*, bijinya lebih banyak (800-1200). **Ukuran:** buah: diameter 6-8 cm.

- **Ekologi**

Tumbuh di bagian yang kurang asin di hutan mangrove, pada tanah lumpur yang dalam, seringkali sepanjang sungai kecil dengan air yang mengalir pelan dan terpengaruh oleh pasang surut. Tidak pernah tumbuh pada pematang/ daerah berkarang. Juga tumbuh di sepanjang sungai, mulai dari bagian hulu dimana pengaruh pasang surut masih terasa, serta di areal yang masih didominasi oleh air tawar. Tidak toleran terhadap naungan. Ketika bunga berkembang penuh (setelah jam 20.00 malam), bunga berisi banyak nektar. Perbungaan terjadi sepanjang tahun. Biji mengapung. Selama hujan

lebat, kecenderungan pertumbuhan daun akan berubah dari horizontal menjadi vertikal.



Gambar 4.10. Jenis *Sonneratia caseolaris*

4.2.10 *Excoecaria agallocha*

Excoecaria agallocha, dikenal secara umum sebagai buta-buta, merupakan salah satu spesies mangrove yang tumbuh di zona tengah hingga bagian belakang ekosistem mangrove, terutama pada area dengan genangan pasang surut yang tidak terlalu ekstrem. Tumbuhan ini banyak ditemukan di kawasan pesisir Asia Tenggara, termasuk Indonesia.

Secara morfologi, *E. agallocha* memiliki batang tegak dengan kulit kayu berwarna abu-abu hingga cokelat. Daunnya berbentuk lonjong, berwarna hijau tua dengan tekstur agak mengilap. Spesies ini tidak memiliki akar tunjang atau akar napas yang mencolok seperti genus *Rhizophora* atau *Avicennia*, namun tetap mampu beradaptasi dengan baik pada tanah berlumpur yang anaerob.

Hal yang sangat khas dari *Excoecaria agallocha* adalah getahnya yang bersifat toksik dan dapat menyebabkan iritasi mata maupun kulit, sehingga disebut sebagai “buta-buta”. Kendati demikian, dalam ekosistem mangrove, spesies ini tetap memiliki fungsi ekologis penting.

- **Deskripsi Umum**

Pohon merangas kecil dengan ketinggian mencapai 15 m. Kulit kayu berwarna abu-abu, halus, tetapi memiliki bintil. Akar menjalar di sepanjang

permukaan tanah, seringkali berbentuk kusut dan ditutupi oleh lentisel. Batang, dahan dan daun memiliki getah (warna putih dan lengket) yang dapat mengganggu kulit dan mata

- **Daun**

Hijau tua dan akan berubah menjadi merah bata sebelum rontok, pinggiran bergerigi halus, ada 2 kelenjar pada pangkal daun. **Unit dan Letak:** sederhana, bersilangan. **Bentuk:** elips. **Ujung:** meruncing. **Ukuran:** 6,5-10,5 x 3,5-5 cm.

- **Bunga**

Memiliki bunga jantan atau betina saja, tidak pernah keduanya. Bunga jantan (tanpa gagang) lebih kecil dari betina, dan menyebar di sepanjang tandan. Tandan bunga jantan berbau, tersebar, berwarna hijau dan panjangnya mencapai 11 cm. **Letak:** di ketiak daun. **Formasi:** bulir. **Daun mahkota:** hijau & putih. **Kelopak bunga:** hijau kekuningan. **Benang sari:** 3; kuning.

- **Buah**

Bentuk seperti bola dengan 3 tonjolan, warna hijau, permukaan seperti kulit, berisi biji berwarna coklat tua. **Ukuran:** diameter 5-7mm.

- **Ekologi**

Tumbuhan ini sepanjang tahun memerlukan masukan air tawar dalam jumlah besar. Umumnya ditemukan pada bagian pinggir mangrove di bagian daratan, atau kadang-kadang di atas batas air pasang. Jenis ini juga ditemukan tumbuh di sepanjang pinggiran danau asin (90% air laut) di pulau vulkanis Satonda, sebelah utara Sumbawa. Mereka umum ditemukan sebagai jenis yang tumbuh kemudian pada beberapa hutan yang telah ditebang, misalnya di Suaka Margasatwa. Karang-Gading Langkat Timur Laut, dekat Medan, Sumatera Utara. Perbungaan terjadi sepanjang tahun. Penyerbukan dilakukan oleh serangga, khususnya lebah. Hal ini terutama diperkirakan terjadi karena adanya serbuk sari yang tebal serta kehadiran nektar yang memproduksi kelenjar pada ujung pinak daun di bawah bunga.



Gambar 4.11. Jenis *Excoecaria agallocha*

4.2.11 *Nypa fruticans* (Nipah)

Nypa fruticans, atau yang dikenal dengan nama nipah, merupakan salah satu tumbuhan khas ekosistem mangrove yang berbeda dari mangrove pohon pada umumnya. Nipah termasuk dalam kelompok palem air (*Arecaceae*) dan tumbuh terutama di muara sungai, rawa pasang surut, dan kawasan payau yang terpengaruh aliran air tawar.

Secara morfologi, nipah memiliki ciri yang sangat unik karena tidak memiliki batang tegak di atas permukaan tanah. Batangnya berada di bawah tanah (*subterranean stem*), sedangkan daun-daunnya tumbuh menjulang ke atas hingga 7–9 meter, berbentuk menyirip seperti daun palem. Bunga nipah muncul dalam bentuk tongkol, dan buahnya berbentuk bulat berkelompok pada tangkai besar.

- **Deskripsi Umum**

Palma tanpa batang di permukaan, membentuk rumpun. Batang terdapat di bawah tanah, kuat dan menggarpu. Tinggi dapat mencapai 4-9 m.

- **Daun**

Seperti susunan daun kelapa. Panjang tandan/gagang daun 4 - 9 m. Terdapat 100 - 120 pinak daun pada setiap tandan daun, berwarna hijau mengkilat di permukaan atas dan berserbuk di bagian bawah. **Bentuk:** lanset. **Ujung:** meruncing. **Ukuran:** 60-130 x 5-8 cm.

- **Bunga**

Tandan bunga biseksual tumbuh dari dekat puncak batang pada gagang sepanjang 1-2 m. Bunga betina membentuk kepala melingkar berdiameter 25-30 cm. Bunga jantan kuning cerah, terletak di bawah kepala bunganya.

- **Buah**

Buah berbentuk bulat, warna coklat, kaku dan berserat. Pada setiap buah terdapat satu biji berbentuk telur. **Ukuran:** diameter kepala buah: sampai 45 cm. Diameter biji: 4-5 cm.

- **Ekologi**

Tumbuh pada substrat yang halus, pada bagian tepi atas dari jalan air. Memerlukan masukan air tawar tahunan yang tinggi. Jarang terdapat di luar zona pantai. Biasanya tumbuh pada tegakan yang berkelompok. Memiliki sistem perakaran yang rapat dan kuat yang tersesuaikan lebih baik terhadap perubahan masukan air, dibandingkan dengan sebagian besar jenis tumbuhan mangrove lainnya. Serbuk sari lengket dan penyerbukan nampaknya dibantu oleh lalat *Drosophila*. Buah yang berserat serta adanya rongga udara pada biji membantu penyebaran mereka melalui air. Kadang-kadang bersifat vivipar.



Gambar 4.12. Jenis Mangrove *Nypa fruticans* (Dok. Lapangan Tahun 2025)

4.2.12 *Acanthus ilicifolius* (jeruju)

Acanthus ilicifolius, dikenal secara umum sebagai jeruju, Jeruju hitam, daruyu, darulu. Merupakan spesies semak mangrove yang tumbuh di kawasan pesisir, terutama pada area yang tergenang secara berkala oleh pasang surut. Berbeda dari mangrove berkayu seperti *Rhizophora* atau *Avicennia*, jeruju memiliki bentuk berupa semak berduri yang biasanya tumbuh rapat membentuk koloni di bagian tepi mangrove atau area transisi antara darat dan pasang surut.

Secara morfologi, jeruju memiliki daun tebal berwarna hijau gelap dengan tepi bergerigi tajam menyerupai daun holly, sehingga mudah dikenali. Bunganya berwarna ungu muda hingga kebiruan, tersusun dalam malai, dan cukup mencolok dibandingkan vegetasi mangrove lainnya. Sistem perakarannya bersifat serabut dan mampu menancap kuat pada substrat berlumpur maupun berpasir.

- **Deskripsi Umum**

Herba rendah, terjurai di permukaan tanah, kuat, agak berkayu, ketinggian hingga 2m. Cabang umumnya tegak tapi cenderung kurus sesuai dengan umurnya. Percabangan tidak banyak dan umumnya muncul dari bagian-bagian yang lebih tua. Akar udara muncul dari permukaan bawah batang horizontal.

- **Daun**

Dua sayap gagang daun yang berduri terletak pada tangkai. Permukaan daun halus, tepi daun bervariasi: zigzag/bergerigi besar-besar seperti gergaji atau agak rata dan secara gradual menyempit menuju pangkal. **Unit dan letak:** sederhana, berlawanan. **Bentuk:** lanset lebar. **Ujung:** meruncing dan berduri tajam. **Ukuran:** 9-30 x 4-12 cm.

- **Bunga**

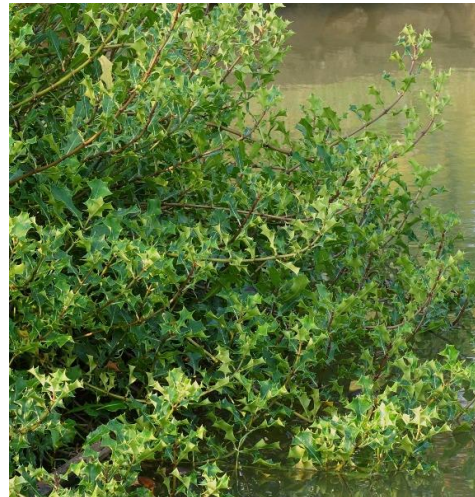
Mahkota bunga berwarna biru muda hingga ungu lembayung, kadang agak putih. Panjang tandan bunga 10-20 cm, sedangkan bunganya sendiri 5-4 cm. Bunga memiliki satu pinak daun penutup utama dan dua sekunder. Pinak daun tersebut tetap menempel seumur hidup pohon. **Letak:** di ujung. **Formasi:** bulir.

- **Buah**

Warna buah saat masih muda hijau cerah dan permukaannya licin mengkilat. Bentuk buah bulat lonjong seperti buah melinjo. **Ukuran:** buah panjang 2,5-3 cm, biji 10 mm.

- **Ekologi**

Biasanya pada atau dekat mangrove, sangat jarang di daratan. Memiliki kekhasan sebagai herba yang tumbuh rendah dan kuat, yang memiliki kemampuan untuk menyebar secara vegetatif karena perakarannya yang berasal dari batang horizontal, sehingga membentuk bagian yang besar dan kukuh. Bunga kemungkinan diserbuki oleh burung dan serangga. Biji tertiuip angin, sampai sejauh 2 m. Di Bali berbuah sekitar Agustus.



Gambar 4.13. Jenis Mangrove *Acanthus ilicifolius* (Dok. Lapangan Tahun 2025)

4.3 Sebaran dan Tingkat Kerapatan Mangrove

Sebaran dan tingkat kerapatan mangrove merupakan indikator penting untuk mengetahui kondisi ekosistem pesisir, khususnya dalam mendukung perlindungan kawasan pesisir, peningkatan keanekaragaman hayati, serta fungsi ekologis lainnya. Kerapatan mangrove menggambarkan kualitas tutupan vegetasi yang berpengaruh terhadap kemampuan kawasan dalam menahan abrasi, menstabilkan sedimen, dan menyediakan habitat bagi biota perairan. Oleh karena itu, identifikasi sebaran mangrove berdasarkan kategori jarang, sedang, dan lebat di setiap kecamatan menjadi langkah penting dalam

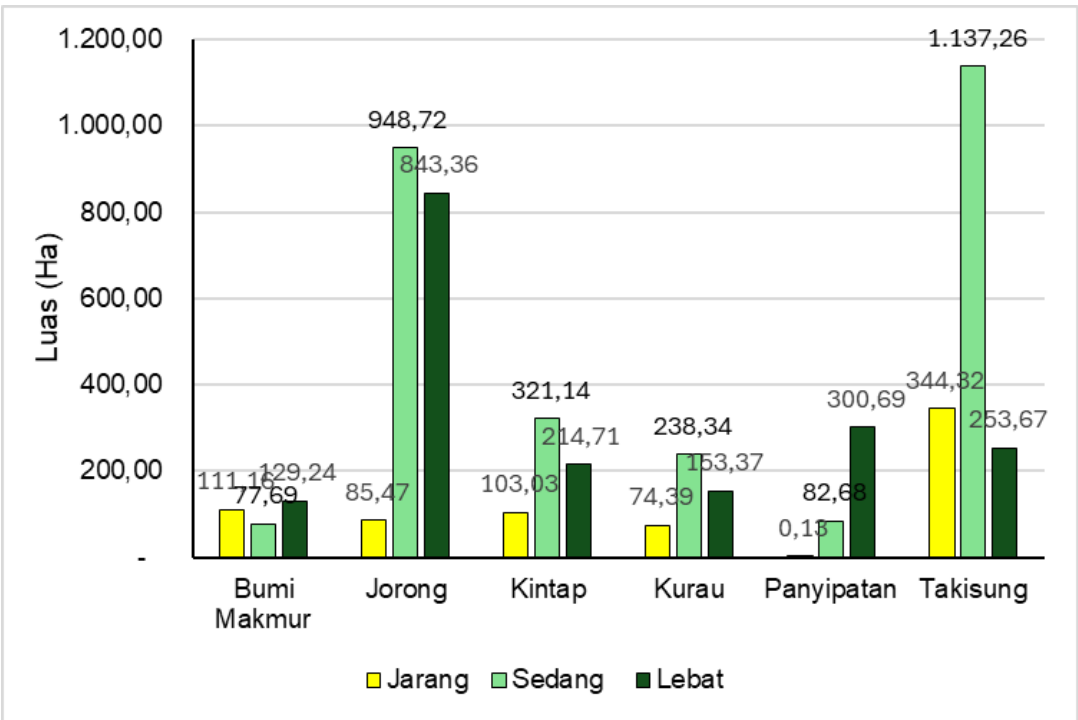
menentukan prioritas pengelolaan dan rehabilitasi mangrove di Kabupaten Tanah Laut.

Tabel berikut menyajikan luasan mangrove berdasarkan tingkat kerapatan jarang, sedang, dan lebat pada tiap kecamatan di Kabupaten Tanah Laut. Data ini memberikan gambaran mengenai variasi kondisi tutupan mangrove di wilayah pesisir, yang selanjutnya menjadi acuan dalam pengambilan keputusan pengelolaan, konservasi, hingga rencana pemulihan ekosistem mangrove.

Tabel 4.2. Luas berdasarkan tingkat kerapatan

No	Kecamatan	Luas Berdasarkan Tingkat Kerapatan (Ha)			Luas Total (ha)
		Jarang	Sedang	Lebat	
1	Bumi Makmur	111,16	77,69	129,24	318,10
2	Jorong	85,47	948,72	843,36	1.877,55
3	Kintap	103,03	321,14	214,71	638,88
4	Kurau	74,39	238,34	153,37	466,10
5	Panyipatan	0,13	82,68	300,69	383,51
6	Takisung	344,32	1.137,26	253,67	1.735,25
Kab. Tanah Laut		718,50	2.805,83	1.895,05	5.419,38

Sumber: Hasil Analisis, 2025



Gambar 4.14. Luas berdasarkan tingkat kerapatan (ha)

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa total luas mangrove di Kabupaten Tanah Laut mencapai 5.419,38 ha, yang tersebar dalam tiga kategori kerapatan: jarang, sedang, dan lebat. Secara umum, kategori kerapatan sedang memiliki luas terbesar (2.805,83 ha), diikuti oleh kerapatan lebat (1.895,05 ha) dan kerapatan jarang (718,50 ha). Hal ini mengindikasikan bahwa mayoritas mangrove berada pada kondisi perkembangan vegetasi yang relatif baik, meskipun masih terdapat area yang perlu penanganan atau rehabilitasi pada kategori jarang.

Beberapa kecamatan memiliki sebaran mangrove yang dominan pada kategori tertentu. Kecamatan Takisung dan Jorong merupakan dua wilayah dengan luasan mangrove terbesar, masing-masing mencapai 1.735,25 ha dan 1.877,55 ha, dengan kecenderungan kerapatan sedang dan lebat yang cukup luas. Sebaliknya, kecamatan seperti Panyipatan dan Bumi Makmur memiliki luasan mangrove yang relatif kecil, yaitu masing-masing 383,51 ha dan 318,10 ha.

1. Kerapatan Mangrove per Kecamatan

- a) Jorong memiliki luas mangrove terbesar pada kategori sedang (948,72 ha) dan lebat (843,36 ha). Dominasi dua kategori ini menunjukkan kondisi ekosistem mangrove yang relatif terjaga dan memiliki potensi besar sebagai kawasan penyangga pesisir.
- b) Takisung juga memiliki luasan yang sangat signifikan, terutama pada kategori sedang (1.137,26 ha). Hal ini menegaskan bahwa Takisung merupakan salah satu kecamatan yang berperan penting dalam menjaga stabilitas ekosistem mangrove Kabupaten Tanah Laut.
- c) Panyipatan memiliki luasan mangrove lebat cukup besar (300,69 ha), namun cakupan kerapatan jarang sangat kecil (0,13 ha), sehingga wilayah ini didominasi oleh mangrove dengan kondisi vegetasi baik.
- d) Bumi Makmur, Kurau, dan Kintap memiliki luasan mangrove yang lebih kecil dibanding wilayah pesisir utama lainnya, namun tetap memperlihatkan komposisi kerapatan yang beragam. Kintap, misalnya, memiliki 321,14 ha mangrove kategori sedang yang menunjukkan potensi untuk terus dikembangkan.

2. Kategori Kerapatan Mangrove

a) Kerapatan Jarang (718,50 ha)

Luasan kategori ini menunjukkan adanya area mangrove yang memerlukan perhatian khusus, baik akibat tekanan antropogenik, gangguan lingkungan, maupun dinamika alami. Kecamatan Takisung (344,32 ha) dan Kintap (103,03 ha) memiliki proporsi terbesar pada kategori ini, sehingga menjadi prioritas perbaikan.

b) Kerapatan Sedang (2.805,83 ha)

Merupakan kategori dengan luasan terbesar. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar kawasan mangrove berada pada kondisi pertumbuhan yang cukup stabil, namun masih berpotensi ditingkatkan menjadi kerapatan lebat melalui upaya rehabilitasi dan pengayaan jenis.

c) Kerapatan Lebat (1.895,05 ha)

Menunjukkan bahwa kawasan mangrove dengan vegetasi padat tersebar cukup luas, terutama di Jorong, Panyipatan, dan sebagian Takisung. Kondisi ini penting untuk menjaga fungsi ekologis seperti perlindungan pantai, penyediaan habitat biota, serta penyerap karbon.

Data luas sebaran mangrove berdasarkan tingkat kerapatan (jarang, sedang, dan lebat) yang dikelompokkan ke dalam dua wilayah, yaitu dalam kawasan dan luar kawasan, di Kabupaten Tanah Laut, sebagaimana disajikan dalam Tabel 4.3.

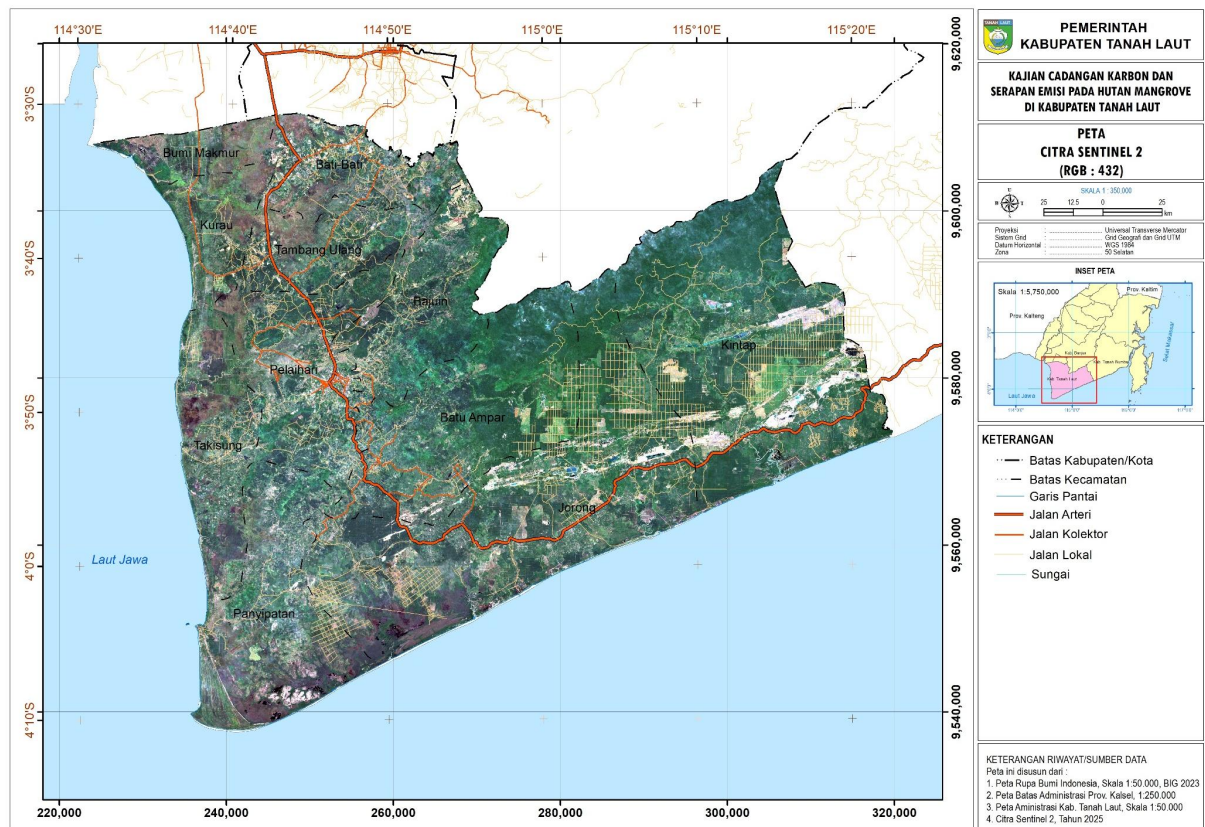
Tabel 4.3. Luas Sebaran Mangrove dalam kawasan dan luar kawasan Kab. Tanah Laut

Dalam Kawasan			Luar Kawasan		
Mangrove Jarang	Mangrove Sedang	Mangrove Lebat	Mangrove Jarang	Mangrove Sedang	Mangrove Lebat
1,10	46,87	52,03	25,60	51,27	23,13

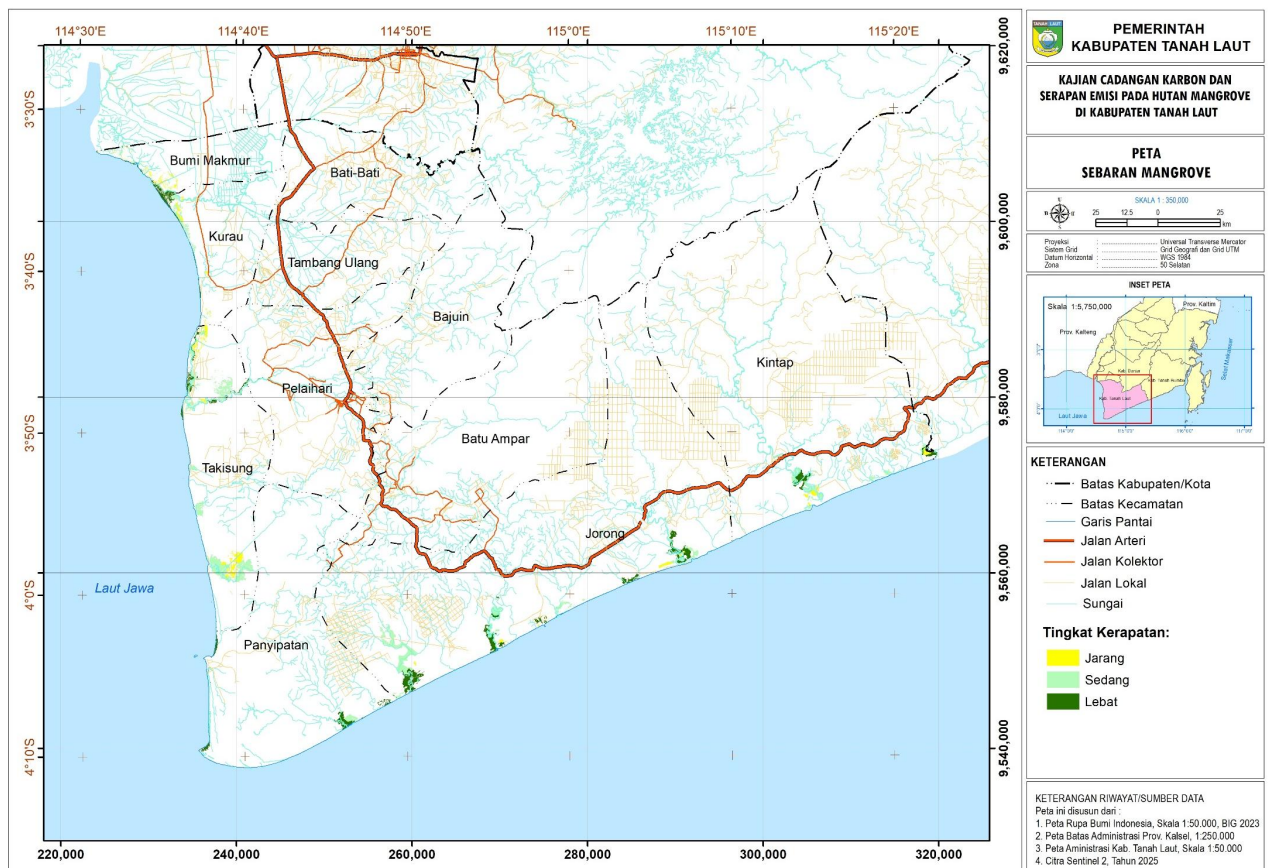
Sumber: Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan Tabel 4.3, kondisi mangrove di Kabupaten Tanah Laut menunjukkan variasi kerapatan yang cukup signifikan antara area dalam kawasan dan luar kawasan. Pada wilayah dalam kawasan, mangrove lebat memiliki luasan tertinggi yaitu 52,03 ha, menunjukkan bahwa area ini relatif masih terjaga dan memiliki tutupan vegetasi yang padat. Mangrove sedang juga memiliki luasan yang cukup besar, mencapai 46,87 ha, sementara mangrove jarang hanya 1,10 ha, mengindikasikan bahwa degradasi pada kategori ini relatif kecil di area yang dilindungi.

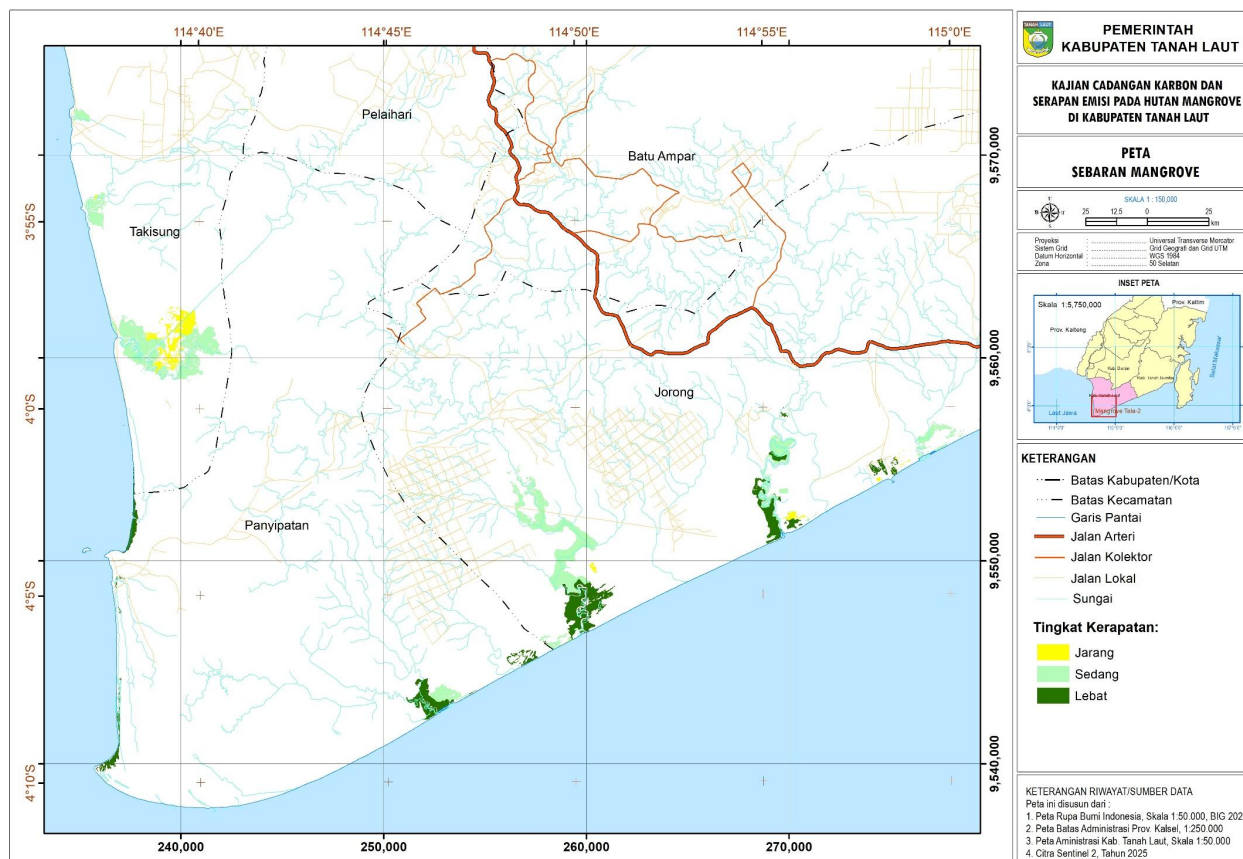
Sebaliknya, pada wilayah luar kawasan, mangrove sedang mendominasi dengan luas 51,27 ha, diikuti mangrove lebat seluas 23,13 ha. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun berada di luar kawasan lindung, tutupan mangrove masih cukup luas, namun dengan tingkat kerapatan yang lebih rendah dibandingkan di dalam kawasan. Mangrove jarang di luar kawasan mencapai 25,60 ha, angka yang jauh lebih tinggi dibandingkan dalam kawasan. Hal ini mencerminkan tekanan pemanfaatan lahan yang lebih intensif di luar kawasan, seperti aktivitas pertambangan, alih fungsi lahan, dan akses masyarakat yang lebih bebas.



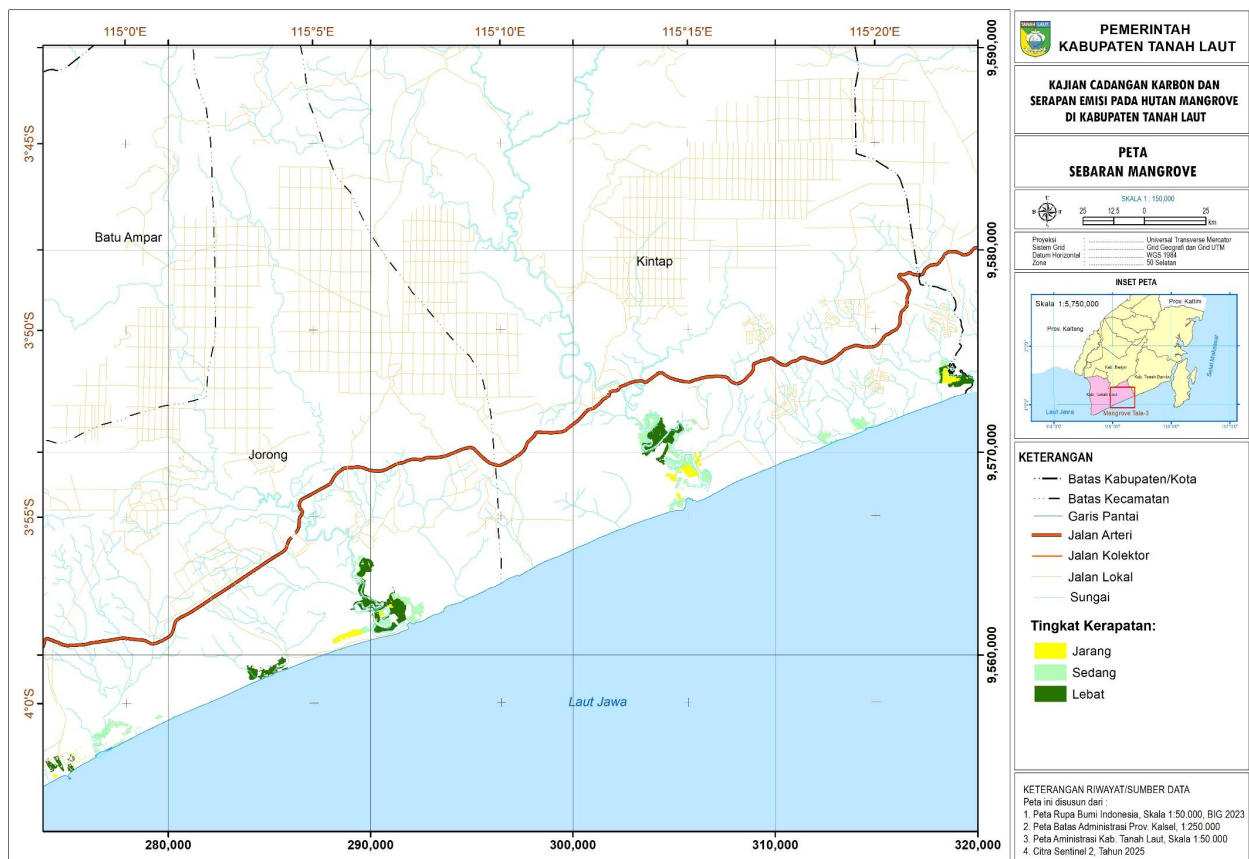
Gambar 4.15. Peta Citra Sentinel 2 (RGB : 432)



Gambar 4.16. Peta Sebaran Mangrove



Gambar 4.18. Peta Sebaran Mangrove Kec. Panyipatan dan Jorong



Gambar 4.19. Peta Sebaran Mangrove Kec. Jorong dan Kintap

4.4 Cadangan Karbon Pada Vegetasi Mangrove

Vegetasi mangrove merupakan ekosistem pesisir yang memiliki kemampuan sangat tinggi dalam menyimpan karbon (*carbon stock*). Cadangan karbon tersimpan pada dua komponen utama, yaitu biomassa di atas permukaan tanah (*Above Ground Biomass/AGB*) seperti batang, cabang, dan daun, serta biomassa di bawah permukaan tanah (*Below Ground Biomass/BGB*) seperti sistem perakaran. Proporsi ini menjadikan mangrove sebagai salah satu ekosistem dengan kepadatan karbon tertinggi dibandingkan vegetasi pesisir lainnya.

Cadangan karbon dihitung berdasarkan nilai biomassa yang diperoleh dari pengukuran lapangan. Biomassa tersebut kemudian dikonversi menjadi karbon menggunakan nilai fraksi karbon standar, sehingga menghasilkan besarnya karbon yang tersimpan dalam tegakan mangrove pada tiap lokasi. Semakin besar biomassa yang terbentuk, semakin besar pula jumlah karbon yang dapat disimpan oleh vegetasi tersebut.

Pengukuran cadangan karbon pada penelitian ini dilakukan pada beberapa stasiun dengan tingkat kerapatan berbeda. Variasi struktur tegakan, mulai dari kerapatan jarang, sedang, hingga lebat menunjukkan perbedaan signifikan pada besarnya cadangan karbon. Mangrove dengan kerapatan tinggi umumnya memiliki biomassa dan cadangan karbon yang lebih besar, didukung oleh jumlah pohon lebih banyak, diameter batang lebih besar, serta struktur tegakan yang lebih dewasa.

Hasil kajian ini memberikan gambaran kuantitatif mengenai besarnya cadangan karbon yang tersimpan pada masing-masing lokasi. Informasi ini penting sebagai dasar pengelolaan dan perlindungan mangrove, terutama dalam konteks mitigasi perubahan iklim. Upaya konservasi dan rehabilitasi mangrove akan berkontribusi langsung terhadap peningkatan cadangan karbon dan penguatan fungsi ekologis ekosistem pesisir secara berkelanjutan.

4.4.1 Cadangan Karbon Mangrove Pada Kerapatan Jarang

Perhitungan kandungan karbon pada vegetasi mangrove kerapatan jarang dilakukan berdasarkan hasil estimasi biomassa pada setiap kecamatan yang menjadi lokasi kajian, yaitu Bumi Makmur, Jorong, Kintap, Kurau, Penyipatan, dan Takisung. Estimasi biomassa mencakup biomassa di atas permukaan tanah (*Above Ground Biomass/AGB*) dan biomassa bawah permukaan tanah (*Below Ground Biomass/BGB*), yang selanjutnya dikonversi menjadi nilai kandungan karbon. Pendekatan ini memberikan gambaran mengenai kapasitas penyimpanan karbon pada ekosistem mangrove dengan kerapatan rendah serta variasinya antar lokasi pengamatan.

Tabel berikut menyajikan hasil estimasi biomassa dan kandungan karbon mangrove kerapatan jarang pada masing-masing kecamatan, yang meliputi parameter luas kawasan mangrove, biomassa total per plot dan per hektar, kandungan karbon per plot dan per hektar, serta total kandungan karbon pada tingkat kawasan. Data tersebut menggambarkan kemampuan relatif vegetasi mangrove dalam menyimpan karbon berdasarkan kondisi struktur dan kerapatan tegakan di setiap kecamatan.

Tabel 4.4. Estimasi kandungan biomassa dan cadangan karbon mangrove pada kerapatan jarang

No	Kecamatan	Luas (Ha)	Biomassa Total Ton/Plot	Biomassa Total Ton/Ha	Karbon (Ton/Plot)	Karbon (Ton/Ha)	Karbon/ Area (Ton C)
1	Bumi Makmur	111,16	2,63	263,00	1,24	123,61	13740,49
2	Jorong	85,47	2,10	210,00	0,99	98,70	8435,89
3	Kintap	103,03	3,13	313,06	1,47	384,04	39567,38
4	Kurau	74,39	1,95	195,00	0,92	91,65	6817,84
5	Penyipatan	0,13	1,73	173,00	0,81	81,31	10,57
6	Takisung	344,32	6,10	610,23	2,87	286,81	98753,05
Total		718,50	17,64	1.764,29	8,29	1.066,12	167.325,22

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Tabel 4.4 menyajikan estimasi kandungan biomassa dan cadangan karbon mangrove pada kerapatan jarang di beberapa kecamatan. Secara umum, kerapatan jarang ditandai oleh biomassa total per plot yang relatif rendah, yaitu

berkisar antara 1,73–3,13 ton/plot, yang menggambarkan kondisi tegakan mangrove dengan kerapatan rendah, struktur vegetasi belum optimal, atau berada pada area yang terfragmentasi dan tertekan oleh aktivitas antropogenik.

Kecamatan Bumi Makmur dan Jorong menunjukkan biomassa total masing-masing sebesar 2,63 ton/plot dan 2,10 ton/plot, dengan biomassa per hektar sebesar 263,00 ton/ha dan 210,00 ton/ha. Nilai tersebut menghasilkan cadangan karbon sebesar 123,61 ton C/ha di Bumi Makmur dan 98,70 ton C/ha di Jorong, dengan kandungan karbon area masing-masing 13.740,49 ton C dan 8.435,89 ton C. Nilai ini mencerminkan kondisi mangrove jarang dengan kontribusi karbon yang masih terbatas.

Kecamatan Kurau dan Penyipatan memiliki biomassa paling rendah dalam kerapatan ini, yaitu 1,95 ton/plot dan 1,73 ton/plot, yang setara dengan biomassa 195,00–173,00 ton/ha. Rendahnya biomassa tersebut berdampak langsung pada cadangan karbon, yaitu hanya 91,65 ton C/ha di Kurau dan 81,31 ton C/ha di Penyipatan. Meskipun Penyipatan memiliki nilai karbon per hektar yang sebanding dengan Kurau, kandungan karbon areanya sangat kecil (10,57 ton C) karena luas mangrove yang sangat terbatas (0,13 ha).

Kecamatan Kintap dan Takisung menunjukkan nilai biomassa yang relatif lebih tinggi dibandingkan kecamatan lain dalam kerapatan jarang. Kintap memiliki biomassa 3,13 ton/plot, sedangkan Takisung mencapai 6,10 ton/plot, yang menunjukkan bahwa meskipun masih diklasifikasikan sebagai jarang, terdapat variasi kondisi struktur tegakan antar wilayah. Takisung, dengan luas mangrove yang besar (344,32 ha), memberikan kontribusi kandungan karbon area tertinggi dalam kerapatan ini, yaitu 98.753,05 ton C, menunjukkan bahwa luas kawasan berperan penting dalam menentukan total cadangan karbon, meskipun biomassa per plot tidak selalu tinggi.

Secara keseluruhan, total luas mangrove kerapatan jarang mencapai 718,50 ha dengan total biomassa 1.764,29 ton/ha dan total kandungan karbon sebesar 167.325,22 ton C. Hasil ini menegaskan bahwa mangrove kerapatan jarang memiliki kontribusi cadangan karbon yang lebih rendah dibandingkan kerapatan sedang dan lebat, namun tetap berperan penting sebagai cadangan

karbon pesisir dan memiliki potensi untuk ditingkatkan melalui upaya rehabilitasi dan pengelolaan berkelanjutan.

4.4.2 Cadangan Karbon Mangrove Pada Kerapatan Sedang

Cadangan karbon pada vegetasi mangrove kerapatan sedang dihitung berdasarkan hasil estimasi biomassa pada setiap stasiun pengamatan yang tersebar di Kecamatan Bumi Makmur, Jorong, Kintap, Kurau, Penyipatan, dan Takisung. Pada kerapatan ini, struktur tegakan mangrove umumnya lebih berkembang dibandingkan kerapatan jarang, yang ditandai oleh biomassa yang lebih tinggi, ukuran batang yang relatif lebih besar, serta kondisi tutupan kanopi yang lebih stabil. Karakteristik tersebut berkontribusi terhadap peningkatan akumulasi biomassa dan cadangan karbon di dalam ekosistem mangrove.

Estimasi biomassa dilakukan dengan mempertimbangkan dua komponen utama, yaitu biomassa di atas permukaan tanah (*Above Ground Biomass/AGB*) dan biomassa bawah permukaan tanah (*Below Ground Biomass/BGB*). Kedua komponen biomassa tersebut selanjutnya dikonversi menjadi kandungan karbon menggunakan fraksi karbon standar, sehingga diperoleh estimasi jumlah karbon yang tersimpan pada vegetasi mangrove kerapatan sedang di masing-masing kecamatan.

Tabel 4.5 menyajikan hasil perhitungan biomassa dan cadangan karbon mangrove kerapatan sedang yang meliputi luas kawasan mangrove, biomassa total per plot dan per hektar, kandungan karbon per plot dan per hektar, serta total kandungan karbon pada tingkat kawasan. Data ini memberikan gambaran mengenai variasi kemampuan penyimpanan karbon pada mangrove dengan kerapatan sedang antar kecamatan, yang dipengaruhi oleh perbedaan kondisi tegakan dan luas kawasan mangrove di masing-masing kecamatan.

Tabel 4.5. Estimasi kandungan biomassa dan cadangan karbon mangrove pada kerapatan sedang

No	Kecamatan	Luas (Ha)	Biomassa Total Ton/Plot	Biomassa Total Ton/Ha	Karbon (Ton/Plot)	Karbon (Ton/Ha)	Karbon/ Area (Ton C)
1	Bumi Makmur	77,69	3,85	385,00	1,81	180,95	14.058,01
2	Jorong	948,72	5,12	511,80	2,41	240,55	228.210,37
3	Kintap	321,14	4,25	425,00	2,00	199,75	64.147,72
4	Kurau	238,34	3,95	395,00	1,86	185,65	44.247,82
5	Penyipatan	82,68	4,70	470,00	2,21	220,90	18.264,01
6	Takisung	1.137,26	5,76	576,22	2,71	270,82	307.996,94
Total		2.805,83	27,63	2.763,02	12,99	1.298,62	676.924,86

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Tabel 4.5 menyajikan estimasi kandungan biomassa dan cadangan karbon mangrove pada kerapatan sedang di enam kecamatan, yaitu Bumi Makmur, Jorong, Kintap, Kurau, Penyipatan, dan Takisung. Kerapatan sedang dicirikan oleh nilai biomassa total per plot yang lebih tinggi dibandingkan kerapatan jarang, dengan kisaran 3,85–5,76 ton/plot, yang menunjukkan kondisi tegakan mangrove dengan struktur vegetasi yang lebih berkembang dan kerapatan menengah.

Kecamatan Bumi Makmur memiliki biomassa total sebesar 3,85 ton/plot atau 385,00 ton/ha, dengan kandungan karbon mencapai 180,95 ton C/ha dan total cadangan karbon kawasan sebesar 14.058,01 ton C. Nilai ini mencerminkan kondisi mangrove kerapatan sedang dengan kontribusi karbon yang relatif terbatas akibat luasan kawasan yang lebih kecil dibandingkan kecamatan lainnya. Sebaliknya, Jorong menunjukkan nilai biomassa dan cadangan karbon yang lebih besar, dengan biomassa 5,12 ton/plot (511,80 ton/ha) dan kandungan karbon 240,55 ton C/ha. Didukung oleh luas kawasan mangrove yang sangat besar (948,72 ha), Jorong memiliki cadangan karbon tertinggi dalam kerapatan ini, yaitu 228.210,37 ton C.

Kecamatan Kintap, Kurau, dan Penyipatan menunjukkan variasi biomassa kerapatan sedang yang relatif berdekatan, dengan biomassa berkisar antara 3,95–4,70 ton/plot. Kintap memiliki kandungan karbon sebesar 199,75 ton C/ha dengan total karbon kawasan 64.147,72 ton C, sedangkan Kurau mencatat nilai

karbon 185,65 ton C/ha dan total karbon 44.247,82 ton C. Penyipatan, meskipun memiliki biomassa 4,70 ton/plot dan kandungan karbon 220,90 ton C/ha, menunjukkan total cadangan karbon yang lebih kecil (18.264,01 ton C) karena luas kawasan mangrovenya relatif terbatas.

Kecamatan Takisung diperoleh nilai biomassa tertinggi dalam kerapatan sedang, yaitu 5,76 ton/plot atau 576,22 ton/ha, dengan kandungan karbon mencapai 270,82 ton C/ha. Dengan luas mangrove 1.137,26 ha, Takisung menghasilkan total cadangan karbon kawasan sebesar 307.996,94 ton C, menjadikannya kontributor terbesar cadangan karbon pada kerapatan sedang. Secara keseluruhan, total luas mangrove kerapatan sedang mencapai 2.805,83 ha dengan total cadangan karbon sebesar 676.924,86 ton C, yang menunjukkan bahwa mangrove kerapatan sedang memiliki peran penting dalam penyimpanan karbon pesisir dan berkontribusi lebih besar dibandingkan kerapatan jarang, baik dari sisi biomassa maupun total cadangan karbon kawasan.

4.4.3 Cadangan Karbon Mangrove Pada Kerapatan Lebat

Cadangan karbon pada vegetasi mangrove kerapatan lebat dihitung untuk menggambarkan potensi penyimpanan karbon yang relatif paling tinggi pada ekosistem mangrove di lokasi penelitian. Mangrove pada kerapatan ini umumnya memiliki struktur tegakan yang lebih berkembang, yang ditunjukkan oleh akumulasi biomassa yang lebih besar dibandingkan kerapatan jarang dan sedang. Kondisi tersebut mencerminkan peran penting mangrove kerapatan lebat dalam menyimpan karbon pada skala kawasan.

Estimasi biomassa dilakukan dengan mempertimbangkan dua komponen utama, yaitu biomassa di atas permukaan tanah (*Above Ground Biomass/AGB*) dan biomassa bawah permukaan tanah (*Below Ground Biomass/BGB*). Nilai biomassa yang diperoleh selanjutnya dikonversi menjadi kandungan karbon menggunakan fraksi karbon standar, sehingga diperoleh estimasi cadangan karbon yang tersimpan pada vegetasi mangrove kerapatan lebat di masing-masing kecamatan, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Kandungan biomassa dan cadangan mangrove pada kerapatan lebat

No	Kecamatan	Luas (Ha)	Biomassa Total Ton/Plot	Biomassa Total Ton/Ha	Karbon (Ton/Plot)	Karbon (Ton/Ha)	Karbon/ Area (TonC)
1	Bumi Makmur	129,24	9,71	971,41	4,57	456,56	59.008,00
2	Jorong	843,36	5,90	589,51	2,77	277,07	233.668,06
3	Kintap	214,71	4,57	457,00	2,15	214,79	46.117,56
4	Kurau	153,37	4,19	419,00	1,97	196,93	30.203,15
5	Penyipatan	300,69	5,17	517,00	2,43	242,99	73.064,66
6	Takisung	253,67	10,54	1.054,21	4,95	495,48	125.688,80
Total		1.895,04	40,08	4.008,12	18,84	1.883,82	567.750,25

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Tabel 4.6 menyajikan kandungan biomassa dan cadangan karbon mangrove pada kerapatan lebat di enam kecamatan, yaitu Bumi Makmur, Jorong, Kintap, Kurau, Penyipatan, dan Takisung. Kerapatan lebat dicirikan oleh nilai biomassa total yang lebih tinggi dibandingkan kerapatan jarang dan sedang, yang mencerminkan kondisi tegakan mangrove dengan struktur vegetasi yang relatif lebih berkembang, baik dari sisi ukuran pohon maupun akumulasi biomassa.

Kecamatan Bumi Makmur dan Takisung menunjukkan nilai biomassa tertinggi pada kerapatan ini. Bumi Makmur memiliki biomassa total sebesar 9,71 ton/plot atau 971,41 ton/ha, dengan kandungan karbon mencapai 456,56 ton C/ha dan total cadangan karbon kawasan sebesar 59.008,00 ton C. Sementara itu, Takisung mencatat biomassa tertinggi, yaitu 10,54 ton/plot atau 1.054,21 ton/ha, dengan kandungan karbon 495,48 ton C/ha dan total cadangan karbon kawasan sebesar 125.688,80 ton C. Tingginya nilai tersebut mencerminkan kondisi tegakan mangrove yang sangat berkembang dengan kontribusi biomassa yang besar terhadap cadangan karbon.

Kecamatan Jorong, Kintap, Kurau, dan Penyipatan menunjukkan variasi biomassa yang berada pada kisaran 4,19–5,90 ton/plot. Jorong memiliki biomassa 5,90 ton/plot dengan kandungan karbon 277,07 ton C/ha dan total karbon kawasan sebesar 233.668,06 ton C, yang relatif tinggi karena luas kawasan mangrove yang besar. Penyipatan juga menunjukkan biomassa cukup

tinggi (5,17 ton/plot) dengan kandungan karbon 242,99 ton C/ha dan total karbon kawasan 73.064,66 ton C. Sebaliknya, Kintap dan Kurau memiliki biomassa yang lebih rendah dalam kerapatan ini, masing-masing 4,57 ton/plot dan 4,19 ton/plot, sehingga cadangan karbon per hektarnya juga relatif lebih kecil dibandingkan kecamatan lainnya.

Secara keseluruhan, total luas mangrove kerapatan lebat mencapai 1.895,04 ha dengan total cadangan karbon sebesar 567.750,25 ton C. Nilai ini menunjukkan bahwa mangrove kerapatan lebat memiliki kontribusi cadangan karbon yang signifikan, terutama pada kecamatan dengan kombinasi biomassa tinggi dan luas kawasan yang besar. Dibandingkan dengan kerapatan jarang dan sedang, kerapatan lebat memberikan kontribusi karbon yang lebih besar, menegaskan pentingnya perlindungan dan pengelolaan mangrove dengan kondisi tegakan yang relatif baik untuk menjaga fungsi penyimpanan karbon di wilayah pesisir.

4.5 Serapan Emisi CO₂ Mangrove

Serapan emisi CO₂ oleh ekosistem mangrove merupakan salah satu fungsi ekologis penting dalam mendukung mitigasi perubahan iklim. Kemampuan mangrove dalam menyerap dan menyimpan karbon dipengaruhi oleh kondisi struktur tegakan, kerapatan vegetasi, luas kawasan, serta karakteristik lingkungan setempat. Perbedaan tingkat kerapatan mangrove menyebabkan variasi kemampuan penyerapan emisi CO₂ antar lokasi.

4.5.1 Serapan Emisi CO₂ Mangrove Pada Kerapatan Jarang

Vegetasi mangrove kerapatan jarang memiliki kemampuan serapan CO₂ yang relatif lebih rendah dibandingkan kerapatan sedang dan lebat. Kondisi ini berkaitan dengan struktur tegakan yang kurang berkembang, ditandai oleh kerapatan pohon yang rendah, ukuran batang yang relatif kecil, serta akumulasi biomassa yang terbatas. Serapan CO₂ pada kerapatan ini dihitung berdasarkan kandungan karbon yang tersimpan pada tingkat kawasan (ton C) di masing-masing kecamatan, yang selanjutnya dikonversi ke dalam satuan CO₂ ekuivalen (CO₂e) menggunakan faktor konversi standar 3,67.

Nilai serapan CO₂ yang dihasilkan mencerminkan besarnya karbon dioksida yang tersimpan dalam biomassa vegetasi mangrove kerapatan jarang. Berdasarkan Tabel 5.7, total luas mangrove kerapatan jarang mencapai 718,50 ha dengan total serapan CO₂ sebesar 614.083,56 ton CO₂e. Kontribusi serapan CO₂ terbesar berasal dari Kecamatan Takisung, yaitu 362.423,71 ton CO₂e, yang terutama dipengaruhi oleh luas kawasan mangrove yang relatif besar. Sebaliknya, kecamatan dengan luasan mangrove yang terbatas, seperti Penyipatan, menunjukkan nilai serapan CO₂ yang sangat kecil. Estimasi serapan CO₂ mangrove pada kerapatan jarang, disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Estimasi serapan CO₂ Mangrove Pada Kerapatan Jarang

No	Kecamatan	Luas (Ha)	Karbon/Area (Ton C)	Serapan CO ₂ (Ton CO ₂ e)
1	Bumi Makmur	111,16	13.740,49	50.427,59
2	Jorong	85,47	8.435,89	30.959,71
3	Kintap	103,03	39.567,38	145.212,27
4	Kurau	74,39	6.817,84	25.021,49
5	Penyipatan	0,13	10,57	38,79
6	Takisung	344,32	98.753,05	362.423,71
Total		718,50	167.325,22	614.083,56

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Hasil perhitungan serapan emisi CO₂ atau ekuivalen CO₂ (CO₂e) pada vegetasi mangrove kerapatan jarang di enam kecamatan. Total luas mangrove pada kerapatan ini mencapai 718,50 ha, dengan total kandungan karbon sebesar 167.325,22 ton C, yang setara dengan 614.083,56 ton CO₂e. Nilai tersebut menggambarkan kontribusi mangrove berkerapatan rendah terhadap penyimpanan karbon di wilayah kajian.

Kecamatan Takisung memberikan kontribusi kandungan karbon terbesar, yaitu 98.753,05 ton C atau setara 362.423,71 ton CO₂e, yang terutama dipengaruhi oleh luas kawasan mangrove yang relatif besar (344,32 ha), meskipun biomassa per satuan luas tidak tergolong tinggi. Sebaliknya, Kintap menunjukkan kandungan karbon yang cukup signifikan (39.567,38 ton C atau 145.212,27 ton CO₂e) dengan luas kawasan yang lebih kecil (103,03 ha),

mengindikasikan bahwa kondisi struktur tegakan juga berperan penting selain faktor luas.

Kecamatan Bumi Makmur dan Jorong memiliki kandungan karbon masing-masing sebesar 13.740,49 ton C dan 8.435,89 ton C, yang mencerminkan keterbatasan kontribusi karbon akibat biomassa yang relatif rendah dan luasan kawasan yang lebih kecil dibandingkan kecamatan dengan kontribusi tinggi. Kurau dan Penyipatan menunjukkan nilai kandungan karbon paling rendah, terutama Penyipatan yang hanya memiliki luas mangrove 0,13 ha, sehingga total karbon yang tersimpan sangat kecil (10,57 ton C atau 38,79 ton CO₂e).

Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun mangrove kerapatan jarang memiliki biomassa dan cadangan karbon yang lebih rendah dibandingkan kerapatan sedang dan lebat, kontribusinya terhadap penyimpanan karbon tetap signifikan pada kecamatan dengan luasan mangrove yang besar. Oleh karena itu, kawasan mangrove kerapatan jarang memiliki potensi untuk ditingkatkan perannya dalam penyimpanan karbon melalui upaya rehabilitasi dan pengelolaan yang berkelanjutan.

4.5.2 Serapan Emisi CO₂ Mangrove Pada Kerapatan Sedang

Serapan emisi CO₂ pada kerapatan mangrove sedang menggambarkan kemampuan vegetasi dengan tingkat kerapatan menengah dalam menyerap dan menyimpan karbon dari atmosfer. Pada kerapatan ini, struktur tegakan mangrove umumnya lebih stabil dibandingkan kerapatan jarang, yang ditandai oleh jumlah pohon yang lebih banyak, diameter batang yang relatif lebih besar, serta penyebaran tajuk yang lebih merata. Kondisi tersebut mendukung proses fotosintesis yang lebih efektif sehingga akumulasi biomassa dan cadangan karbon cenderung lebih tinggi.

Perhitungan serapan emisi CO₂ dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan kandungan karbon yang tersimpan dalam biomassa mangrove, baik pada biomassa di atas permukaan tanah (*Above Ground Biomass/AGB*) maupun biomassa di bawah permukaan tanah (*Below Ground Biomass/BGB*). Kandungan karbon tersebut selanjutnya dikonversi menjadi nilai serapan CO₂

menggunakan faktor konversi standar, sehingga diperoleh estimasi besarnya emisi CO₂ yang tersimpan dalam vegetasi mangrove dengan kerapatan sedang.

Variasi serapan CO₂ pada kerapatan sedang dipengaruhi oleh perbedaan struktur tegakan, jenis vegetasi, serta kondisi lingkungan pada masing-masing lokasi pengamatan. Wilayah dengan biomassa yang lebih tinggi dan luas tutupan mangrove yang lebih besar cenderung menunjukkan nilai serapan CO₂ yang lebih besar. Estimasi serapan emisi CO₂ pada vegetasi mangrove dengan kerapatan sedang disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Estimasi serapan CO₂ Mangrove Pada Kerapatan Sedarang

No	Kecamatan	Luas (Ha)	Karbon/Area (Ton C)	Serapan CO ₂ (Ton CO ₂ e)
1	Bumi Makmur	77,69	14.058,01	51.592,88
2	Jorong	948,72	228.210,37	837.532,06
3	Kintap	321,14	64.147,72	235.422,11
4	Kurau	238,34	44.247,82	162.389,50
5	Penyipatan	82,68	18.264,01	67.028,92
6	Takisung	1.137,26	307.996,94	1.130.348,77
Total		2.805,83	676.924,86	2.484.314,25

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Hasil perhitungan kandungan karbon dan serapan emisi CO₂ (CO₂e) pada vegetasi mangrove kerapatan sedang di enam kecamatan, yaitu Bumi Makmur, Jorong, Kintap, Kurau, Penyipatan, dan Takisung. Total luas mangrove pada kerapatan ini mencapai 2.805,83 ha, dengan total kandungan karbon sebesar 676.924,86 ton C, yang setara dengan 2.484.314,25 ton CO₂e. Nilai tersebut menunjukkan bahwa mangrove kerapatan sedang memiliki kontribusi yang besar terhadap penyimpanan karbon dan pengendalian emisi CO₂ di wilayah kajian.

Kecamatan Takisung memberikan kontribusi terbesar terhadap kandungan karbon dan serapan CO₂, dengan luas mangrove 1.137,26 ha dan kandungan karbon mencapai 307.996,94 ton C, setara dengan 1.130.348,77 ton CO₂e. Tingginya nilai ini dipengaruhi oleh kombinasi antara luas kawasan mangrove yang besar dan biomassa yang relatif tinggi pada kerapatan sedang. Jorong juga menunjukkan kontribusi signifikan dengan kandungan karbon sebesar

228.210,37 ton C atau 837.532,06 ton CO₂e, yang terutama didukung oleh luas kawasan mangrove yang sangat besar (948,72 ha).

Kecamatan Kintap, Kurau, dan Penyipatan memiliki kontribusi karbon yang lebih rendah dibandingkan Takisung dan Jorong, namun tetap menunjukkan peran penting dalam penyimpanan karbon kerapatan sedang. Kintap memiliki kandungan karbon sebesar 64.147,72 ton C (setara 235.422,11 ton CO₂e), sedangkan Kurau mencatat 44.247,82 ton C (162.389,50 ton CO₂e). Penyipatan, dengan luas mangrove yang lebih terbatas (82,68 ha), memiliki kandungan karbon paling kecil dalam kerapatan ini, yaitu 18.264,01 ton C atau 67.028,92 ton CO₂e.

Hasil ini menunjukkan bahwa pada mangrove kerapatan kerapatan sedang, luas kawasan dan kondisi biomassa menjadi faktor utama yang memengaruhi besarnya kandungan karbon dan serapan CO₂. Kecamatan dengan luasan mangrove yang besar cenderung memberikan kontribusi karbon yang lebih tinggi, meskipun nilai biomassa per satuan luas relatif seragam. Hal ini menegaskan pentingnya perlindungan dan pengelolaan mangrove kerapatan sedang sebagai bagian dari upaya mitigasi perubahan iklim di wilayah pesisir.n.

4.5.3 Serapan Emisi CO₂ Mangrove Pada Kerapatan Lebat

Serapan emisi CO₂ pada mangrove dengan kerapatan lebat menunjukkan kapasitas penyerapan karbon tertinggi dibandingkan tingkat kerapatan lainnya. Kondisi tegakan yang berkembang dengan biomassa tinggi menyebabkan kandungan karbon yang tersimpan dalam vegetasi mangrove menjadi lebih besar, sehingga nilai serapan CO₂ juga meningkat. Besarnya serapan CO₂ dipengaruhi oleh luas kawasan, struktur tegakan, dan kondisi biofisik lingkungan. Estimasi serapan emisi CO₂ mangrove dengan kerapatan lebat di enam kecamatan disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Estimasi serapan CO₂ Mangrove Pada Kerapatan Lebat

No	Kecamatan	Luas (Ha)	Karbon/Area (Ton C)	Serapan CO ₂ (Ton CO ₂ e)
1	Bumi Makmur	129,24	59.008,00	216.559,37

No	Kecamatan	Luas (Ha)	Karbon/Area (Ton C)	Serapan CO ₂ (Ton CO ₂ e)
2	Jorong	843,36	233.668,06	857.561,78
3	Kintap	214,71	46.117,56	169.251,45
4	Kurau	153,37	30.203,15	110.845,58
5	Penyipatan	300,69	73.064,66	268.147,31
6	Takisung	253,67	125.688,80	461.277,91
Total		1.895,04	567.750,25	2.083.643,40

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Hasil perhitungan kandungan karbon dan serapan emisi CO₂ (CO₂e) pada vegetasi mangrove dengan kerapatan lebat di enam kecamatan. Total luas mangrove pada kerapatan lebat mencapai 1.895,04 ha, dengan total kandungan karbon sebesar 567.750,25 ton C, yang setara dengan 2.083.643,40 ton CO₂e. Nilai ini menunjukkan bahwa mangrove dengan kerapatan lebat memberikan kontribusi paling besar terhadap penyimpanan karbon dan penyerapan emisi CO₂ dibandingkan kerapatan jarang dan sedang.

Kecamatan Jorong merupakan penyumbang serapan CO₂ terbesar pada kerapatan lebat, dengan luas mangrove 843,36 ha dan kandungan karbon mencapai 233.668,06 ton C, setara dengan 857.561,78 ton CO₂e. Kontribusi yang tinggi ini terutama dipengaruhi oleh luas kawasan mangrove yang besar, meskipun biomassa per satuan luas tidak selalu yang tertinggi. Takisung menempati posisi kedua dengan kandungan karbon sebesar 125.688,80 ton C atau 461.277,91 ton CO₂e, yang mencerminkan kombinasi antara biomassa tinggi dan luasan kawasan yang cukup luas.

Kecamatan Bumi Makmur dan Penyipatan juga menunjukkan kontribusi karbon yang signifikan pada kerapatan lebat. Bumi Makmur memiliki kandungan karbon sebesar 59.008,00 ton C (setara 216.559,37 ton CO₂e), sedangkan Penyipatan mencatat 73.064,66 ton C atau 268.147,31 ton CO₂e. Sementara itu, Kintap dan Kurau memiliki nilai kandungan karbon yang relatif lebih rendah, masing-masing 46.117,56 ton C dan 30.203,15 ton C, sejalan dengan luasan mangrove yang lebih kecil pada kerapatan lebat di kedua kecamatan tersebut.

Hasil ini menegaskan bahwa mangrove dengan kerapatan lebat memiliki peran yang sangat penting dalam penyimpanan karbon dan pengendalian emisi

CO₂, terutama pada wilayah dengan luasan mangrove yang besar. Oleh karena itu, upaya perlindungan dan pengelolaan mangrove berkerapatan lebat menjadi sangat strategis dalam mendukung mitigasi perubahan iklim di wilayah pesisir.

4.6 Nilai Ekonomi Serapan Emisi CO₂ Mangrove

Ekosistem mangrove memiliki peran strategis tidak hanya dari sisi ekologis sebagai penyerap karbon alami, tetapi juga dari sisi ekonomi melalui potensi pemanfaatan karbon yang tersimpan dalam biomassa mangrove. Serapan emisi CO₂ oleh mangrove dapat dikonversikan menjadi nilai ekonomi berdasarkan mekanisme perdagangan karbon, baik pada pasar karbon sukarela (*Voluntary Carbon Market/VCM*) maupun pasar karbon domestik melalui IDX Carbon. Pendekatan ini memberikan gambaran mengenai potensi nilai ekonomi yang dapat dihasilkan dari fungsi ekosistem mangrove dalam mendukung mitigasi perubahan iklim.

Tabel 4.10 menyajikan estimasi nilai ekonomi karbon mangrove di Kabupaten Tanah Laut yang meliputi luas total mangrove, kandungan karbon, serapan emisi CO₂ dalam satuan CO₂e, serta nilai ekonomi karbon berdasarkan harga pada *Voluntary Carbon Market* dan IDX Carbon.

Tabel 4.10. Nilai Ekonomi Karbon Mangrove Kabupaten Tanah Laut

Luas (Ha)	Karbon/Area (Ton C)	Serapan CO ₂ (Ton CO ₂ e)	Harga (Rp)	
			Voluntary Market	IDX Carbon
5.419,37	1.412.000,33	5.182.041,21	829.126.593.498,57	350.705.002.926,27

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Hasil analisis menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di Kabupaten Tanah Laut memiliki potensi ekonomi karbon yang sangat signifikan. Dengan total luas mangrove sebesar 5.419,37 ha, kandungan karbon yang tersimpan mencapai 1.412.000,33 ton C, yang setara dengan 5.182.041,21 ton CO₂e. Nilai ini menegaskan peran strategis mangrove sebagai penyerap karbon alami (*blue carbon*) yang berkontribusi penting dalam upaya mitigasi perubahan iklim di wilayah pesisir.

Estimasi nilai ekonomi karbon dilakukan dengan mengacu pada dua mekanisme pasar karbon yang berbeda, yaitu *Voluntary Carbon Market* (VCM) dan IDX Carbon. ada skema **VCM**, digunakan asumsi harga karbon sebesar **USD 10 per ton CO₂e** dengan nilai tukar Rp16.000 per USD, sehingga harga karbon setara dengan **Rp160.000 per ton CO₂e**. Berdasarkan skema ini, potensi nilai ekonomi serapan emisi CO₂ dari ekosistem mangrove di Kabupaten Tanah Laut mencapai sekitar **Rp829,13 miliar**.

Sementara itu, pada skema **IDX Carbon**, perhitungan nilai ekonomi menggunakan harga karbon domestik sebesar **Rp67.677 per ton CO₂e**, mengacu pada harga transaksi karbon di IDX Carbon pada **November 2025**. Dengan pendekatan ini, nilai ekonomi karbon mangrove di Kabupaten Tanah Laut diperkirakan mencapai sekitar **Rp350,71 miliar**. Perbedaan nilai ekonomi yang cukup besar antara kedua skema tersebut mencerminkan perbedaan karakteristik pasar, mekanisme penetapan harga, serta segmentasi pembeli karbon.

Pasar karbon sukarela (*Voluntary Carbon Market/VCM*) umumnya menawarkan harga yang lebih tinggi karena melibatkan pembeli internasional dengan komitmen *net-zero emissions* serta penerapan standar sertifikasi yang ketat, seperti **Verra (Verified Carbon Standard/VCS)** dan **Gold Standard** (<https://verra.org> ; <https://www.goldstandard.org>). Standar ini memastikan bahwa kredit karbon yang diperdagangkan memiliki integritas lingkungan yang tinggi serta memberikan manfaat tambahan (*co-benefits*) bagi lingkungan dan masyarakat.

Sebaliknya, **IDX Carbon** merepresentasikan pasar karbon domestik Indonesia yang bersifat regulatif dalam kerangka implementasi **Nilai Ekonomi Karbon (NEK)**, sebagaimana diamanatkan dalam kebijakan nasional pengendalian perubahan iklim. Bursa karbon ini dikelola oleh Bursa Efek Indonesia dan menjadi bagian dari upaya pencapaian target penurunan emisi nasional (<https://idxcarbon.co.id> ; <https://www.idx.co.id>). Harga karbon pada IDX Carbon cenderung lebih konservatif, namun memberikan kepastian regulasi serta kemudahan akses bagi pelaku nasional.

Meskipun memiliki karakteristik pasar yang berbeda, kedua skema tersebut secara konsisten menunjukkan bahwa ekosistem mangrove memiliki nilai ekonomi karbon yang tinggi dan strategis. Besarnya potensi nilai ekonomi karbon ini tidak hanya mencerminkan manfaat ekologis mangrove sebagai penyerap dan penyimpan karbon, tetapi juga membuka peluang pemanfaatan mangrove sebagai aset ekonomi hijau melalui mekanisme perdagangan karbon. Potensi tersebut dapat diarahkan untuk mendukung pendanaan konservasi dan rehabilitasi mangrove, peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir, serta penguatan kebijakan pembangunan daerah berbasis rendah karbon dan berkelanjutan di Kabupaten Tanah Laut.

4.7 Rekomendasi Strategis untuk Konservasi dan Pengelolaan Mangrove

Perumusan rekomendasi strategis untuk konservasi dan pengelolaan mangrove dilakukan melalui pendekatan analisis SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities*, dan *Threats*). Analisis ini digunakan untuk mengidentifikasi kondisi internal dan eksternal yang mempengaruhi keberlanjutan pengelolaan mangrove, sehingga strategi yang dihasilkan bersifat adaptif, kontekstual, dan aplikatif di tingkat lokal.

Dalam rangka memperoleh data yang komprehensif dan partisipatif, penelitian ini didukung melalui kegiatan sosialisasi dan *Focus Group Discussion* (FGD) yang melibatkan para pemangku kepentingan terkait, seperti pemerintah daerah, pemerintah desa, kelompok masyarakat pesisir, dan pihak terkait lainnya. Kegiatan FGD dilaksanakan di Desa Pagatan Besar, Kecamatan Takisung; Desa Muara Kintap, Kecamatan Kintap; serta Desa Swarangan, Kecamatan Jorong, Kabupaten Tanah Laut. Kegiatan ini bertujuan untuk menggali persepsi, pengalaman, serta masukan strategis dari berbagai pihak dalam upaya konservasi dan pengelolaan mangrove.

Sebelum dilakukan analisis SWOT, diperlukan pemahaman yang jelas mengenai karakteristik responden yang terlibat dalam proses pengumpulan data. Identifikasi karakteristik ini penting untuk memastikan bahwa informasi yang dihimpun benar-benar mencerminkan kondisi lapangan secara objektif dan representatif. Karakteristik responden yang dianalisis meliputi usia, jenis kelamin,

tingkat pendidikan terakhir, dan jenis pekerjaan, yang berpengaruh terhadap pengalaman, persepsi, serta kualitas informasi yang disampaikan selama kegiatan wawancara, sosialisasi, dan FGD.

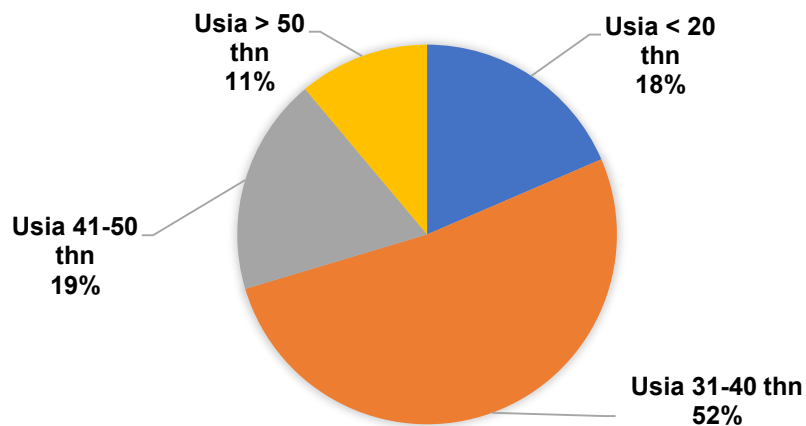
4.7.1 Karakteristik Responden

1. Usia

Gambaran karakteristik responden berdasarkan kelompok usia menunjukkan variasi yang cukup beragam. Mayoritas responden berada pada rentang usia 31–40 tahun, yaitu sebesar 52%, yang mengindikasikan bahwa responden dalam kelompok ini berada pada fase usia produktif dan memiliki pengalaman kerja maupun pengetahuan yang relatif matang dalam memberikan informasi terkait kondisi di lapangan.

Kelompok usia berikutnya adalah 41–50 tahun dengan proporsi 19%, menunjukkan bahwa hampir seperlima responden merupakan individu dengan pengalaman yang lebih panjang, sehingga dapat memberikan perspektif historis maupun praktis yang lebih mendalam. Responden berusia < 20 tahun memiliki persentase 18%, menggambarkan keterlibatan generasi muda dalam wawancara yang dilakukan. Kelompok ini umumnya memiliki pandangan yang lebih baru dan dinamis terhadap isu-isu di wilayahnya.

Sementara itu, responden berusia > 50 tahun mencakup 11% dari total responden. Kelompok ini biasanya memiliki pengetahuan lokal (*local wisdom*) yang penting dalam pemetaan permasalahan dan potensi wilayah, meskipun jumlahnya lebih sedikit dibandingkan kelompok usia produktif lainnya.



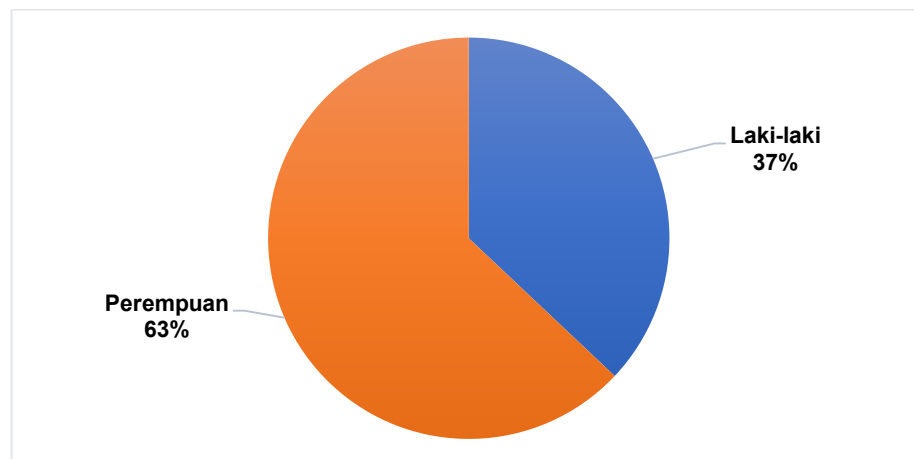
Gambar 4.20. Usia Responden

2. Jenis Kelamin

Komposisi jenis kelamin responden menunjukkan bahwa partisipasi perempuan lebih dominan dalam kegiatan wawancara yang dilakukan. Sebanyak 63% responden merupakan perempuan, sedangkan 37% lainnya adalah laki-laki. Dominasi responden perempuan ini dapat mencerminkan tingginya keterlibatan perempuan dalam aktivitas masyarakat setempat, baik dalam kegiatan ekonomi rumah tangga, usaha kecil, maupun peran sosial di lingkungan sekitar.

Sementara itu, proporsi responden laki-laki yang mencapai 37% menunjukkan bahwa meskipun keterlibatan mereka lebih kecil dibandingkan perempuan, pandangan dan informasi yang diberikan tetap memiliki kontribusi penting, terutama terkait pekerjaan dan aktivitas yang umumnya dilakukan oleh laki-laki di wilayah tersebut.

Distribusi ini mengindikasikan bahwa perempuan memiliki peranan signifikan dalam memberikan informasi dan menggambarkan kondisi sosial ekonomi masyarakat, sekaligus menunjukkan karakteristik partisipasi masyarakat dalam proses pengumpulan data yang dilakukan.



Gambar 4.21. Jenis Kelamin

3. Pendidikan Terakhir

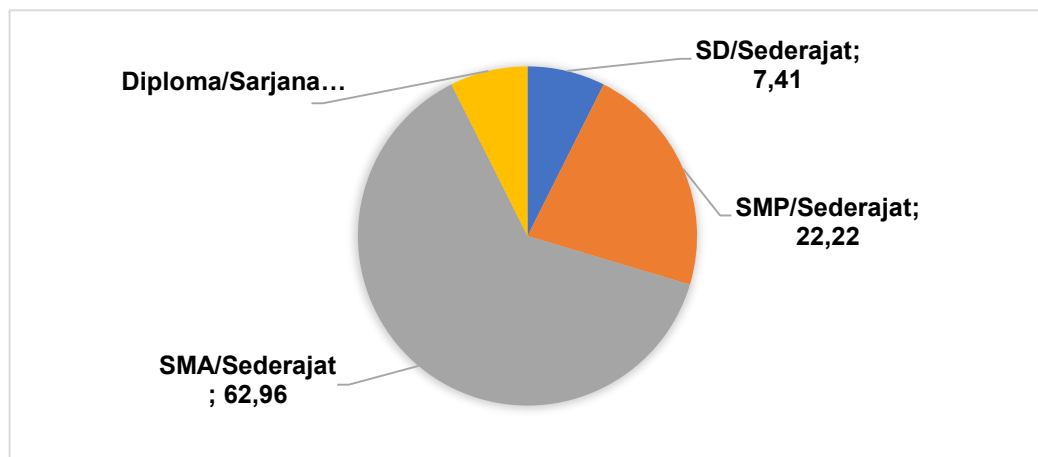
Tingkat pendidikan responden menunjukkan bahwa sebagian besar responden memiliki latar belakang pendidikan menengah. Kelompok pendidikan SMA/ sederajat merupakan yang paling dominan dengan persentase 62,96%. Kondisi ini mengindikasikan bahwa mayoritas responden memiliki kapasitas literasi dan pemahaman yang cukup baik dalam memberikan informasi terkait kondisi sosial, ekonomi, maupun lingkungan di wilayahnya.

Selanjutnya, responden dengan tingkat pendidikan SMP/ sederajat berjumlah 22,22%, menggambarkan bahwa hampir seperempat responden memiliki tingkat pendidikan menengah pertama. Meskipun demikian, kelompok ini tetap mampu memberikan informasi yang relevan sesuai pengalaman dan pengetahuan lokal yang mereka miliki.

Kelompok dengan tingkat pendidikan SD/ sederajat dan Diploma/ Sarjana masing-masing mencakup 7,41% dari total responden. Proporsi pendidikan dasar yang kecil menunjukkan bahwa partisipasi responden dengan literasi formal rendah relatif terbatas. Sementara itu, persentase pendidikan tinggi (Diploma/ Sarjana) yang juga kecil mengindikasikan bahwa hanya sebagian kecil responden yang memiliki pendidikan formal lanjut.

Struktur pendidikan responden mencerminkan bahwa dominasi pendidikan menengah (SMA) memberikan dasar yang cukup bagi responden dalam

memahami pertanyaan wawancara serta menggambarkan kondisi nyata di lapangan.



Gambar 4.22. Pendidikan Terakhir

4. Pekerjaan

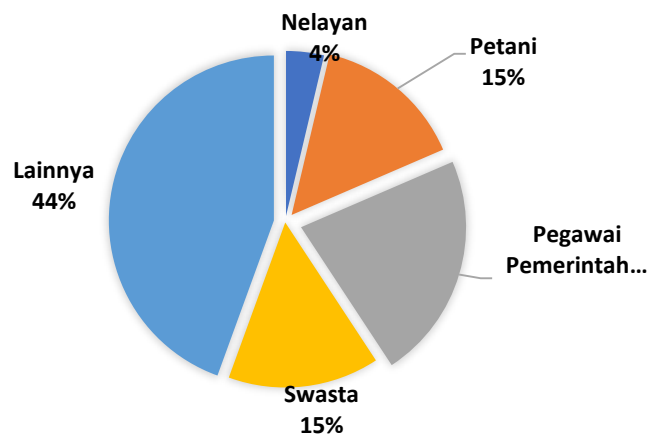
Distribusi pekerjaan responden menunjukkan keberagaman mata pencaharian yang mencerminkan kondisi sosial ekonomi masyarakat di wilayah kajian. Kelompok pekerjaan terbesar adalah kategori lainnya dengan proporsi 44%, yang mencakup berbagai jenis pekerjaan informal maupun usaha mandiri. Dominasi kelompok ini menggambarkan bahwa sebagian besar responden memiliki aktivitas ekonomi yang tidak termasuk dalam kategori pekerjaan formal atau sektor primer tertentu.

Responden yang bekerja sebagai pegawai pemerintah menempati urutan berikutnya dengan persentase 22%. Proporsi ini menunjukkan bahwa lebih dari seperlima responden memiliki pekerjaan yang relatif stabil dan berhubungan dengan pelayanan publik atau administrasi pemerintahan, sehingga memberikan perspektif yang berbeda terkait aspek kelembagaan maupun pelayanan.

Kelompok pekerjaan petani dan swasta masing-masing berada pada angka 15%. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian responden masih bergantung pada sektor pertanian sebagai sumber mata pencaharian, sementara kelompok swasta merepresentasikan responden yang bekerja pada perusahaan atau usaha formal lainnya. Sementara itu, responden yang bekerja sebagai nelayan memiliki proporsi paling kecil, yaitu 4%, yang menunjukkan bahwa kegiatan

perikanan bukan merupakan sektor dominan dalam sampel responden pada lokasi wawancara.

Komposisi pekerjaan responden menunjukkan keragaman mata pencaharian yang dapat memengaruhi persepsi, kebutuhan, serta pandangan responden terhadap isu-isu pembangunan ekonomi dan sosial di wilayah kajian.



Gambar 4.23. Pekerjaan

4.7.2 Focus Group Discussion (FGD) dengan Masyarakat Sekitar Ekosistem Mangrove

Kegiatan Focus Group Discussion (FGD) dilaksanakan dengan melibatkan masyarakat sekitar ekosistem mangrove dan aparat desa sebagai bagian dari tahapan pengumpulan data kualitatif. FGD ini bertujuan untuk menggali informasi faktual mengenai kondisi eksisting ekosistem mangrove, bentuk pemanfaatan yang telah berlangsung, serta permasalahan dan tantangan yang dihadapi dalam pengelolaannya.

Melalui diskusi terarah, FGD difokuskan pada identifikasi faktor internal dan eksternal yang memengaruhi keberlanjutan mangrove, meliputi kekuatan (strengths), kelemahan (weaknesses), peluang (opportunities), dan ancaman (threats) sebagai dasar penyusunan analisis SWOT. Informasi yang diperoleh dari masyarakat menjadi masukan penting dalam merumuskan arah pengelolaan dan pengembangan ekosistem mangrove ke depan, termasuk peluang pemanfaatan jasa ekosistem seperti stok karbon, penguatan peran kelembagaan

lokal, serta strategi pengelolaan mangrove yang berkelanjutan dan berbasis masyarakat.

Kegiatan *Focus Group Discussion* (FGD) dilaksanakan di beberapa desa yang berada di sekitar ekosistem mangrove di Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. Lokasi pelaksanaan kegiatan meliputi:

1. Desa Pagatan Besar, Kecamatan Takisung, Kabupaten Tanah Laut, sebagai wilayah pesisir dengan ekosistem mangrove yang berperan penting dalam perlindungan pantai dan aktivitas masyarakat pesisir.
2. Desa Muara Kintap, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, yang memiliki kawasan mangrove dengan tingkat pemanfaatan yang beragam serta tekanan aktivitas antropogenik yang cukup tinggi.
3. Desa Swarangan, Kecamatan Jorong, Kabupaten Tanah Laut, sebagai lokasi yang merepresentasikan dinamika pengelolaan mangrove berbasis masyarakat dan potensi pengembangan ke depan.

Pemilihan lokasi tersebut didasarkan pada keberadaan ekosistem mangrove, intensitas interaksi masyarakat dengan kawasan pesisir, serta relevansinya dalam mendukung analisis SWOT dan perumusan arah pengelolaan mangrove yang berkelanjutan



Gambar 4.24. Pelaksanaan *Focus Group Discussion* (FGD) dengan masyarakat Desa Pagatan Besar, Kecamatan Takisung, Kabupaten Tanah Laut



Gambar 4.25. Pelaksanaan *Focus Group Discussion* (FGD) dengan masyarakat Desa Muara Kintap, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut

Kegiatan sosialisasi dan *Focus Group Discussion* (FGD) dilaksanakan di Desa Pagatan Besar, Kecamatan Takisung, Desa Muara Kintap, Kecamatan Kintap, serta Desa Swarangan, Kecamatan Jorong, Kabupaten Tanah Laut, sebagai bagian dari tahapan penelitian kajian cadangan karbon mangrove. Kegiatan ini berlangsung dengan lancar dan efektif, dengan jumlah peserta pada setiap lokasi rata-rata sekitar 65 orang, yang terdiri atas masyarakat pesisir, personel TNI AL, Babinsa, Ketua Badan Permusyawaratan Desa (BPD), Kepala Desa, serta perangkat desa lainnya. Selama pelaksanaan kegiatan, peserta menunjukkan antusiasme yang tinggi dan berpartisipasi aktif dalam diskusi.

Materi sosialisasi dan FGD difokuskan pada pentingnya pelestarian dan pertumbuhan ekosistem mangrove, faktor-faktor penyebab kerusakan mangrove, serta manfaat ekologis dan ekonominya. Selain itu, dibahas secara khusus potensi cadangan karbon mangrove sebagai salah satu jasa ekosistem yang memiliki nilai strategis dalam mendukung upaya mitigasi perubahan iklim serta peluang peningkatan Pendapatan Asli Daerah (PAD) Kabupaten Tanah Laut. Diskusi diarahkan untuk menggali informasi faktual terkait kondisi eksisting mangrove, pola pemanfaatan oleh masyarakat, serta persepsi dan pengetahuan lokal sebagai dasar penyusunan analisis SWOT.

Hasil FGD menunjukkan bahwa kerusakan ekosistem mangrove di wilayah penelitian hingga saat ini masih banyak dipicu oleh konversi lahan dan tekanan aktivitas manusia. Alih fungsi kawasan mangrove untuk pertanian, pertambakan, pertambangan, dan permukiman menjadi faktor utama berkurangnya luasan dan kualitas mangrove. Selain itu, eksploitasi berlebihan untuk kayu bakar, bahan baku arang, serta pencemaran perairan oleh sampah domestik khususnya plastik dan limbah industri turut memperparah degradasi ekosistem. Pencemaran tersebut berdampak langsung pada sistem perakaran mangrove, menghambat penyerapan oksigen dan nutrisi, serta menurunkan kemampuan regenerasi dan penyimpanan karbon.

Khusus di Desa Swarangan, Kecamatan Jorong, diskusi memberikan gambaran yang lebih spesifik mengenai dinamika pengelolaan mangrove yang berhadapan langsung dengan tekanan pemanfaatan lahan pesisir. Masyarakat menyampaikan berbagai permasalahan, seperti keterbatasan pengawasan, lemahnya pengelolaan kawasan, serta meningkatnya aktivitas ekonomi yang belum sepenuhnya memperhatikan daya dukung lingkungan. Namun demikian, Desa Swarangan juga memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan melalui penguatan peran masyarakat, peningkatan kesadaran lingkungan, serta pengelolaan mangrove berbasis jasa ekosistem, khususnya penyimpanan karbon.

Berdasarkan hasil FGD dan kajian cadangan karbon mangrove di Kabupaten Tanah Laut, analisis SWOT digunakan untuk merumuskan arah pengelolaan mangrove yang berkelanjutan. Strategi SO (*Strength–Opportunity*) difokuskan pada pemanfaatan kekuatan internal berupa tingginya cadangan karbon mangrove, fungsi ekologis yang strategis, serta dukungan dan keterlibatan masyarakat lokal, untuk menangkap peluang eksternal berupa pengembangan jasa lingkungan dan skema ekonomi karbon. Cadangan karbon mangrove menjadi modal utama dalam pengembangan pengelolaan mangrove berbasis karbon yang terintegrasi dengan kebijakan pembangunan daerah.

Dengan demikian, strategi SO diarahkan pada optimalisasi pengelolaan cadangan karbon mangrove melalui pendekatan konservasi-produktif, yang

mengombinasikan perlindungan ekosistem dengan pemanfaatan jasa lingkungan secara berkelanjutan. Pendekatan ini diharapkan mampu menjaga keberlanjutan ekosistem mangrove, mendukung mitigasi perubahan iklim, serta memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat pesisir dan berkontribusi terhadap peningkatan PAD Kabupaten Tanah Laut secara berkelanjutan.



Gambar 4.26. Kegiatan *Focus Group Discussion* (FGD) bersama masyarakat Desa Swarangan, Kecamatan Jorong, Kabupaten Tanah Laut

4.7.3 Identifikasi SWOT

Identifikasi SWOT dilakukan untuk mengetahui kondisi internal dan eksternal yang memengaruhi pengelolaan ekosistem mangrove di wilayah kajian. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan sebagai faktor internal, serta peluang dan ancaman sebagai faktor eksternal yang dapat berdampak terhadap keberhasilan pengelolaan. Melalui proses identifikasi ini, diperoleh gambaran menyeluruh mengenai faktor-faktor strategis yang menjadi dasar dalam perumusan strategi pengembangan dan pengelolaan mangrove secara efektif dan berkelanjutan.

4.7.3.1 Identifikasi Faktor Internal (*Internal Factors Analysis Summary/IFAS*)

Identifikasi faktor internal dilakukan untuk mengetahui berbagai kondisi yang berasal dari dalam sistem pengelolaan mangrove, baik yang memberikan keuntungan (kekuatan) maupun yang menjadi hambatan (kelemahan). Faktor-faktor internal ini mencerminkan kapasitas, sumber daya, tata kelola, serta

dinamika sosial yang secara langsung memengaruhi keberhasilan pengelolaan ekosistem mangrove. Melalui analisis IFAS, dapat ditentukan aspek-aspek internal yang perlu dipertahankan, diperkuat, maupun ditingkatkan sehingga strategi pengelolaan yang dirumuskan menjadi lebih efektif, terarah, dan berkelanjutan.

1. Kekuatan (Strengths/S)

Kekuatan merupakan berbagai faktor internal yang menjadi keunggulan utama dalam pengelolaan ekosistem mangrove di wilayah kajian. Faktor-faktor ini mencerminkan kapasitas, potensi, serta kondisi positif yang sudah dimiliki oleh masyarakat, pemerintah, maupun lingkungan setempat. Identifikasi kekuatan penting dilakukan untuk mengetahui aspek apa saja yang dapat dimaksimalkan dalam mendukung keberhasilan pengelolaan mangrove secara berkelanjutan.

Berikut faktor-faktor kekuatan yang teridentifikasi:

- 1) Sinergi antara masyarakat, pemerintah, dan desa dalam pengelolaan mangrove.
- 2) Terdapat perlindungan alam secara alami termasuk larangan menebang mangrove dan larangan membuat tambak di dalam kawasan mangrove.
- 3) Mangrove berfungsi sebagai penahan abrasi pantai dan penahan gelombang besar.
- 4) Mangrove memiliki kemampuan penyerapan karbon yang tinggi.
- 5) Menjadi habitat biota laut (kepiting, kerang, udang, ikan, dsb.).
- 6) Memiliki potensi sumber daya alam yang besar.
- 7) Sudah terbentuk Pokdarwis (kelompok sadar wisata) sebagai pengelola kawasan.
- 8) Mangrove menjadi objek ekowisata yang telah berkembang (sudah ada pariwisata dan potensi wisata).
- 9) Mengurangi panas / berkontribusi pada kesejukan iklim.
- 10) Tersedia bibit untuk pemeliharaan dan penanaman.
- 11) Pemerintah melakukan penanaman dan rehabilitasi mangrove setiap tahun.

- 12) Masyarakat kompak dalam mengelola bibit dan melakukan pemeliharaan tanpa merusak kawasan.
- 13) Memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat (sumber pendapatan dari wisata atau hasil biota).
- 14) Mempercepat datangnya habitat ekosistem laut melalui perlindungan mangrove.
- 15) Beberapa jenis mangrove diketahui memiliki potensi sebagai tanaman obat yang dapat dikembangkan untuk berbagai kebutuhan kesehatan dan ekonomi masyarakat.

2. Kelemahan (Weaknesses/W)

Kelemahan merupakan faktor internal yang dapat menghambat efektivitas pengelolaan ekosistem mangrove di wilayah kajian. Identifikasi kelemahan penting dilakukan untuk mengetahui aspek-aspek yang masih perlu diperbaiki, diperkuat, atau ditingkatkan melalui intervensi program dan kebijakan. Kelemahan ini dapat berasal dari keterbatasan sumber daya, kapasitas kelembagaan, kondisi sosial ekonomi masyarakat, maupun hambatan teknis yang dihadapi di lapangan.

Berikut faktor-faktor kelemahan yang teridentifikasi:

- 1) Kesadaran masyarakat masih rendah, khususnya dalam menjaga kebersihan dan pelestarian mangrove.
- 2) Masih terdapat pembuangan sampah (plastik, kayu, limbah) ke kawasan mangrove, baik dari masyarakat maupun dari laut saat air pasang.
- 3) Masih terjadi penebangan pohon mangrove secara sembarangan.
- 4) Kondisi lingkungan kawasan mangrove kurang baik karena pencemaran dan tekanan aktivitas manusia.
- 5) Pengelolaan dan tata kelola mangrove belum optimal, termasuk hanya fokus tanam tanpa pemeliharaan serta lemahnya kebijakan dan implementasi.
- 6) Pokdarwis masih kurang aktif atau belum maksimal dalam pengawasan dan pengelolaan wisata mangrove.

- 7) Faktor alam/sirkulasi laut menjadi kendala, seperti ombak besar, angin kencang, dan perubahan iklim yang mempercepat abrasi.
- 8) Tidak bisa menanam pada musim tertentu (contoh musim kemarau yang terlalu panas).
- 9) Akses lokasi sulit karena kondisi berlumpur, sehingga butuh alat dan teknis khusus untuk bekerja di dalam kawasan.

Analisis faktor internal dilakukan untuk mengidentifikasi kekuatan (strengths) dan kelemahan (weaknesses) yang mempengaruhi upaya konservasi dan pengelolaan mangrove. Analisis ini disusun menggunakan metode *Internal Factor Analysis Summary* (IFAS) dengan pemberian bobot dan rating pada setiap faktor berdasarkan tingkat kepentingan dan kondisi aktual di lapangan. Hasil analisis IFAS digunakan sebagai dasar dalam penentuan posisi strategis serta perumusan rekomendasi pengelolaan mangrove yang berkelanjutan.

Tabel 4.11. Hasil analisis IFAS (*Internal Factor Analysis Summary*)/Faktor Internal Pengelolaan Mangrove

No	Kekuatan (S)	Bobot	Rating	Jumlah
S1	Sinergi antara masyarakat, pemerintah, dan desa dalam pengelolaan mangrove.	0,045	4	0,18
S2	Terdapat perlindungan alam secara alami termasuk larangan menebang mangrove dan larangan membuat tambak di dalam kawasan mangrove.	0,040	4	0,16
S3	Mangrove berfungsi sebagai penahan abrasi pantai dan penahan gelombang besar.	0,040	4	0,16
S4	Mangrove memiliki kemampuan penyerapan karbon yang tinggi.	0,040	4	0,16
S5	Menjadi habitat biota laut (kepiting, kerang, udang, ikan, dsb.).	0,040	4	0,16
S6	Memiliki potensi sumber daya alam yang besar.	0,035	3	0,105
S7	Sudah terbentuk Pokdarwis (kelompok sadar wisata) sebagai pengelola kawasan.	0,035	3	0,105
S8	Mangrove menjadi objek ekowisata yang telah berkembang (sudah ada pariwisata dan potensi wisata).	0,035	3	0,105
S9	Mengurangi panas / berkontribusi pada kesejukan iklim.	0,030	3	0,09

S10	Tersedia bibit untuk pemeliharaan dan penanaman.	0,030	3	0,09
S11	Pemerintah melakukan penanaman dan rehabilitasi mangrove setiap tahun.	0,040	3	0,12
S12	Masyarakat kompak dalam mengelola bibit dan melakukan pemeliharaan tanpa merusak kawasan.	0,040	4	0,16
S13	Memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat (sumber pendapatan dari wisata atau hasil biota).	0,040	3	0,12
S14	Mempercepat datangnya habitat ekosistem laut melalui perlindungan mangrove	0,030	3	0,09
S15	Potensi mangrove sebagai tanaman obat	0,030	3	
Subtotal Strength (S)		0,550		1,805
No	Kelemahan (W)	Bobot	Rating	Jumlah
W1	Kesadaran masyarakat masih rendah, khususnya dalam menjaga kebersihan dan pelestarian mangrove.	0,060	2	0,12
W2	Masih terdapat pembuangan sampah (plastik, kayu, limbah) ke kawasan mangrove, baik dari masyarakat maupun dari laut saat air pasang.	0,065	1	0,065
W3	Masih terjadi penebangan pohon mangrove secara sembarangan.	0,055	2	0,11
W4	Kondisi lingkungan kawasan mangrove kurang baik karena pencemaran dan tekanan aktivitas manusia.	0,055	2	0,11
W5	Pengelolaan dan tata kelola mangrove belum optimal, termasuk hanya fokus tanam tanpa pemeliharaan serta lemahnya kebijakan dan implementasi.	0,070	1	0,07
W6	Pokdarwis masih kurang aktif atau belum maksimal dalam pengawasan dan pengelolaan wisata mangrove.	0,055	2	0,11
W7	Faktor alam/sirkulasi laut menjadi kendala, seperti ombak besar, angin kencang, dan perubahan iklim yang mempercepat abrasi.	0,040	2	0,08
W8	Tidak bisa menanam pada musim tertentu (contoh musim kemarau yang terlalu panas).	0,035	2	0,07

W9	Akses lokasi sulit karena kondisi berlumpur, sehingga butuh alat dan teknis khusus untuk bekerja di dalam kawasan.	0,035	2	0,07
	Subtotal Weakness (W)	0,470		0,805
	Total IFAS (S + W)			2,61

Hasil analisis *Internal Factor Analysis Summary* (IFAS) menunjukkan bahwa subtotal **kekuatan (*Strengths*)** sebesar **1,805 lebih tinggi** dibandingkan subtotal **kelemahan (*Weaknesses*)** sebesar **0,805**, dengan nilai **Total IFAS** sebesar **2,61**. Nilai ini berada di atas nilai tengah (**2,50**), yang mengindikasikan bahwa kondisi internal pengelolaan mangrove tergolong **cukup kuat**.

Dominasi faktor kekuatan menunjukkan bahwa pengelolaan mangrove memiliki modal internal yang baik, terutama dari aspek sinergi antara masyarakat, pemerintah, dan desa, fungsi ekologis mangrove yang penting, serta dukungan kelembagaan dan kegiatan rehabilitasi yang berkelanjutan. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa kelemahan yang perlu mendapat perhatian, terutama terkait kesadaran masyarakat, pengelolaan sampah, dan optimalisasi tata kelola kawasan.

Hasil IFAS mengindikasikan bahwa kekuatan internal yang dimiliki mampu menutupi kelemahan yang ada, sehingga pengelolaan mangrove memiliki peluang besar untuk dikembangkan lebih lanjut melalui strategi yang memanfaatkan kekuatan internal secara optimal.

4.7.3.2 Identifikasi Faktor Eksternal (*External Factors Analysis Summary/EFAS*)

Identifikasi faktor eksternal merupakan langkah penting dalam analisis SWOT untuk memahami berbagai kondisi di luar sistem pengelolaan mangrove yang dapat memberikan pengaruh positif maupun negatif. Faktor eksternal ini mencakup peluang (*opportunities*) dan ancaman (*threats*) yang berasal dari lingkungan fisik, sosial, ekonomi, maupun kebijakan yang berada di luar kendali langsung pengelola. Melalui analisis EFAS, dapat diketahui bagaimana dinamika eksternal dapat dimanfaatkan secara optimal ataupun diantisipasi melalui strategi pengelolaan yang lebih adaptif dan berkelanjutan

1. Peluang (*Opportunities/O*)

Peluang merupakan berbagai faktor eksternal yang dapat memberikan dukungan atau keuntungan bagi upaya pengelolaan ekosistem mangrove di wilayah kajian. Faktor-faktor ini berasal dari lingkungan luar, seperti kebijakan pemerintah, tren pembangunan, kondisi sosial ekonomi, maupun dukungan kelembagaan dan program yang sedang berjalan. Pemanfaatan peluang secara optimal akan membantu memperkuat strategi pengelolaan mangrove sehingga lebih efektif dan berkelanjutan.

Berikut peluang yang teridentifikasi:

- 1) Pengembangan ekowisata dan peningkatan fasilitas wisata.
- 2) Peningkatan ekonomi masyarakat melalui usaha wisata dan produk olahan.
- 3) Penyediaan lapangan kerja bagi masyarakat pesisir.
- 4) Edukasi dan peningkatan kesadaran lingkungan.
- 5) Pelestarian lingkungan serta perlindungan pantai dari abrasi dan banjir.
- 6) Penyediaan habitat biota penting seperti kepiting bakau dan kerang.
- 7) Penguatan kolaborasi antara masyarakat, pokdarwis, nelayan, dan pemerintah.

2. Ancaman

Ancaman merupakan berbagai faktor eksternal yang berpotensi menghambat atau memberikan dampak negatif terhadap pengelolaan ekosistem mangrove di wilayah kajian. Faktor-faktor ini berasal dari dinamika lingkungan luar, seperti tekanan aktivitas manusia, perubahan kebijakan, kondisi ekonomi, maupun risiko bencana alam yang dapat memengaruhi keberlanjutan ekosistem. Identifikasi ancaman diperlukan untuk menyusun strategi mitigasi dan tindakan antisipatif sehingga program pengelolaan mangrove dapat berjalan lebih adaptif dan responsif.

Berikut ancaman yang teridentifikasi:

- 1) Cuaca ekstrem.
- 2) Perubahan iklim dan kenaikan permukaan air laut.

- 3) Abrasi pantai.
- 4) Pencemaran lingkungan.
- 5) Penumpukan sampah di kawasan mangrove, termasuk sampah yang terbawa arus laut.
- 6) Kebiasaan masyarakat membuang sampah sembarangan.
- 7) Penebangan dan pengambilan kayu mangrove secara liar.
- 8) Pembakaran lahan atau pembukaan lahan di sekitar mangrove.
- 9) Penyalahgunaan fungsi lahan, termasuk alih fungsi menjadi tambak.
- 10) Kurangnya dukungan dan partisipasi masyarakat.
- 11) Aktivitas sandar kapal yang merusak area mangrove.
- 12) Serangan hama (misalnya ulat pemakan daun mangrove).

Analisis faktor eksternal dilakukan untuk mengidentifikasi berbagai peluang (opportunities) dan ancaman (threats) yang mempengaruhi keberlanjutan konservasi dan pengelolaan mangrove. Faktor-faktor eksternal ini berasal dari dinamika lingkungan alam, kondisi sosial masyarakat, serta tekanan aktivitas manusia di wilayah pesisir. Identifikasi peluang dan ancaman ini diperoleh melalui hasil wawancara, sosialisasi, dan *Focus Group Discussion* (FGD) dengan para pemangku kepentingan.

Analisis tersebut disusun menggunakan metode *External Factor Analysis Summary* (EFAS) dengan pemberian bobot dan rating pada setiap faktor berdasarkan tingkat kepentingan dan besarnya pengaruh terhadap pengelolaan mangrove. Hasil analisis EFAS menjadi dasar dalam menentukan posisi strategis serta penyusunan strategi pengelolaan mangrove yang adaptif dan berkelanjutan

Tabel 4.12. Hasil Analisis EFAS (*External Factor Analysis Summary*)/Faktor Eksternal Pengelolaan Mangrove

No	Peluang (O)	Bobot	Rating	Jumlah
O1	Pengembangan ekowisata dan peningkatan fasilitas wisata.	0,065	4	0,26
O2	Peningkatan ekonomi masyarakat melalui usaha wisata dan produk olahan.	0,065	4	0,26
O3	Penyediaan lapangan kerja bagi masyarakat pesisir.	0,06	3	0,18
O4	Edukasi dan peningkatan kesadaran lingkungan.	0,06	3	0,18

O5	Pelestarian lingkungan serta perlindungan pantai dari abrasi dan banjir.	0,07	4	0,28
O6	Penyediaan habitat biota penting seperti kepiting bakau dan kerang.	0,06	3	0,18
O7	Penguatan kolaborasi antara masyarakat, pokdarwis, nelayan, dan pemerintah.	0,07	4	0,28
Subtotal Opportunity (O)		0,45		1,62
No	Ancaman (T)	Bobot	Rating	Jumlah
1	Cuaca ekstrem.	0,05	2	0,1
2	Perubahan iklim dan kenaikan permukaan air laut.	0,07	1	0,07
3	Abrasi pantai.	0,06	2	0,12
4	Pencemaran lingkungan.	0,06	1	0,06
5	Penumpukan sampah di kawasan mangrove, termasuk sampah yang terbawa arus laut.	0,065	1	0,065
6	Kebiasaan masyarakat membuang sampah sembarangan.	0,055	2	0,11
7	Penebangan dan pengambilan kayu mangrove secara liar.	0,06	2	0,12
8	Pembakaran lahan atau pembukaan lahan di sekitar mangrove.	0,055	2	0,11
9	Penyalahgunaan fungsi lahan, termasuk alih fungsi menjadi tambak.	0,065	1	0,065
10	Kurangnya dukungan dan partisipasi masyarakat.	0,055	2	0,11
11	Aktivitas sandar kapal yang merusak area mangrove.	0,045	2	0,09
12	Serangan hama (misalnya ulat pemakan daun mangrove).	0,045	2	0,09
Subtotal Threat (T)		0,685		1,11
Total EFAS (O + T)				2,73

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Hasil analisis *External Factor Analysis Summary* (EFAS) menunjukkan bahwa subtotal **peluang (Opportunities)** sebesar **1,62 lebih tinggi** dibandingkan subtotal **ancaman (Threats)** sebesar **1,11**, dengan nilai **Total EFAS** sebesar **2,73**. Nilai ini berada di atas **nilai tengah (2,50)**, yang menandakan bahwa kondisi eksternal secara umum cukup mendukung upaya konservasi dan pengelolaan mangrove.

Dominasi faktor peluang menunjukkan adanya dukungan eksternal yang kuat, terutama melalui pengembangan ekowisata, peningkatan ekonomi masyarakat

pesisir, penguatan kolaborasi multipihak, serta peran mangrove dalam perlindungan pantai dan pelestarian lingkungan. Namun demikian, berbagai ancaman tetap perlu diantisipasi, khususnya yang berkaitan dengan perubahan iklim, abrasi pantai, pencemaran lingkungan, dan tekanan aktivitas manusia di kawasan mangrove.

Secara keseluruhan, hasil EFAS menunjukkan bahwa peluang yang tersedia lebih besar dibandingkan ancaman yang dihadapi, sehingga pengelolaan mangrove memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan melalui strategi yang adaptif, kolaboratif, dan berkelanjutan.

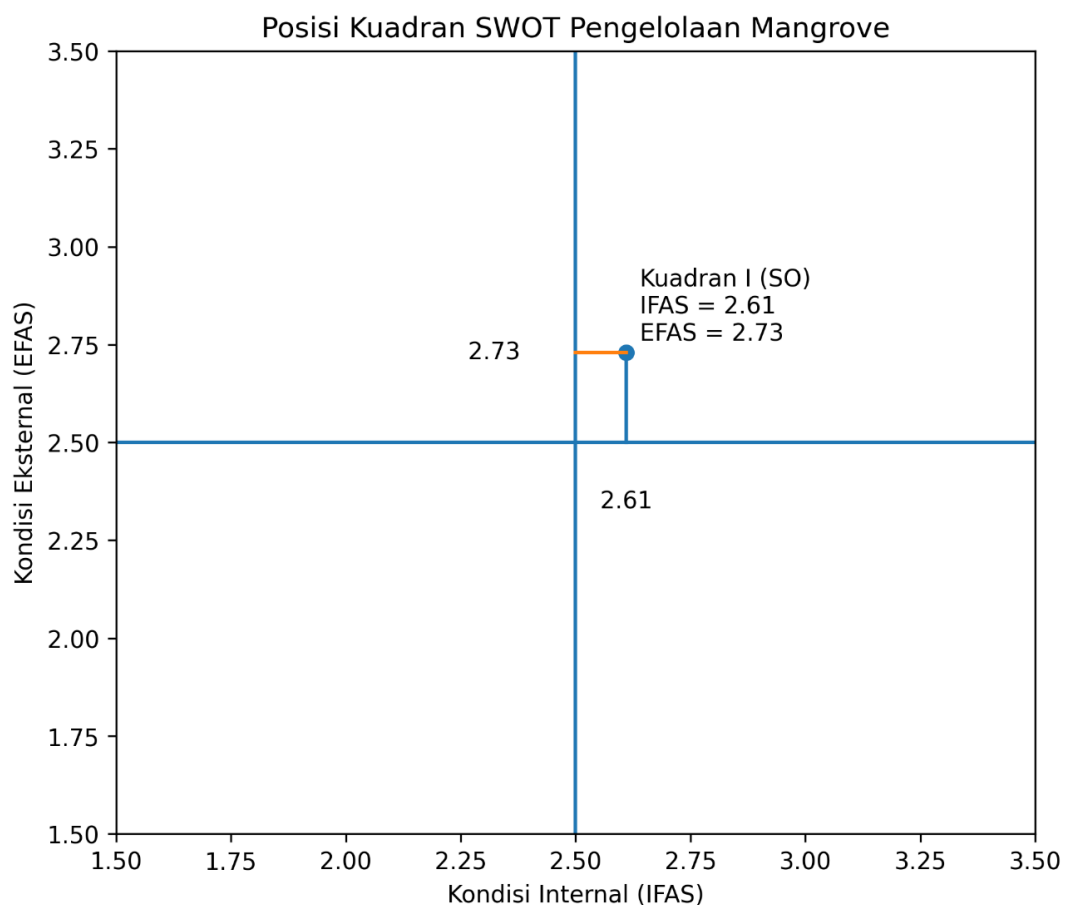
4.7.4 Matriks Strategi SWOT

Berdasarkan hasil identifikasi faktor internal (kekuatan dan kelemahan) serta faktor eksternal (peluang dan ancaman), diperoleh empat kelompok strategi, yaitu Strategi SO (*Strength–Opportunity*), WO (*Weakness–Opportunity*), ST (*Strength–Threat*), dan WT (*Weakness–Threat*). Keempat strategi ini disusun untuk memaksimalkan kekuatan, memanfaatkan peluang, mengatasi kelemahan, serta meminimalkan ancaman dalam pengelolaan ekosistem mangrove.

Hasil analisis *Internal Factor Analysis Summary* (IFAS) menunjukkan bahwa subtotal **kekuatan (*Strengths*)** sebesar **1,805 lebih tinggi** dibandingkan subtotal **kelemahan (*Weaknesses*)** sebesar **0,805**, dengan nilai **Total IFAS** sebesar **2,61**. Nilai ini mengindikasikan bahwa kondisi internal pengelolaan mangrove tergolong cukup kuat, didukung oleh sinergi antara masyarakat, pemerintah, dan desa, fungsi ekologis mangrove yang strategis, serta dukungan kelembagaan dan kegiatan rehabilitasi yang berkelanjutan. Meskipun demikian, masih terdapat kelemahan yang perlu diatasi, terutama terkait kesadaran masyarakat, pengelolaan sampah, dan optimalisasi tata kelola kawasan.

Selanjutnya, hasil analisis *External Factor Analysis Summary* (EFAS) menunjukkan bahwa subtotal **peluang (*Opportunities*)** sebesar **1,62 lebih tinggi** dibandingkan subtotal **ancaman (*Threats*)** sebesar **1,11**, dengan nilai **Total EFAS** sebesar **2,73**. Kondisi ini menunjukkan bahwa lingkungan eksternal

secara umum cukup mendukung pengelolaan mangrove, khususnya melalui peluang pengembangan ekowisata, peningkatan ekonomi masyarakat pesisir, penguatan kolaborasi multipihak, serta peran mangrove dalam perlindungan pantai dan pelestarian lingkungan. Namun demikian, berbagai ancaman seperti perubahan iklim, abrasi pantai, pencemaran lingkungan, dan tekanan aktivitas manusia tetap perlu diantisipasi.



Gambar 4.27. Posisi Kuadran SWOT Pengelolaan Mangrove

Berdasarkan hasil analisis IFAS dengan nilai 2,61 dan EFAS dengan nilai 2,73, posisi pengelolaan mangrove berada pada Kuadran I (Strength–Opportunity) dalam matriks SWOT. Posisi ini menunjukkan bahwa kondisi internal dan eksternal berada pada tingkat yang menguntungkan, di mana kekuatan internal lebih dominan dibandingkan kelemahan, serta peluang eksternal lebih besar dibandingkan ancaman.

Posisi Kuadran I mengindikasikan bahwa kawasan mangrove memiliki modal internal yang kuat, antara lain sinergi antara masyarakat, pemerintah, dan kelembagaan lokal, fungsi ekologis mangrove yang strategis, serta dukungan program rehabilitasi yang berkelanjutan. Selain itu, lingkungan eksternal memberikan peluang yang besar melalui pengembangan ekowisata, peningkatan ekonomi masyarakat pesisir, penguatan kolaborasi multipihak, serta meningkatnya perhatian terhadap isu lingkungan pesisir dan perubahan iklim.

Dengan kondisi tersebut, strategi pengelolaan mangrove yang paling tepat adalah strategi agresif (SO), yaitu strategi yang berorientasi pada pemanfaatan kekuatan internal untuk menangkap peluang eksternal secara optimal. Namun demikian, strategi pengelolaan tetap perlu dilengkapi dengan upaya penguatan kelembagaan dan tata kelola untuk mengatasi kelemahan internal (Strategi WO), serta penerapan langkah-langkah mitigatif dalam menghadapi berbagai ancaman eksternal (Strategi ST dan WT).

Berdasarkan kerangka tersebut, strategi pengelolaan mangrove yang dirumuskan dalam Matriks Strategi SWOT disajikan sebagai berikut::

1. Strategi SO (*Strength – Opportunity*)

Strategi SO dirumuskan dengan memanfaatkan berbagai kekuatan yang dimiliki kawasan mangrove untuk meraih peluang eksternal yang tersedia. Strategi yang dapat dilakukan yaitu:

- 1) Mengoptimalkan sinergi masyarakat, pemerintah desa, dan Pokdarwis dalam pengembangan ekowisata mangrove terpadu guna meningkatkan daya tarik wisata dan keuntungan ekonomi bagi masyarakat.
- 2) Mengembangkan program edukasi lingkungan berbasis fungsi ekologis mangrove seperti peredam gelombang, penahan abrasi, penyerap karbon, dan penyedia habitat biota laut.
- 3) Meningkatkan pemanfaatan biota mangrove seperti kepiting bakau, kerang, dan udang sebagai komoditas olahan bernilai ekonomi untuk mendukung usaha masyarakat lokal.
- 4) Mengembangkan paket wisata edukasi dan interpretasi mangrove sebagai upaya mengembangkan potensi wisata yang telah ada.

- 5) Memanfaatkan potensi mangrove sebagai tanaman obat untuk mengembangkan produk herbal dan usaha ekonomi berbasis kesehatan masyarakat.
- 6) Memperkuat kegiatan penanaman dan rehabilitasi mangrove yang telah dilakukan pemerintah dengan dukungan kolaboratif masyarakat dan kelembagaan lokal.

2. Strategi WO (*Weakness – Opportunity*)

Strategi WO disusun untuk mengatasi kelemahan internal dengan memanfaatkan peluang eksternal. Beberapa strategi yang dapat diimplementasikan yaitu:

- 1) Meningkatkan kampanye kesadaran lingkungan, terutama terkait pengelolaan sampah dan pelestarian mangrove, melalui kegiatan edukasi, pelatihan, dan pemberdayaan masyarakat.
- 2) Menguatkan peran Pokdarwis melalui pelatihan pengelolaan wisata, konservasi, pemanduan, dan pengawasan kawasan agar mampu mengelola potensi wisata secara lebih optimal.
- 3) Meningkatkan kualitas fasilitas akses menuju kawasan mangrove untuk mendukung kegiatan pengelolaan, pengawasan, dan wisata.
- 4) Mendorong peningkatan tata kelola dan pengawasan kawasan mangrove untuk mencegah penebangan liar dan kerusakan lingkungan.
- 5) Memanfaatkan potensi tanaman obat sebagai sarana edukasi dan penguatan kesadaran masyarakat, sehingga menumbuhkan rasa memiliki terhadap kawasan mangrove.

3. Strategi ST (*Strength – Threat*)

Strategi ST dirumuskan dengan memanfaatkan kekuatan yang dimiliki kawasan untuk mengurangi atau menghadapi ancaman lingkungan eksternal. Strateginya meliputi:

- 1) Mengoptimalkan peran mangrove sebagai pelindung alami terhadap abrasi, cuaca ekstrem, dan kenaikan muka air laut melalui kegiatan rehabilitasi rutin.
- 2) Memperkuat keterlibatan masyarakat dan Pokdarwis dalam pengawasan sampah laut dan pencegahan perilaku merusak lingkungan di kawasan mangrove.
- 3) Melakukan konservasi habitat biota bernilai ekonomi tinggi untuk mengurangi risiko degradasi akibat pencemaran dan alih fungsi lahan.
- 4) Mengembangkan wisata edukasi mitigasi bencana pesisir untuk meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai perubahan iklim dan risiko pesisir.
- 5) Meningkatkan nilai ekonomi mangrove sebagai tanaman obat untuk mengurangi tekanan penebangan liar dan alih fungsi kawasan.

4. Strategi WT (*Weakness – Threat*)

Strategi WT disusun untuk mengurangi berbagai kelemahan internal sambil menghindari ancaman eksternal yang berpotensi merusak ekosistem mangrove. Strateginya meliputi:

- 1) Memperkuat edukasi dan penegakan aturan pengelolaan sampah untuk mencegah kerusakan ekosistem akibat pembuangan sampah sembarangan.
- 2) Menyusun pedoman operasional (SOP) pengelolaan dan pengawasan kawasan untuk mencegah penebangan liar, pembakaran lahan, serta alih fungsi lahan menjadi tambak.
- 3) Meningkatkan kapasitas Pokdarwis dalam mitigasi dan adaptasi terhadap cuaca ekstrem dan abrasi melalui pelatihan teknis dan pendampingan.
- 4) Menata jalur akses dan memasang batas-batas kawasan untuk menghindari kerusakan akibat aktivitas kapal dan kegiatan masyarakat.
- 5) Menurunkan tingkat pencemaran melalui pengelolaan limbah terpadu berbasis masyarakat dan desa.

4.7.5 Rekomendasi Pengelolaan Mangrove Kabupaten Tanah Laut

Pengelolaan mangrove di Kabupaten Tanah Laut memerlukan pendekatan yang terencana, terpadu, dan berkelanjutan guna menjamin kelestarian fungsi ekologis, sosial, dan ekonomi kawasan pesisir. Rekomendasi pengelolaan yang disusun dalam kajian ini diarahkan untuk memperkuat tata kelola mangrove melalui penguatan kelembagaan, peningkatan peran masyarakat, pengembangan ekonomi berbasis ekosistem, serta integrasi upaya mitigasi perubahan iklim dan pengendalian tekanan lingkungan. Rekomendasi berikut disusun secara bertahap dan terukur agar dapat diimplementasikan secara efektif oleh pemerintah daerah dan para pemangku kepentingan terkait.

1. Penguatan Kelembagaan dan Kolaborasi

- Mendorong sinergi antara pemerintah daerah, pemerintah desa, Pokdarwis, kelompok masyarakat pesisir, dan lembaga konservasi dalam pengelolaan kawasan mangrove.
- Membentuk kelembagaan pengelola mangrove dengan SOP yang jelas dan pembagian tugas yang terukur.

2. Pengembangan Ekowisata Mangrove Terpadu

- Mengembangkan paket wisata edukasi, interpretasi, dan konservasi mangrove yang memadukan jalur tracking, titik foto, dan pusat informasi.
- Menyediakan fasilitas pendukung seperti akses jalan, papan interpretasi, gazebo edukasi, dan menara pandang.

3. Edukasi dan Pemberdayaan Masyarakat

- Melaksanakan edukasi berkelanjutan tentang fungsi ekologis mangrove, mitigasi abrasi, dan pengurangan sampah.
- Menyelenggarakan pelatihan pengelolaan wisata, pemanduan, konservasi habitat, dan pengawasan kawasan.

4. Rehabilitasi dan Konservasi Mangrove

- Melakukan rehabilitasi rutin pada kawasan yang rusak dengan melibatkan masyarakat, sekolah, dan kelompok pemuda.
- Melindungi habitat biota ekonomis (kepiting, kerang, udang) melalui zonasi kawasan dan pengawasan berbasis masyarakat.

5. Pengembangan Produk Ekonomi Berbasis Mangrove

- Mengembangkan UMKM pesisir melalui pemanfaatan hasil tangkapan perikanan mangrove dan produk olahan lokal.
- Mengembangkan produk herbal berbasis tanaman mangrove dengan memanfaatkan **6 spesies tanaman obat** berikut:
 - 1) *Avicennia marina* – antiinflamasi & antiseptik
 - 2) *Avicennia officinalis* – obat demam & penyakit kulit
 - 3) *Sonneratia alba* – antipiretik & antimikroba
 - 4) *Excoecaria agallocha* – analgesik (penggunaan sangat hati-hati)
 - 5) *Acanthus ilicifolius* – obat batuk, asma, rematik
 - 6) *Nypa fruticans* – obat sakit kepala, demam, luka bakar, tonik kesehatan
- Mendorong pengembangan produk herbal kemasan dan pelatihan pengolahan berbasis standar keamanan pangan.

6. Penguatan Pengawasan dan Penegakan Aturan

- Menerapkan SOP zona konservasi, larangan penebangan liar, dan pembatasan alih fungsi lahan menjadi tambak.
- Pemasangan batas kawasan, kamera pengawas sederhana, dan patroli lingkungan berbasis Pokdarwis.

7. Pengelolaan Sampah dan Limbah Terintegrasi

- Mengembangkan sistem pengelolaan sampah desa berbasis bank sampah, edukasi zero waste, dan gerakan bersih pesisir.
- Menyusun regulasi desa dalam pengurangan sampah plastik dan penanganan limbah rumah tangga.

8. Mitigasi Risiko Pesisir dan Perubahan Iklim

- Memanfaatkan mangrove sebagai sabuk hijau alami untuk mengurangi abrasi, meredam gelombang, dan melindungi permukiman pesisir.
- Mengembangkan wisata edukasi mitigasi bencana pesisir dan perubahan iklim.

9. Pengembangan Trading Carbon Berbasis Mangrove

- Melakukan inventarisasi karbon (*carbon stock assessment*) secara berkala untuk menghitung potensi kredit karbon mangrove.

- Menyusun dokumen karbon sesuai standar MRV (*Measurement, Reporting, Verification*) sebagai dasar mengikuti skema perdagangan karbon nasional maupun internasional.
- Mengembangkan proyek Mangrove Blue Carbon bekerja sama dengan lembaga sertifikasi karbon agar Pemerintah Daerah dan desa dapat menjual carbon credit dari hasil penyerapan CO₂ mangrove.
- Memanfaatkan pendapatan carbon trading untuk:
 - a) rehabilitasi mangrove,
 - b) pemberdayaan masyarakat,
 - c) pembiayaan pengawasan kawasan,
 - d) pengembangan UMKM pesisir.

Tabel 4.13. Rencana aksi, program pengelolaan mangrove Kabupaten Tanah Laut Tahun 2026-2029

No	Rencana Aksi	Program	Fokus Kegiatan	Tahun Pelaksanaan				OPD Utama	OPD Pendukung
				2026	2027	2028	2029		
1	Penguatan Kelembagaan Pengelolaan Mangrove	Penguatan Kelembagaan dan Kolaborasi	- Pembentukan kelembagaan - SOP - kolaborasi multipihak	✓	✓			Dinas Lingkungan Hidup	Bapperida, DPMD, Pemerintah Desa
2	Ekowisata Mangrove Terpadu	Pengembangan Ekowisata Mangrove Terpadu	- Jalur tracking - pusat informasi - menara pandang - wisata edukasi		✓	✓	✓	Dinas Pariwisata	DLH, Dinas PUPR, Pemerintah Desa
3	Pemberdayaan dan Edukasi Masyarakat Pesisir	Edukasi dan Pemberdayaan Masyarakat	- Edukasi ekologis - pelatihan pemandu - dan konservasi	✓	✓	✓		Dinas Lingkungan Hidup	Dinas Pariwisata, DPMD
4	Rehabilitasi dan Konservasi Mangrove	Rehabilitasi dan Konservasi Mangrove	- Penanaman mangrove - zonasi, - perlindungan biota	✓	✓	✓	✓	Dinas Lingkungan Hidup	Dinas Perikanan, Pemerintah Desa
5	Pengembangan UMKM Berbasis Mangrove	Pengembangan Produk Ekonomi Berbasis Mangrove	- Produk olahan minuman mangrove - Obat herbal dari mangrove		✓	✓	✓	Dinas Koperasi, UKM, Perindustrian dan Perdagangan	Dinas Perikanan, Dinas Kesehatan
6	Pengawasan dan Penegakan Aturan Mangrove	Penguatan Pengawasan dan Penegakan Aturan	- Patroli Kawasan - batas zona - larangan alih fungsi	✓	✓	✓	✓	Dinas Lingkungan Hidup	Satpol PP, Polisi, TNI AL, Pemerintah Desa

No	Rencana Aksi	Program	Fokus Kegiatan	Tahun Pelaksanaan				OPD Utama	OPD Pendukung
				2026	2027	2028	2029		
7	Pengelolaan Sampah Laut (Marine Debris) Terintegrasi	Pengelolaan Sampah Laut dan Limbah Pesisir	▪ Inventarisasi dan monitoring sampah laut dan pesisir ▪ pengembangan bank sampah pesisir ▪ gerakan bersih Pantai ▪ penyusunan dan penerapan regulasi desa pengurangan sampah plastic ▪ pengelolaan limbah rumah tangga	✓	✓	✓		Dinas Lingkungan Hidup	DPMD, Pemerintah Desa, Komunitas
8	Mitigasi Risiko Pesisir Berbasis Mangrove	Mitigasi Risiko Pesisir dan Perubahan Iklim	▪ Sabuk hijau mangrove ▪ edukasi mitigasi bencana	✓	✓	✓	✓	BPBD Kabupaten Tanah Laut	DLH, Dinas Pariwisata
9	Pengelolaan Karbon Biru (<i>Blue Carbon</i>) Mangrove	Pengembangan Trading Carbon Berbasis Mangrove	▪ Inventarisasi karbon ▪ Menyusun dokumen karbon sesuai standar MRV (Measurement, Reporting, Verification) perdagangan karbon	✓		✓	✓	Dinas Lingkungan Hidup	Bapperida, BPKAD, Pemerintah Desa

Tabel 4.14. Rencana Analisis Kerapatan Mangrove dan Rencana Aksi di Kabupaten Tanah Laut

Kecamatan	Kategori Kerapatan	Luasan (Ha)	Fakta Kritis	Kondisi Eksisting	Rencana Aksi Spesifik
Bumi Makmur	Lebat	129,24	Luasan Kerapatan Lebat (41%) menunjukkan fungsi ekosistem yang relatif baik.	Area ini memiliki basis ekosistem yang sehat, namun rentan terdegradasi menjadi Sedang jika tidak dikelola dengan baik. Estimasi kandungan karbon/area = 59.008,00 ton C Serapan karbon = 216.559,37 ton CO _{2e}	Menerapkan zona penyangga di sekitar area Lebat untuk mencegah perambahan, degradasi atau konversi lahan.
	Sedang	77,69	Luasan Sedang relatif rendah (24%) dibandingkan Lebat dan Jarang, kondisi rentan.	Kualitas tegakan masih membutuhkan pengayaan untuk mencapai kerapatan optimal. Estimasi kandungan karbon/area = 14.058,01 ton C Serapan karbon = 51.592,88 ton CO _{2e}	Program Pengayaan dan Peningkatan Kerapatan: penanaman sisipan jenis-jenis mangrove unggul di sela-sela atau di belakang tegakan Sedang.
	Jarang	111,16	Luasan Jarang cukup besar (35%), menunjukkan adanya degradasi yang signifikan.	Daya dukung ekologis rendah, potensi erosi tinggi, dan kemampuan serapan karbon minimal. Estimasi kandungan karbon/area = 13740,49 ton C Serapan karbon = 50427,59 ton CO _{2e}	Restorasi Hidrologi dan Reboisasi: pemetaan area terdampak, perbaikan saluran air, penanaman intensif jenis mangrove unggul.

Kecamatan	Kategori Kerapatan	Luasan (Ha)	Fakta Kritis	Kondisi Eksisting	Rencana Aksi Spesifik
Jorong	Tinggi	843,36	Wilayah penyimpan karbon (karbon stok) terbesar dan terpadat di seluruh Kecamatan. Luasan area mencapai 45%	Ekosistem sangat sehat, memiliki nilai biodiversitas dan jasa lingkungan tertinggi, termasuk kemampuan serapan karbon Estimasi kandungan karbon/area = 233.668,06 ton C Serapan karbon = 857.561,78 ton CO _{2e}	Prioritas Konservasi Inti Mutlak; Penerapan zonasi perlindungan ketat (tanpa intervensi eksploitasi); Pemanfaatan terbatas untuk penelitian dan ekowisata berbasis pendidikan.
	Sedang	948,72	Luasan signifikan (51%), namun rentan terdegradasi menjadi Jarang jika tidak dikelola dengan serius.	Kualitas tegakan sangat baik, namun potensi gangguan (misalnya pengebangan liar, konversi lahan) relatif tinggi, diperlukan pengawasan ketat Estimasi kandungan karbon/area = 228.210,37 ton C Serapan karbon = 837.532,06 ton CO _{2e}	Implementasi pengelolaan mangrove berkelanjutan melalui Program pengayaan (penanaman jenis unggul penyerap karbon), dan juga penguatan kelembagaan kelompok sadar wisata (Pokdarwis)
	Jarang	85,47	Luasan area tutupan mangrove sangat rendah, hanya 5%, sangat rentan terdegradasi	Area yang terdegradasi sangat rentan terhadap abrasi dan intrusi air laut. Estimasi kandungan karbon/area = 8.435,89 ton C Serapan karbon = 30.959,71 ton CO _{2e}	Pelibatan masyarakat lokal melalui skema Perhutanan Sosial (PS) untuk rehabilitasi Jarang, dengan insentif berupa pemanfaatan hasil non-kayu di masa depan
Kintap	Lebat	214,71	Luasan Lebat (34%) cukup substansial	Kondisi ekosistem yang baik, mendukung keanekaragaman hayati dan perikanan lokal.	Mengembangkan program ekowisata berbasis komunitas yang berkelanjutan dengan

Kecamatan	Kategori Kerapatan	Luasan (Ha)	Fakta Kritis	Kondisi Eksisting	Rencana Aksi Spesifik
			memberikan perlindungan pesisir.	Estimasi kandungan karbon/area = 46.117,56 ton C Serapan karbon = 169.251,45 ton CO _{2e}	regulasi ketat untuk menjaga integritas kawasan.
	Sedang	321,14	Kategori area terluas di Kintap (50%), menunjukkan sebagian besar wilayah berada di ambang kerapatan optimal.	Sebagian besar hutan mangrove memerlukan perhatian untuk mempertahankan statusnya atau ditingkatkan. Estimasi kandungan karbon/area = 64.147,72 ton C Serapan karbon = 235.422,11 ton CO _{2e}	Penguatan Pengelolaan Lestari dan Kemitraan: Menerapkan regulasi pemanfaatan hasil hutan non-kayu yang ketat, serta melibatkan kelompok nelayan dalam pengawasan.
	Jarang	103,03	Luasan Jarang cukup besar (16%), memerlukan intervensi restorasi untuk meningkatkan kerapatan tegakan.	Area yang terdegradasi rentan terhadap abrasi dan intrusi air laut. Estimasi kandungan karbon/area = 39.567,38 ton C Serapan karbon = 145.212,27 ton CO _{2e}	Prioritas Restorasi Total: Melakukan pemulihan lahan secara teknis dan intensif, fokus pada penanaman kembali dan pembuatan pemecah gelombang alami jika diperlukan.
Kurau	Lebat	153,37	Luasan Lebat yang tersedia masih relatif rendah (33%) dibandingkan luasan Sedang (51%), menjadi area konservasi vital.	Area dengan kesehatan ekosistem baik, namun masih rentan terhadap konversi lahan atau perambahan. Estimasi kandungan karbon/area = 30.203,15 ton C	Penerapan Zonasi Konservasi Ketat: zona inti tidak boleh dieksploitasi disertai pengawasan yang ketat untuk mencegah alih fungsi lahan atau penebangan ilegal.

Kecamatan	Kategori Kerapatan	Luasan (Ha)	Fakta Kritis	Kondisi Eksisting	Rencana Aksi Spesifik
				Serapan karbon = 110.845,58 ton CO ₂ e	
	Sedang	238,34	Kategori area terluas di Kurau (51%), menjadi kunci keberhasilan manajemen hutan mangrove jika dikelola dengan baik	Keseimbangan ekosistem relatif labil, berpotensi untuk ditingkatkan ke kategori Lebat, namun juga rentan terdegradasi menjadi Jarang. Estimasi kandungan karbon/area = 44.247,82 ton C Serapan karbon = 162.389,50 ton CO ₂ e	Program Pengayaan dan Silvikultur: Melakukan penjarangan terbatas pada area yang terlalu padat dan penanaman sisipan pada area renggang untuk memaksimalkan pertumbuhan tegakan.
	Jarang	74,39	Luasan Jarang cukup besar, mencapai 16%, menunjukkan area mulai mengalami tekanan lingkungan.	Mebutuhkan perhatian rehabilitasi yang cepat. Estimasi kandungan karbon/area = 6.817,84 ton C Serapan karbon = 25.021,49 ton CO ₂ e	Fokus penanaman pada area tutupan kosong atau kerusakan ringan; Pemasangan jaring/pagar alami di sepanjang lokasi rehabilitasi untuk mendukung pertumbuhan tegakan agar terhindar dari arus dan sampah
Penyipatan	Tinggi	300,69	Luasan Kerapatan tertinggi mencapai 78%, namun terbatas secara spasial	Sebagian besar hutan mangrove memerlukan intervensi untuk meningkatkan kerapatan tegakan Estimasi kandungan karbon/area = 18.264,01 ton C Serapan karbon = 67.028,92 ton CO ₂ e	Fokus pada pengamanan lingkaran luar; Membuat batas fisik/non-fisik yang jelas antara area ini dan area penggunaan lain.

Kecamatan	Kategori Kerapatan	Luasan (Ha)	Fakta Kritis	Kondisi Eksisting	Rencana Aksi Spesifik
	Sedang	82,68	Luasan Sedang hanya 22%, menunjukkan kebutuhan pemulihan.	Keseimbangan ekosistem sangat labil; rentan terdegradasi menjadi Jarang, namun berpotensi besar untuk dikembangkan. Estimasi kandungan karbon/area = 73.064,66 ton C Serapan karbon = 268.147,31 ton CO _{2e}	Program Kemitraan Konservasi; Melibatkan Pokdarwis atau kelompok nelayan untuk pengelolaan area transisi yang berkelanjutan.
	Jarang	0,13	Luasan Jarang sangat signifikan, mengancam integritas pesisir.	Daya dukung ekologis sangat rendah, potensi erosi tinggi, dan kemampuan serapan karbon sangat kecil. Estimasi kandungan karbon/area = 10,57 ton C Serapan karbon = 38,79 ton CO _{2e}	Implementasi rehabilitasi massif; Fokus penanaman pada area tutupan kosong dengan jenis mangrove unggul, ditanam di area terlindung serta bebas sampah.
Takisung	Tinggi	256,67	Luasan kerapatan tinggi relatif kecil, membutuhkan proteksi maksimal.	Area dengan kesehatan ekosistem baik, namun rentan terhadap tekanan pembangunan pesisir. Estimasi kandungan karbon/area = 125.688,80 ton C Serapan karbon = 461.277,91 ton CO _{2e}	Menerapkan zona penyangga, Integrasi area ini ke dalam program ekowisata dengan regulasi yang sangat ketat.
	Sedang	1.137,26	Kategori terluas di Kecamatan Takisung (66%), sangat	Kondisi ekosistem yang baik berpotensi untuk ditingkatkan ke kategori Tinggi. Kawasan	Melakukan kerjasama sektoral untuk mendukung program ekowisata berbasis masyarakat

Kecamatan	Kategori Kerapatan	Luasan (Ha)	Fakta Kritis	Kondisi Eksisting	Rencana Aksi Spesifik
			berpotensi dijadikan kawasan ekowisata.	ini juga memiliki kemampuan serapan karbon yang tinggi. Estimasi kandungan karbon/area = 307.996,94 ton C Serapan karbon = 1.130.348,77 ton CO ₂ e	dengan tetap menjaga integritas kawasan.
	Jarang	344,32	Area Jarang mencapai 20%, kerapatan tegakan diperlukan untuk mendukung program ekowisata berkelanjutan.	Daya dukung ekologis masih memungkinkan untuk ditingkatkan. Estimasi kandungan karbon/area = 98.753,05 ton C, Serapan karbon = 362.423,71 ton CO ₂ e	Penanaman sisipan pada area renggang secara intensif untuk memaksimalkan pertumbuhan tegakan.

Sumber: Hasil Analisis, 2025

4.8 Teknik Rehabilitasi Mangrove Melalui Penyemaian dan Pembibitan

Penyemaian dan pembibitan mangrove merupakan salah satu tahapan penting dalam upaya menjaga dan memulihkan cadangan karbon serta meningkatkan kemampuan serapan emisi pada ekosistem mangrove. Keberhasilan kegiatan rehabilitasi mangrove sangat ditentukan oleh ketepatan metode penyemaian dan pembibitan yang diterapkan, karena pertumbuhan mangrove yang optimal akan berkontribusi langsung terhadap peningkatan biomassa dan stok karbon di kawasan pesisir.

Oleh karena itu, kegiatan rehabilitasi mangrove harus dilaksanakan berdasarkan prinsip-prinsip penyemaian dan pembibitan yang benar agar bibit mampu tumbuh, beradaptasi, dan berkembang secara optimal di lingkungan pesisir, sehingga fungsi ekologis mangrove sebagai penyerap karbon dapat berjalan secara berkelanjutan.

4.8.1 Pembibitan Mangrove

4.8.1.1 Penyiapan Mangrove

Pembibitan mangrove merupakan tahap awal dalam rangka rehabilitasi ekosistem mangrove yang bertujuan untuk menghasilkan bibit berkualitas dan memiliki tingkat kelangsungan hidup yang tinggi. Bibit yang baik akan mendukung keberhasilan penanaman serta berperan penting dalam pemulihan struktur ekosistem dan peningkatan cadangan karbon mangrove.

Penyiapan bibit merupakan langkah awal yang harus dilakukan dalam proses rehabilitasi atau penanaman mangrove. Pada tahap ini, beberapa prinsip dan kriteria penting yang perlu diperhatikan antara lain sebagai berikut.

1. Bibit mangrove diusahakan berasal dari lokasi setempat atau dari wilayah terdekat dengan kondisi lingkungan yang serupa. Penggunaan bibit lokal akan memudahkan proses adaptasi terhadap kondisi lingkungan setempat, seperti suhu udara, kelembaban, dan karakteristik perairan, sehingga meningkatkan peluang tumbuh dan keberlanjutan tanaman mangrove.

2. Pemilihan bibit juga harus disesuaikan dengan kondisi tanah atau substrat serta perairan di lokasi tanam. Bibit mangrove yang memiliki kesesuaian dengan habitat aslinya cenderung lebih mudah beradaptasi dan memiliki persentase hidup yang lebih tinggi. Jenis *Rhizophora* dan *Bruguiera* umumnya sesuai ditanam pada substrat lempung, lumpur, atau lumpur berpasir, sedangkan jenis *Sonneratia* dan *Avicennia* lebih sesuai pada habitat berpasir.
3. Kegiatan persemaian dianjurkan dilakukan di dekat lokasi penanaman. Hal ini bertujuan untuk menyesuaikan bibit dengan kondisi lingkungan setempat serta meminimalkan risiko kerusakan bibit selama proses pemindahan ke lokasi tanam akibat jarak tempuh yang terlalu jauh.

4.8.1.2 Pemilihan Bibit Mangrove

Penanaman mangrove dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu: (1) menanam langsung buah (*propagule*), dan (2) melalui persemaian bibit. Penanaman secara langsung menggunakan buah memiliki tingkat keberhasilan tumbuh yang relatif rendah, yaitu sekitar 20–30%, sedangkan penanaman melalui persemaian bibit memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi, yakni sekitar 60–80%.

Untuk memperoleh bibit mangrove yang baik, pengumpulan buah dapat dilakukan pada periode September hingga Maret, dengan memperhatikan karakteristik sebagai berikut.

Bakau/Bakau-bakauan (*Rhizophora* spp.)

- Buah sebaiknya dipilih dari pohon mangrove yang berusia di atas **10 tahun**.
- Buah yang baik dicirikan oleh kondisi bongkol buah yang hampir lepas dari batang buah.
- Buah yang telah matang dari Bakau Besar (*Rhizophora mucronata*) dicirikan oleh warna buah hijau tua hingga kecokelatan dengan kotiledon (cincin) berwarna kuning.

- Buah Bakau Kecil (*Rhizophora apiculata*) yang matang ditandai dengan warna buah hijau kecokelatan dan warna kotiledon merah.

Tancang (*Bruguiera* spp.)

- Buah dipilih dari pohon yang berumur antara 5–10 tahun.
- Buah yang digunakan adalah buah yang telah matang, dicirikan oleh bongkol buah yang hampir terlepas dari batang buah.

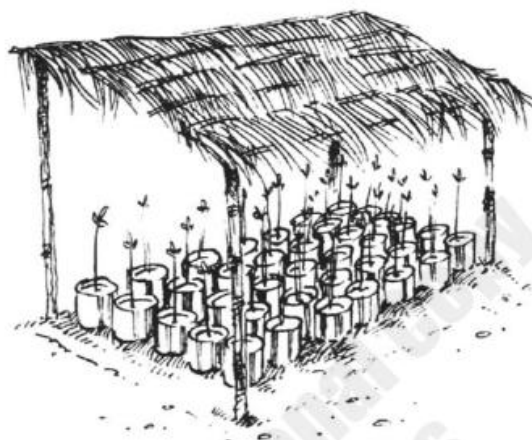
Api-api (*Avicennia* spp.), Bogem (*Sonneratia* spp.), dan Nyirih (*Xylocarpus granatum*)

- Buah sebaiknya diambil yang telah matang, dicirikan oleh warna kecokelatan, tekstur agak keras, dan bebas dari serangan hama penggerek.
- Buah yang digunakan lebih baik berasal dari buah yang telah jatuh dari pohon.

4.8.1.3 Persemaian Bibit Mangrove

Pada tahap persemaian bibit mangrove, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

- 1) tempat persemaian atau penyapihan yang meliputi pemilihan lokasi dan pembuatan bedeng persemaian, serta
- 2) cara pembibitan.



Gambar 4.28. Bedeng persemaian mangrove

Pemilihan tempat persemaian/penyapihan bibit perlu mempertimbangkan beberapa kriteria, yaitu:

- 1) lahan yang lapang dan datar,
- 2) dekat dengan lokasi penanaman, serta lokasi yang tergenang saat air pasang dengan frekuensi sekitar 20–40 kali per bulan, sehingga tidak memerlukan penyiraman tambahan.

Pembuatan bedeng persemaian memperhatikan beberapa aspek berikut:

- 1) Ukuran bedeng disesuaikan dengan kebutuhan, umumnya berukuran 1 m × 5 m atau 1 m × 10 m dengan tinggi sekitar 1 m.
- 2) Bedeng diberi naungan ringan, misalnya dari daun nipah atau bahan sejenis.
- 3) Media bedengan berasal dari tanah lumpur di sekitar lokasi persemaian.
- 4) Bedeng berukuran 1 m × 5 m dapat menampung bibit dalam kantong plastik berukuran 10 cm × 50 cm atau dalam botol air mineral bekas berukuran 500 mL sebanyak sekitar 1.200 unit, atau sebanyak 2.250 unit untuk bedeng berukuran 1 m × 10 m.

Cara pembibitan dapat dilakukan dengan metode sebagai berikut.

- 1) Buah mangrove disemaikan langsung ke dalam kantong plastik atau botol air mineral bekas yang telah diisi media tanah.
- 2) Sebelum media tanah dimasukkan, bagian bawah kantong plastik atau botol air mineral diberi lubang untuk mengalirkan kelebihan air agar tidak terjadi genangan.
- 3) Khusus untuk buah Bakau (*Rhizophora* spp.) dan Tancang (*Bruguiera* spp.), sebelum disemaikan sebaiknya disimpan terlebih dahulu di tempat yang teduh dan ditutupi dengan karung basah selama 5–7 hari.
- 4) Perlakuan ini bertujuan untuk menghindari batang bibit dimakan oleh serangga atau ketam pada saat penanaman.
- 5) Daun biasanya mulai muncul setelah sekitar 20 hari, dan setelah berumur 2–3 bulan bibit sudah siap ditanam di lokasi.

4.8.2 Penanaman Mangrove

4.8.2.1 Lokasi Penanaman Mangrove

Lokasi penanaman mangrove dapat dilakukan di kawasan hutan lindung, hutan produksi, kawasan budidaya, maupun di luar kawasan hutan, dengan kriteria lokasi sebagai berikut:

- 1) Pantai, dengan lebar kawasan sekitar 120 m, yang dihitung berdasarkan rata-rata perbedaan antara garis air pasang tertinggi dan surut terendah yang diukur dari garis air surut terendah ke arah pantai.



Gambar 4.29. Tegakan mangrove di pantai pasir putih

- 2) Tepian sungai, dengan lebar sekitar 50 m ke arah kiri dan kanan dari tepi sungai yang masih dipengaruhi oleh air laut.



Gambar 4.30. Tegakan mangrove di tepian sungai

- 3) Tanggul, pelataran, dan pinggiran saluran air, termasuk di sekitar tambak dan saluran perairan lainnya.



Gambar 4.31. Tegakan mangrove di tanggul dan pinggir tambak

4.8.2.2 Pemilihan Jenis Mangrove pada Tiap Tapak

Pemilihan jenis mangrove pada tiap tapak harus disesuaikan antara kondisi lingkungan tapak dengan kemampuan adaptasi mangrove, terutama terhadap kondisi substrat dan frekuensi genangan air. Kesesuaian jenis mangrove dengan tapak atau media tanam sangat menentukan keberhasilan pertumbuhan dan kelangsungan hidup tanaman mangrove. Beberapa contoh kesesuaian jenis mangrove dengan kondisi tapak atau media tanam diuraikan sebagai berikut:

- 1) Bakau (*Rhizophora* spp.) dapat tumbuh dengan baik pada substrat berlumpur dan mampu mentoleransi tanah lumpur berpasir di pantai yang agak berombak, dengan frekuensi genangan sekitar 20–40 kali per bulan.
- 2) Bakau Merah (*Rhizophora stylosa*) dapat ditanam pada lokasi dengan substrat pasir berkorall.
- 3) Api-api (*Avicennia marina*) lebih cocok ditanam pada substrat pasir berlumpur, terutama di bagian terdepan pantai, dengan frekuensi genangan sekitar 30–40 kali per bulan.
- 4) Bogem/Prapat (*Sonneratia* spp.) dapat tumbuh dengan baik pada lokasi bersubstrat lumpur atau lumpur berpasir dari pinggir pantai ke arah darat, dengan frekuensi genangan sekitar 30–40 kali per bulan.
- 5) Tancang (*Bruguiera gymnorhiza*) dapat tumbuh dengan baik pada substrat yang relatif lebih keras, terletak ke arah darat dari garis pantai, dengan frekuensi genangan sekitar 30–40 kali per bulan.

4.8.2.3 Persiapan Lahan

Persiapan lahan merupakan tahapan penting dalam kegiatan penanaman mangrove untuk mendukung pertumbuhan dan keberhasilan rehabilitasi. Beberapa tahapan persiapan lahan penanaman mangrove meliputi:

- 1) Pembuatan jalur penanaman yang disusun sejajar dengan garis pantai, serta pembersihan jalur tanam dari tumbuhan liar dengan lebar sekitar 1 m.
- 2) Pemasangan ajir menggunakan patok kayu atau bambu berdiameter sekitar 10 cm, ditancapkan secara tegak sedalam $\pm 0,5$ m, dengan jarak antar ajir disesuaikan dengan jarak tanam. Pemasangan ajir bertujuan untuk mempermudah penentuan titik tanam, menandai keberadaan tanaman baru, serta menyeragamkan jarak antar bibit.

4.8.2.4 Cara Penanaman

Penanaman mangrove dapat dilakukan melalui dua sistem, yaitu:

- 1) sistem banjar harian, dan
- 2) sistem tumpangsari, yang lebih dikenal sebagai sistem wanamina (*silvofishery*).

Pemilihan sistem penanaman mangrove merupakan faktor penting dalam menentukan keberhasilan rehabilitasi ekosistem pesisir. Setiap sistem memiliki karakteristik dan tujuan yang berbeda sesuai dengan kondisi lahan dan kebutuhan pengelolaan. Salah satu sistem yang umum diterapkan adalah sistem banjar harian.

1) Sistem Banjar Harian

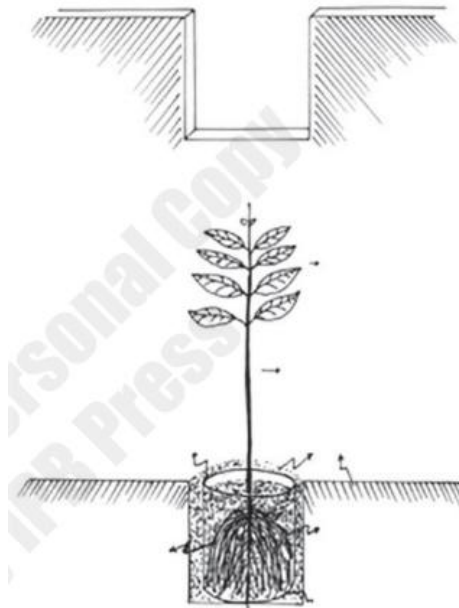
a. Menggunakan Benih

- Di dekat ajir, dibuat lubang tanam pada saat air surut, dengan kedalaman lubang disesuaikan dengan panjang benih yang akan ditanam.
- Penanaman benih sebaiknya dilakukan sedalam kurang lebih sepertiga dari panjang benih.

- Benih ditanam secara tegak, dengan bakal kecambah menghadap ke atas.

b. Menggunakan Bibit

- ibuat lubang tanam di dekat ajir pada saat air surut, dengan ukuran lubang lebih besar dari ukuran kantong plastik atau botol air mineral bekas yang digunakan sebagai wadah bibit (Gambar 25).
- Bibit ditanam secara tegak ke dalam lubang yang telah dibuat, dengan cara melepaskan bibit dari kantong plastik atau botol air mineral bekas secara hati-hati agar tidak merusak sistem perakaran (Gambar 25).
- Sela-sela lubang di sekeliling bibit ditimbun dengan tanah hingga sebatas leher akar.



Gambar 4.32. Penanaman bibit mangrove dalam lubang tanaman.

c. Jarak Tanam

Tergantung pada tujuan penanaman mangrove, bila untuk perlindungan pantai bibit ditanam pada jarak 1 m × 1 m, namun bila untuk produksi digunakan jarak 2 m × 2 m.

d. Jenis Tanaman Mangrove

Jenis mangrove yang ditanam disesuaikan dengan zonasi ataupun tujuan dari penanaman mangrove di lokasi tersebut. Bila untuk penahan abrasi digunakan jenis bakau (*Rhizophora* spp.), namun bila untuk penghijauan saja cukup ditanam jenis api-api (*Avicennia* spp.), bila lingkungannya sesuai.

2) Sistem Wamina

Pada prinsipnya, penanaman benih atau bibit mangrove dengan sistem wanamina sama seperti pada sistem banjar harian. Perbedaannya adalah pada penanaman mangrove dengan sistem wanamina dibuatkan tambak/kolam dan saluran air untuk membudidayakan sumber daya ikan (ikan, udang, dan sebagainya), sehingga terdapat perpaduan antara tanaman mangrove (wana) dan budidaya sumber daya ikan (mina).

Secara umum, terdapat tiga pola dalam sistem wanamina (*silvofishery*) (Bengen & Dutton, 2004), yaitu:

- 1) Wanamina dengan pola empang parit. Pada pola empang parit, lahan untuk mangrove dan empang masih menjadi satu hamparan yang diatur oleh satu pintu air.



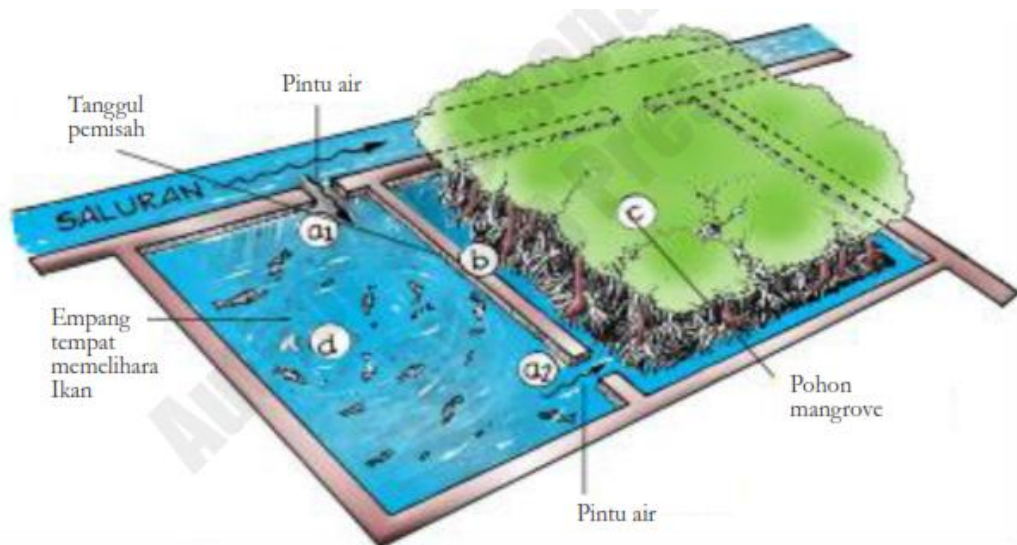
Gambar 4.33. Wamina pola empang parit

- 2) Wanamina dengan pola empang parit yang disempurnakan (Gambar 27). Lahan untuk mangrove dan empang diatur oleh saluran air yang terpisah.



Gambar 4.34. Wanamina pola empang parit disempurnakan

- 3) Wanamina dengan pola komplangan. Lahan untuk mangrove dan empang terpisah dalam dua hamparan yang diatur oleh saluran air dengan dua pintu yang terpisah untuk mangrove dan empang.



Gambar 4.35. Wanamina pola komplangan

4.8.2.5 Cara Penanaman Khusus

1. Penggunaan Alat Penahan Ombak

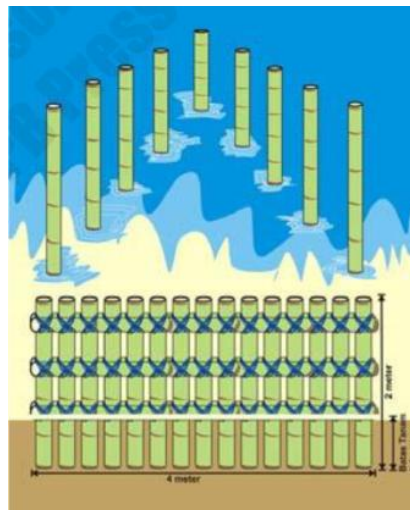
- Alat Penahan Ombak (APO) digunakan pada lokasi penanaman mangrove yang berombak besar.

- APO dipasang pada bagian depan pantai ke arah laut dari lokasi penanaman mangrove.



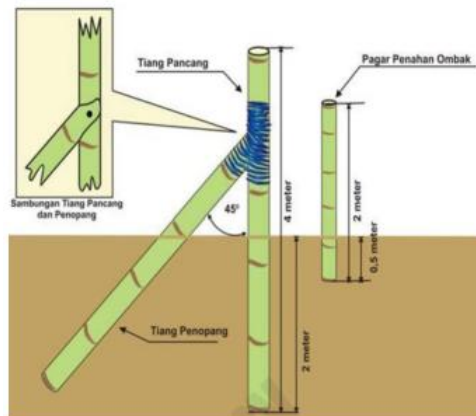
Gambar 4.36. Pola pemasangan APO

- APO terbuat dari potongan batang bambu yang dirakit dengan menggunakan tali nilon dengan ukuran tinggi 2 m dan lebar 2 m atau 4 m. APO dengan ukuran tinggi 2 m hanya efektif digunakan pada daerah pantai yang tinggi pasang air lautnya lebih kecil dari 2 m.



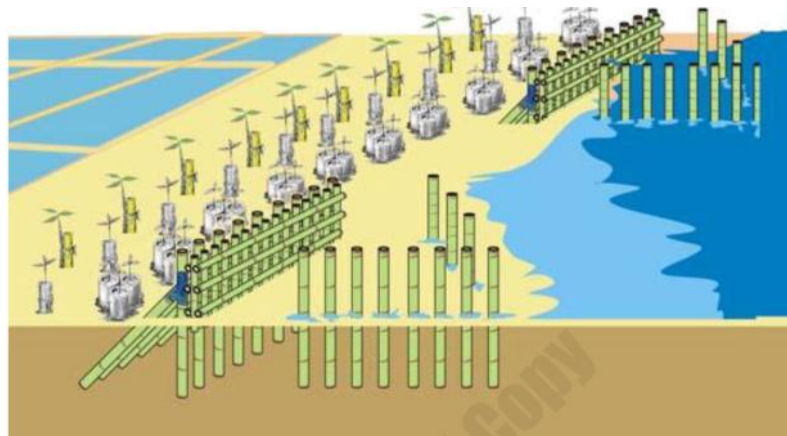
Gambar 4.37. Kontruksi APO

- APO dipasang sejajar garis pantai dan/atau agak miring (membentuk sudut tertentu terhadap garis pantai) tergantung pada pola arus dan tipologi pantai. Agar APO dapat berdiri tegak, pemasangannya menggunakan tiang pancang pada setiap jarak 0,5 m sebagai penopang.



Gambar 4.38. Kontruksi tiang pancang

- Bibit mangrove ditanam di belakang APO ke arah darat, baik secara langsung maupun dengan bantuan ajir dari bambu atau buis.



Gambar 4.39. Pola pemasangan APO

2. Penggunaan Batang Bambu

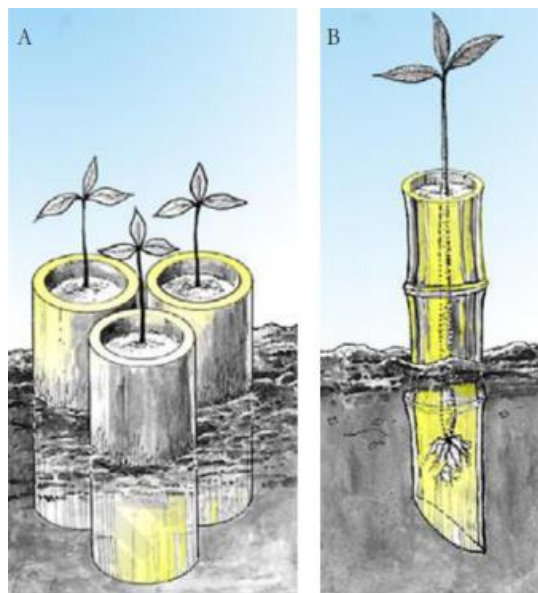
- Untuk lokasi ini ditanam jenis *Rhizophora* spp.
- Pancangkan bambu sedalam 50 cm pada titik tanam, kemudian tanamlah bibit di sebelahnya dan ikatkan batangnya ke bambu tersebut dengan menggunakan tali rafia atau tali nilon.



Gambar 4.40. Penanaman bibit dengan bantuan batang bambu

3. Penggunaan Buis Beton/Bambu

- Pilihlah buis beton atau bambu berdiameter 30 cm dan panjang 1 meter.
- Pancangkan buis beton atau bambu ke titik tanam yang telah ditentukan sedalam 50 cm. Isi dengan lumpur/tanah yang berasal dari sekitar lokasi penanaman.
- Tanamlah bibit ke dalam buis beton atau bambu tersebut.



Gambar 4.41. Penanaman bibit dengan menggunakan: (A) buis beton (B) bambu

4.8.3 Pemeliharaan dan Perawatan Mangrove

4.8.3.1 Penyiangan dan Penyulaman

Tiga bulan setelah penanaman, dilaksanakan pemeriksaan lapangan untuk mengetahui tingkat pertumbuhan tanaman. Apabila ada tanaman yang mati, harus segera dilaksanakan penyulaman dengan tanaman baru. Pada lokasi penanaman yang agak tinggi atau frekuensi genangan air pasang kurang, perlu mendapat perhatian lebih intensif dalam pemeliharaannya. Hal ini disebabkan pada lokasi tersebut cepat ditumbuhi kembali oleh sejenis pakis-pakisan atau piai (*Acrostichum aureum*). Jadi apabila kelihatan tumbuhan piai mengganggu pertumbuhan anakan, perlu segera diadakan penebasan kembali. Kegiatan penyiangan dan penyulaman ini dilakukan sampai tanaman berumur lima tahun.

4.8.3.2 Penjarangan

Kegiatan penjarangan diperlukan untuk memberi ruang tumbuh yang ideal bagi tanaman, yaitu agar pertumbuhan tanaman dapat meningkat dan pohon-pohon yang tumbuh sehat dan baik. Hasil penjarangan ini dapat dimanfaatkan untuk bahan baku arang, industri chip/kertas, kayu bakar, bahkan untuk makanan kambing.

4.8.3.3 Perlindungan Tanaman

Mangrove dalam pertumbuhannya mempunyai masa-masa kritis. Oleh karena itu, perlindungan tanaman mangrove dari hama yang merusak, mulai dari pembibitan hingga mencapai anakan, perlu dilakukan agar pertumbuhannya dapat berlangsung dengan baik.

Sejak usia pembibitan sampai satu tahun, batang mangrove sangat disukai oleh serangga atau ketam/kepiting. Menurut pengalaman, 60–70% mangrove akan mati sebelum berusia satu tahun karena digerogeti serangga atau ketam/kepiting.

Untuk mengatasi hama ini, perlu dilakukan beberapa cara sebagai berikut:

- Buah *Rhizophora* spp. atau *Bruguiera* spp. yang akan digunakan sebagai bibit dipilih yang telah cukup matang. Tanda-tanda kematangan buah ditunjukkan oleh keluarnya buah dari tangkai.
- Buah kemudian disimpan di tempat yang teduh, ditutupi dengan karung goni setengah basah selama 5–7 hari. Penyimpanan selama itu dimaksudkan untuk menghilangkan bau/aroma buah segar yang dimiliki buah mangrove yang sangat disenangi oleh serangga.
- Setelah itu, buah mangrove siap untuk disemai pada kantong plastik/botol air mineral bekas atau ditanam langsung ke lokasi tanam.

Hama lain yang juga sering menyerang tanaman mangrove pada usia muda adalah kutu lompat (*mealy bug*). Serangan hama ini dicirikan oleh warna daun tanaman menjadi kuning, kemudian rontok dan tanaman mati. Bila serangan hama ini terjadi, sebaiknya tanaman yang terserang dimusnahkan saja agar tidak menghambat penyebarannya pada tanaman lain.

4.9 Perdagangan Karbon Dari Ekosistem Pesisir

Perdagangan karbon dari ekosistem pesisir, khususnya mangrove dan lamun, merupakan instrumen strategis dalam mendukung pengendalian perubahan iklim sekaligus meningkatkan nilai ekonomi sumber daya alam secara berkelanjutan. Di Indonesia, pelaksanaan perdagangan karbon berada dalam kerangka Instrumen Nilai Ekonomi Karbon (NEK) sebagaimana diatur dalam Peraturan Presiden Nomor 110 Tahun 2025, serta didukung oleh kebijakan teknis yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Pengembangan proyek perdagangan karbon berbasis ekosistem pesisir mencakup tahapan teknis, administratif, dan mekanisme pasar yang saling terintegrasi, mulai dari penilaian awal dan penetapan baseline, penerapan sistem Monitoring, Reporting, and Verification (MRV), pendaftaran dan sertifikasi proyek, hingga pemanfaatan kredit karbon pada pasar nasional maupun internasional.

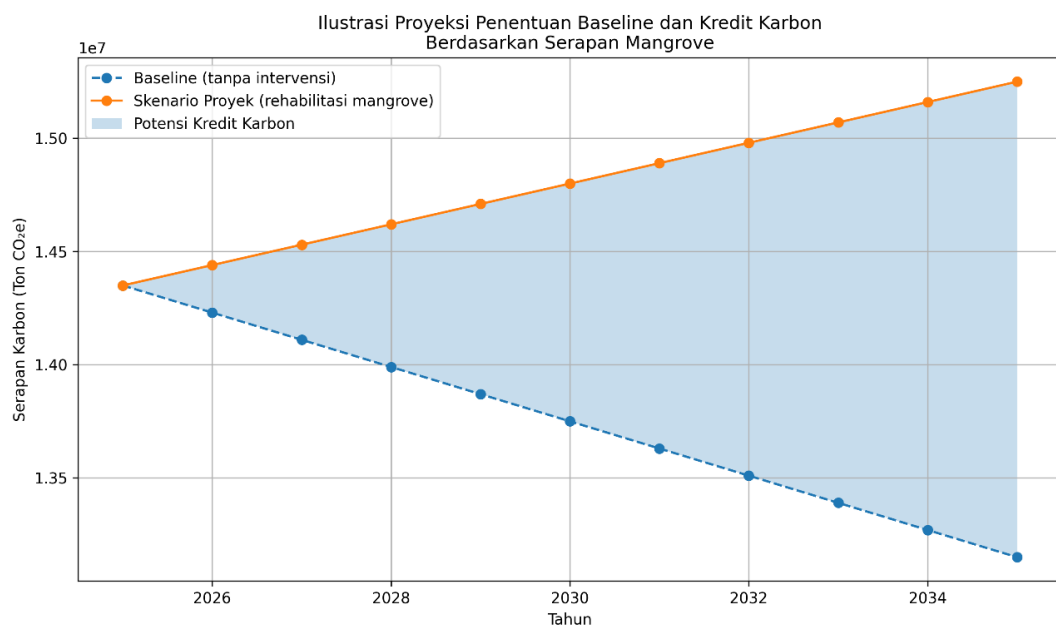
4.9.1 Langkah Teknis Menuju Perdagangan Karbon

4.9.1.1 Penilaian Awal dan Penetapan Baseline Emisi

Penilaian awal dan penetapan baseline emisi merupakan tahapan fundamental dalam pengembangan proyek perdagangan karbon. Tahap ini bertujuan untuk menetapkan kondisi awal cadangan karbon ekosistem sebelum adanya intervensi proyek, seperti konservasi, rehabilitasi, atau perlindungan kawasan.

Baseline menggambarkan skenario *business-as-usual* (BAU), yaitu kondisi emisi atau kehilangan karbon yang diperkirakan terjadi apabila proyek tidak dilaksanakan. Nilai ini menjadi acuan utama dalam menghitung besarnya pengurangan emisi atau peningkatan stok karbon yang dapat diklaim sebagai kredit karbon.

Penilaian awal mencakup identifikasi karakteristik ekosistem (jenis mangrove atau lamun, luasan, dan kondisi tutupan), status kepemilikan dan penguasaan lahan, tekanan antropogenik, serta risiko degradasi di masa depan.

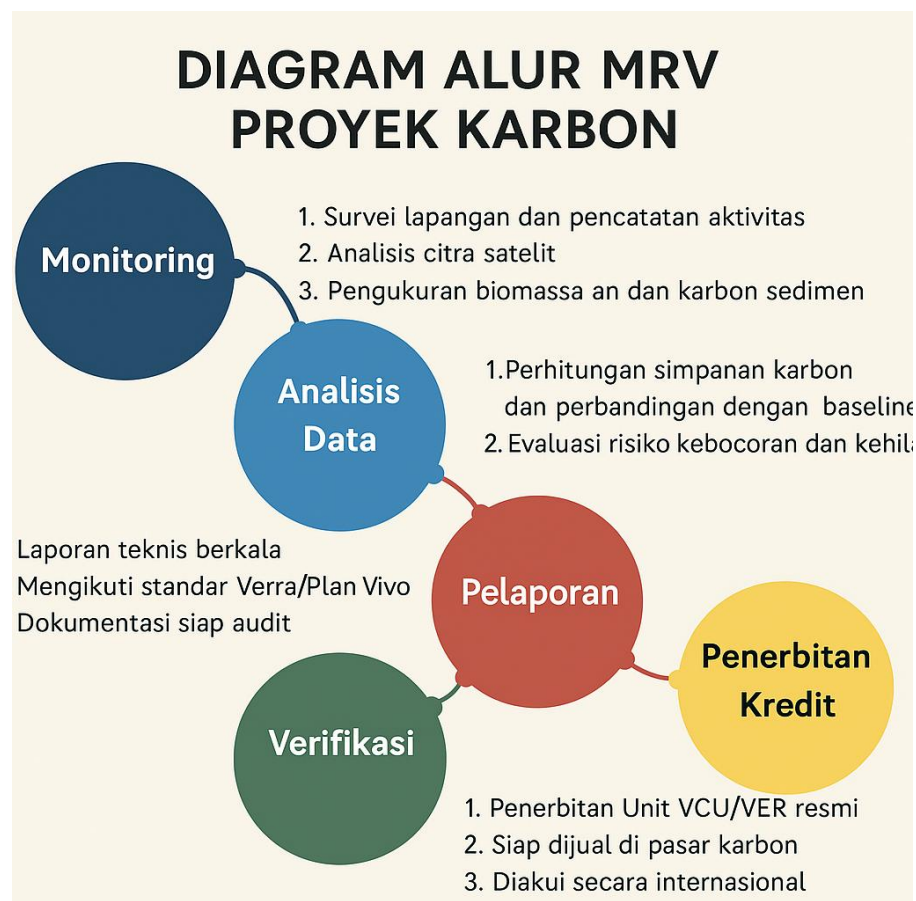


Gambar 4.42. Proyeksi Penentuan Baseline dan Kredit Karbon Berdasarkan Serapan Mangrove

4.9.1.2 Metodologi MRV (*Monitoring, Reporting, and Verification*)

Sistem *Monitoring, Reporting, and Verification* (MRV) merupakan pilar utama dalam menjamin kredibilitas proyek karbon. Monitoring dilakukan secara periodik untuk mencatat perubahan kondisi biofisik ekosistem, termasuk tutupan lahan, pertumbuhan biomassa atas dan bawah tanah, kandungan karbon sedimen, serta aktivitas proyek.

Hasil monitoring disusun dalam laporan teknis (*reporting*) yang memuat metode, data lapangan, estimasi perubahan stok karbon, serta analisis potensi kebocoran (*leakage*) dan kehilangan manfaat karbon (*reversal*). Selanjutnya, laporan tersebut diverifikasi (*verification*) oleh lembaga independen terakreditasi untuk memastikan akurasi dan keabsahan data.



Gambar 4.43. Diagram Alur MRV Proyek Karbon

4.9.1.3 Peran Lembaga Verifikasi (*Validation and Verification Body* – VVB)

Validasi dan verifikasi proyek karbon dilakukan oleh *Validation and Verification Body (VVB)* yang independen dan terakreditasi. VVB berperan memastikan bahwa proyek dilaksanakan sesuai standar metodologi yang berlaku serta bahwa klaim pengurangan atau penyerapan emisi dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Proses verifikasi meliputi peninjauan dokumen desain proyek (*Project Design Document/PDD*), audit metodologi dan data MRV, kunjungan lapangan bila diperlukan, serta penyusunan laporan verifikasi sebagai dasar penerbitan unit karbon.

4.9.1.4 *Additionality* dan *Leakage*

Keabsahan proyek karbon ditentukan oleh terpenuhinya prinsip ***additionality*** dan pengendalian ***leakage***.

Additionality menunjukkan bahwa manfaat karbon yang dihasilkan tidak akan terjadi tanpa adanya intervensi proyek. Dalam ekosistem pesisir, hal ini dibuktikan dengan adanya risiko nyata degradasi serta intervensi aktif proyek seperti rehabilitasi, perlindungan, atau zonasi.

Leakage merupakan kondisi di mana pengurangan emisi di dalam area proyek diimbangi oleh peningkatan emisi di luar area proyek akibat pergeseran aktivitas. Untuk meminimalkan *leakage*, proyek harus terintegrasi dalam perencanaan wilayah yang lebih luas dan menyediakan alternatif mata pencaharian bagi masyarakat terdampak.

4.9.1.5 Perhitungan Kredit Karbon

Perhitungan kredit karbon dilakukan dengan menghitung selisih antara stok karbon aktual proyek dan stok karbon pada kondisi *baseline*. Pengukuran mencakup biomassa atas dan bawah tanah serta karbon sedimen, yang

kemudian dikonversi menjadi satuan **CO₂ ekuivalen (CO₂e)** menggunakan faktor baku IPCC (**1 ton C = 3,67 ton CO₂e**).

Pendekatan **stratifikasi vegetasi** digunakan untuk meningkatkan akurasi perhitungan, dengan membagi kawasan proyek ke dalam kelas kerapatan vegetasi dan menghitung stok karbon pada masing-masing strata.

4.9.2 Pendaftaran dan Sertifikasi Proyek Karbon

4.9.2.1 Skema Nasional: SRN PPI

Di Indonesia, seluruh proyek karbon wajib didaftarkan dalam Sistem Registri Nasional Pengendalian Perubahan Iklim (SRN PPI). Pendaftaran ini bertujuan untuk memastikan transparansi, akuntabilitas, dan mencegah penghitungan ganda (*double counting*).

Proses pendaftaran meliputi penyusunan dokumen teknis, evaluasi oleh KLHK, validasi dan verifikasi oleh lembaga terakreditasi, serta penerbitan Satuan Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca (SPE-GRK) sebagai unit karbon nasional.

4.9.2.2 Skema Internasional (*Verra, Gold Standard*)

Untuk mengakses pasar karbon global, proyek dapat didaftarkan pada skema sertifikasi internasional seperti **Verra (VCS)** atau **Gold Standard**. Skema ini menghasilkan unit karbon internasional seperti **Verified Carbon Units (VCU)** atau **Gold Standard Credits** yang diakui secara luas di pasar global.

Namun, pendaftaran internasional harus tetap selaras dengan kebijakan nasional dan tidak melanggar prinsip *double counting*, kecuali memenuhi persyaratan **corresponding adjustment**.

4.9.2.3 Strategi Integrasi (*Dual-Pathway*)

Strategi *dual-pathway* memungkinkan proyek untuk memulai pendaftaran melalui skema nasional dan kemudian memperluas akses ke pasar internasional setelah memperoleh pengakuan nasional. Pendekatan ini dinilai progresif dan adaptif selama sesuai dengan kebijakan pemerintah.

4.9.3 Skema Perdagangan dan Pasar Karbon

Setelah unit karbon dari proyek pengelolaan atau rehabilitasi mangrove berhasil diterbitkan melalui proses pendaftaran dan sertifikasi, tahapan berikutnya adalah menentukan skema perdagangan dan pasar karbon yang paling sesuai. Pemilihan skema perdagangan sangat menentukan keberhasilan monetisasi kredit karbon, tingkat risiko proyek, serta keberlanjutan manfaat ekonomi dan ekologis jangka panjang.

Dalam konteks Indonesia, perdagangan karbon mangrove dapat dilakukan melalui dua jalur utama, yaitu **pasar karbon regulasi (*compliance market*)** dan **pasar karbon sukarela (*voluntary carbon market*)**. Namun, hingga saat ini, pasar karbon sukarela menjadi jalur yang paling relevan dan fleksibel bagi proyek karbon mangrove, khususnya yang berbasis konservasi dan restorasi ekosistem pesisir.

Pasar karbon sukarela memungkinkan proyek mangrove menjual kredit karbon kepada korporasi, lembaga keuangan, maupun konsorsium internasional yang memiliki komitmen terhadap netralitas karbon, pengurangan jejak emisi (*carbon footprint reduction*), serta pemenuhan prinsip *Environmental, Social, and Governance* (ESG).

4.9.3.1 Model Transaksi Perdagangan Karbon Mangrove

Dalam praktik perdagangan karbon, terdapat dua model transaksi utama yang umum digunakan, yaitu model Spot Market dan model *Prepaid/Forward Contract*. Pemilihan model transaksi harus disesuaikan dengan tingkat kematangan proyek mangrove, kebutuhan pendanaan, serta profil risiko yang dapat diterima oleh pengelola proyek.

1) Model *Spot Market*

Model spot market merupakan skema jual beli kredit karbon yang dilakukan setelah unit karbon mangrove tersedia dan terdaftar secara resmi dalam

sistem registry, baik nasional (SRN PPI) maupun internasional (misalnya *Verra* atau *Gold Standard*). Pada model ini, seluruh tahapan teknis, mulai dari penetapan baseline, penerapan MRV, hingga verifikasi telah diselesaikan.

Model spot market memiliki tingkat risiko yang relatif rendah bagi pembeli karena kredit karbon telah terverifikasi dan siap dipindahtangankan. Namun, konsekuensinya, pengelola proyek harus menanggung seluruh biaya awal proyek secara mandiri. Model ini lebih sesuai untuk proyek mangrove yang telah matang, memiliki pendanaan internal yang kuat, serta bertujuan mengoptimalkan harga jual kredit karbon

2) Model *Prepaid / Forward Contract*

Model *prepaid* atau *forward contract* merupakan skema jual beli kredit karbon mangrove yang dilakukan sebelum unit karbon diterbitkan secara resmi. Dalam skema ini, pembeli memberikan pendanaan di awal proyek berdasarkan proyeksi hasil konservasi atau restorasi mangrove yang akan dicapai.

Model ini sangat relevan untuk proyek mangrove pada tahap awal atau proyek rehabilitasi aktif yang membutuhkan pendanaan awal untuk kegiatan penanaman, perlindungan kawasan, dan pemantauan. Meskipun harga jual per unit karbon umumnya lebih rendah dibandingkan *spot market*, model ini memberikan kepastian pendanaan dan akses pasar sejak awal.

4.9.3.2 Penentuan Harga Kredit Karbon Mangrove

Harga kredit karbon mangrove ditentukan oleh kombinasi berbagai faktor, antara lain kualitas proyek, standar sertifikasi yang digunakan, skema transaksi, serta dinamika pasar karbon global. Kredit karbon mangrove yang tersertifikasi melalui standar internasional seperti *Verra* (VCS), *Gold Standard*, atau *ART-TREES* umumnya memiliki daya saing dan nilai jual yang lebih tinggi di pasar global.

Secara umum, harga kredit karbon di pasar sukarela berada pada kisaran USD 3–30 per ton CO₂e. Namun, proyek mangrove dengan validasi yang kuat, sistem MRV yang transparan, serta manfaat tambahan (*co-benefits*) seperti perlindungan pesisir, keanekaragaman hayati, dan peningkatan ekonomi masyarakat lokal, sering kali memperoleh harga premium di atas rata-rata pasar.

Sebaliknya, untuk pasar domestik, kredit karbon mangrove yang terdaftar di SRN PPI dan memperoleh SPE-GRK lebih relevan bagi institusi dan perusahaan yang berkewajiban melaporkan kontribusi pengurangan emisi dalam kerangka NDC nasional.

4.9.3.3 Identifikasi Buyer Potensial

Pembeli kredit karbon mangrove berasal dari berbagai kelompok, antara lain:

- 1) **Korporasi multinasional** dengan komitmen netralitas karbon dan target ESG;
- 2) **Lembaga keuangan dan investor hijau** yang mengintegrasikan kredit karbon dalam portofolio investasi berkelanjutan;
- 3) **Pemerintah atau lembaga internasional** melalui mekanisme kerja sama bilateral atau skema ITMO.

Keberadaan **marketplace karbon digital** seperti *South Pole*, *Puro.Earth*, *Climate Impact X (CIX)*, dan *Patch* semakin mempermudah interaksi antara pengelola proyek mangrove dan calon pembeli. Platform ini juga berfungsi sebagai sarana transparansi dan penilaian kualitas proyek.

4.9.3.4 Strategi Penguatan Perdagangan Karbon Mangrove

Untuk memperkuat posisi proyek mangrove dalam perdagangan karbon, beberapa strategi kunci yang dapat diterapkan antara lain:

- 1) Mengombinasikan model transaksi *forward/prepaid* dan *spot market* sesuai tahapan proyek.
- 2) Mengintegrasikan pasar domestik dan internasional secara bertahap (*dual-pathway strategy*).

- 3) Menyusun dokumentasi teknis dan sosial yang kuat, transparan, dan mudah diakses oleh calon pembeli.
- 4) Memperkuat keterlibatan masyarakat lokal sebagai bagian dari nilai tambah proyek.
- 5) Melakukan diversifikasi buyer untuk mengurangi risiko fluktuasi pasar.

BAB 6

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

6.1 Kesimpulan

Simpulan dari penelitian Kajian Cadangan Karbon dan Serapan Emisi pada Hutan Mangrove di Kabupaten Tanah Laut.

1. Estimasi cadangan karbon pada vegetasi mangrove di kabupaten Tanah Laut sebagai berikut:
 - 1) Pada **mangrove kerapatan jarang**, cadangan karbon terbesar terdapat di **Kecamatan Takisung** sebesar **98.753,05 ton C**, diikuti oleh **Kecamatan Kintap** sebesar **39.567,38 ton C**.
 - 2) Pada **mangrove kerapatan sedang**, cadangan karbon terbesar juga terdapat di **Kecamatan Takisung** sebesar **307.996,94 ton C**, sedangkan **Kecamatan Jorong** memiliki cadangan karbon sebesar **228.210,37 ton C**.
 - 3) Pada **mangrove kerapatan lebat**, cadangan karbon terbesar terdapat di **Kecamatan Jorong** sebesar **233.668,06 ton C**, diikuti oleh **Kecamatan Takisung** sebesar **125.688,80 ton C**, dan **Kecamatan Bumi Makmur** sebesar **59.008,00 ton C**.
2. Estimasi serapan emisi CO₂ pada vegetasi mangrove di kabupaten Tanah Laut sebagai berikut:
 - 1) Serapan emisi **CO₂ pada mangrove kerapatan jarang** didominasi oleh **Kecamatan Takisung** dengan nilai **362.423,71 ton CO₂e**, sementara **Kecamatan Kintap** mencatat serapan sebesar **145.212,27 ton CO₂e**.
 - 2) Serapan emisi **CO₂ pada mangrove kerapatan sedang** juga didominasi oleh **Kecamatan Takisung** sebesar **1.130.348,77 ton CO₂e**, diikuti oleh **Kecamatan Jorong** sebesar **837.532,06 ton CO₂e**.
 - 3) Serapan emisi **CO₂ pada mangrove kerapatan lebat** tertinggi terdapat di **Kecamatan Jorong** sebesar **857.561,78 ton CO₂e**, disusul oleh **Kecamatan Takisung** sebesar **461.277,91 ton CO₂e**, dan **Kecamatan Bumi Makmur** sebesar **216.559,37 ton CO₂e**.

3. Total luas mangrove di Kabupaten Tanah Laut mencapai **5.419,38 hektar**, terdiri dari mangrove kerapatan **jarang** seluas **718,50 hektar**, **sedang** seluas **2.805,83 hektar**, dan **lebat** seluas **1.895,05 hektar**. Komposisi ini menunjukkan dominasi kerapatan sedang dan lebat dalam keseluruhan tutupan mangrove di wilayah tersebut.
4. Jenis-jenis mangrove yang ditemukan di Kabupaten Tanah Laut berjumlah 12 jenis, yaitu *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Avicennia officinalis*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Bruguiera sexangula*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba*, *Sonneratia caseolaris*, *Excoecaria agallocha*, *Nypah fruticans*, dan *Acanthus ilicifolius*.

6.2 Rekomendasi Pengelolaan Mangrove Kabupaten Tanah Laut:

1) Penguatan Kelembagaan dan Kolaborasi

- Mendorong sinergi antara pemerintah daerah, pemerintah desa, Pokdarwis, kelompok masyarakat pesisir, dan lembaga konservasi dalam pengelolaan kawasan mangrove.
- Membentuk kelembagaan pengelola mangrove dengan SOP yang jelas dan pembagian tugas yang terukur.

2) Pengembangan Ekowisata Mangrove Terpadu

- Mengembangkan paket wisata edukasi, interpretasi, dan konservasi mangrove yang memadukan jalur tracking, titik foto, dan pusat informasi.
- Menyediakan fasilitas pendukung seperti akses jalan, papan interpretasi, gazebo edukasi, dan menara pandang.

3) Edukasi dan Pemberdayaan Masyarakat

- Melaksanakan edukasi berkelanjutan tentang fungsi ekologis mangrove, mitigasi abrasi, dan pengurangan sampah.
- Menyelenggarakan pelatihan pengelolaan wisata, pemanduan, konservasi habitat, dan pengawasan kawasan.

4) Rehabilitasi dan Konservasi Mangrove

- Melakukan rehabilitasi rutin pada kawasan yang rusak dengan melibatkan masyarakat, sekolah, dan kelompok pemuda.

- Melindungi habitat biota ekonomis (kepiting, kerang, udang) melalui zonasi kawasan dan pengawasan berbasis masyarakat.

5) Pengembangan Produk Ekonomi Berbasis Mangrove

- Mengembangkan UMKM pesisir melalui pemanfaatan hasil tangkapan perikanan mangrove dan produk olahan lokal.
- Mengembangkan produk herbal berbasis tanaman mangrove dengan memanfaatkan **6 spesies tanaman obat** berikut:
 - a) *Avicennia marina* – antiinflamasi & antiseptik
 - b) *Avicennia officinalis* – obat demam & penyakit kulit
 - c) *Sonneratia alba* – antipiretik & antimikroba
 - d) *Excoecaria agallocha* – analgesik (penggunaan sangat hati-hati)
 - e) *Acanthus ilicifolius* – obat batuk, asma, rematik
 - f) *Nypa fruticans* – obat sakit kepala, demam, luka bakar, tonik kesehatan
- Mendorong pengembangan produk herbal kemasan dan pelatihan pengolahan berbasis standar keamanan pangan.

6) Penguatan Pengawasan dan Penegakan Aturan

- Menerapkan SOP zona konservasi, larangan penebangan liar, dan pembatasan alih fungsi lahan menjadi tambak.
- Pemasangan batas kawasan, kamera pengawas sederhana, dan patroli lingkungan berbasis Pokdarwis.

7) Pengelolaan Sampah dan Limbah Terintegrasi

- Mengembangkan sistem pengelolaan sampah desa berbasis bank sampah, edukasi zero waste, dan gerakan bersih pesisir.
- Menyusun regulasi desa dalam pengurangan sampah plastik dan penanganan limbah rumah tangga.

8) Mitigasi Risiko Pesisir dan Perubahan Iklim

- Memanfaatkan mangrove sebagai sabuk hijau alami untuk mengurangi abrasi, meredam gelombang, dan melindungi permukiman pesisir.
- Mengembangkan wisata edukasi mitigasi bencana pesisir dan perubahan iklim.

9) Pengembangan Trading Carbon Berbasis Mangrove

- Melakukan inventarisasi karbon (*carbon stock assessment*) secara berkala untuk menghitung potensi kredit karbon mangrove.
- Menyusun dokumen karbon sesuai standar MRV (*Measurement, Reporting, Verification*) sebagai dasar mengikuti skema perdagangan karbon nasional maupun internasional.
- Mengembangkan proyek Mangrove Blue Carbon bekerja sama dengan lembaga sertifikasi karbon agar Pemerintah Daerah dan desa dapat menjual carbon credit dari hasil penyerapan CO₂ mangrove.
- Memanfaatkan pendapatan carbon trading untuk:
 - a) rehabilitasi mangrove,
 - b) pemberdayaan masyarakat,
 - c) pembiayaan pengawasan kawasan,
 - d) pengembangan UMKM pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., Gunarso, P., & Wahyunto. (2016). Dinamika Penggunaan Lahan Gambut. In F. Agus, M. Anda, & A. Jamil (Eds.), *Lahan Gambut Indonesia: Pembentukan, Karakteristik, dan Potensi Ketahanan Pangan* (pp. 85-100). Jakarta: IAARD Press.
- Alfira, R. (2014). Identifikasi Potensi dan Strategi Pengembangan Ekowisata Mangrove pada Kawasan Suaka Marga Satwa Mampie di Kecamatan Wonomulyo. [Thesis, Universitas Hasanuddin].
- Ambarita, S.T., Basyuni, M., Sulistyono, N., Wati, R., Fitri, A., Slamet, B., Bunting, P., & Munir, E. (2018). Landscape planning and economic valuation of mangrove ecotourism using GIS and Google Earth Image. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 96, 6306-6317.
- Arif, A. (2021). *Masyarakat Adat dan Kedaulatan Pangan*. Jakarta: KPG (Kepustakaan Populer Gramedia).
- Asy'ari, M., dan Karim, A.A. (2012). *Pengukuran Kayu*. Fakultas Kehutanan. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Barbier, E.B., Hacker, S.D., Kennedy, C., Koch, E.W., Stier, A.C., & Silliman, B.R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*. 81, 169-193. doi:10.1890/10-1510.1
- Bengen, D.G. (2001). *Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan – Institut Pertanian Bogor. Bogor, Indonesia.
- Bengen, D.G. (2004). *Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. PKSPL-IPB.
- Brown, B. (2006). *Lima Tahap Rehabilitasi Mangrove, Mangrove Action Project dan Yayasan Akar Rumput Laut Indonesia*, Yogyakarta, Indonesia.
- Burger, D. (2003). *Making Sustainable Development a Reality: the Role of Social and Ecological Standards*. Germany: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- Cabrera, B.M.A., Seijo, C., Euan, J. (1998). Economic values of ecological services from a mangrove ecosystem. *Intercoast Network*. 32, 1-2.
- Chimner, R.A., Cooper, D.J., Wurster, F.C., & Rochefort, L. (2017). An overview of peatland restoration in North America: Where are we after 25 years? *Restoration Ecology*, 25(2), 283-292. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.12434>
- CIFOR. (2017). Cadangan karbon di lahan gambut. <https://core.ac.uk/download/pdf/193250939.pdf> (diakses 24 Juni 2024).
- Damanik, J., & Weber, H. F. (2006). *Perencanaan ekowisata*. PUSPAR UGM & Andi.

- Dewi, G.P., & Ginting, A.M. (2012). Antisipasi krisis pangan melalui kebijakan diversifikasi pangan. *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik*, 3(1), 97-118. <https://jurnal.dpr.go.id/index.php/ekp/article/view/172>
- FAO. (1994). *Mangrove forest management guidelines* (Forestry Paper No. 117). Rome: FAO.
- Hamid, I., Nugroho, A. R., Mahyuni, Muzaki, R. I., Fadiya, N. K., & Indrawan. (2023). The way of life and ecological thinking of the Jambu Baru community as a foundation for sustainable peatland management. *Jambura Geo Education Journal*. 4(2), 121-132. <https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/JGEJ/article/view/21703>
- Hairiah, K., & Rahayu, S. (2007). *Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan*. Bogor. World Agroforestry Centre-ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Indonesia.
- Kauffman, J. B., and Donato, D. C. (2012). *Protocols for the measurement, monitoring, and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests*. CIFOR Working Paper 86. Center for International Forest Research, Bogor, Indonesia.
- Khotimah, G.K., Sutikno, S., & Wijatmiko, I. (2020). Analisis pengaruh penyekatan kanal untuk pembahasan lahan gambut tropis. *Rekayasa Sipil*. 14(2), 129-135. <https://rekayasasipil.ub.ac.id/index.php/rs/article/view/680>
- Komiyama, A., Pongpan, S., & Kato, S. (2005). Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21(4):471- 477.
- Lugina, M., Ginoga, K. L., Wibowo, A., Bainnura, A., & Partiani, T. (2011). *Prosedur Operasi Standar (SOP) untuk pengukuran stok karbon di kawasan konservasi*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kementerian Kehutanan Indonesia.
- Najiyati, S., Muslihat, L., & Suryadiputra, I. N. N. (2005). *Panduan Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pertanian Berkelanjutan*. Bogor: Wetlands International - Indonesia Programme.
- Noor, Y.R., Khazali, M., Suryadiputra, I.N.N. (2006). *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Ditjen PHKA: Wetlands International, Indonsa Programme, Bogor.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2014 tentang *Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut*. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/5513/pp-no-71-tahun-2014>
- Ruitenbeek, J., (1992). *Mangrove management: An economic analysis of management options with a focus on Bintuni Bay, Irian Jaya*. Jakarta and Halifax.

- Sidik, F., Kusuma, D.W., Kadarisman, H.P., & Suhardjono. (2019). Panduan Mangrove: Survei Ekologi dan Pemetaan. Balai Riset dan Observasi Laut. Bali. 50 hal.
- Sutaryo, D. (2009). Penghitungan Biomassa: Sebuah Pengantar Untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon. Wetlands International Indonesia Progame. Bogor.