

**MODEL PENGELOLAAN AGROMARINEPOLITAN
BERKELANJUTAN BERBASIS *SILVOFISHERY*
(WANAMINA) DIPANTAI TIMUR
SUMATERA UTARA**

Disertasi
Sebagai Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Doktor
Program Studi Ilmu Pertanian



Oleh:
BAMBANG HENDRA SISWOYO
NPM. 211901002

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU PERTANIAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

Judul Disertasi: MODEL PENGELOLAAN AGROMARINEPOLITAN
BERKELANJUTAN BERBASIS *SILVOFISHERY*
(WANAMINA) DIPANTAI TIMUR SUMATERA UTARA

Nama : BAMBANG HENDRA SISWOYO
NPM : 211901002

Disetujui oleh

Promotor :

Prof. Dr. Ir, Hj. Siti Mardiana, M.Si



Co-Promotor

Prof. Dr. Ir. Hj. R. Sabrina, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi :

Prof. Ir. Zulkarnain Lubis, M.S, Ph.D



Direktur Pascasarjana :

Prof. Dr. Ir. Retna Astuti Kuswardani, M.Si



Tanggal Ujian: 11 Agustus 2025

Tanggal Lulus: 11 Agustus 2025

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam disertasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar keserjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka



Medan, Agustus 2025
Yang menyatakan

Bambang Hendra Siswoyo

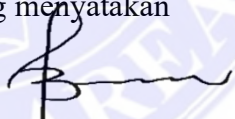
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI DESERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bambang Hendra Siswoyo
NPM : 211901002
Program Studi : Ilmu Pertanian
Fakultas : Pasca Sarjana
Jenis karya : Desertasi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non- exclusive Royalty – Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Model Pengelolaan Agromarinepolitan Berkelanjutan Berbasis *Silvofishery* (Wanamina) Dipantai Timur Sumatera Utara beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi, tesis/desertasi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 23 Oktober 2025
Yang menyatakan :


(Bambang Hendra Siswoyo)

ABSTRAK

MODEL PENGELOLAAN AGROMARINEPOLITAN BERKELANJUTAN BERBASIS SILVOFISHERY (WANAMINA) DI PANTAI TIMUR SUMATERA UTARA. BAMBANG HENDRA SISWOYO (NPM. 211901002). Tujuan penelitian ini adalah: 1. Mengidentifikasi kondisi dan potensi mangrove serta status pemanfaatan sumberdaya ikan sekitar pantai, 2. Menganalisis produksi perikanan tangkap, budidaya tambak silvofishery dan non silvofishery dalam pemanfaatan ekosistem mangrove, 3. Menganalisis nilai estimasi biomassa dan stok karbon pada Kawasan mangrove pantai timur Sumatera Utara, 4. Membuat model Dinamik pengelolaan Agromarinepolitan berkelanjutan berbasis silvofishery. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2022-Desember 2023, dengan lokasi pengambilan sampel di Kabupaten Langkat, Deli Serdang dan Serdang Bedagai. Data yang diperlukan meliputi karakteristik vegetasi mangrove, parameter fisika dan kimia lingkungan perairan, produksi serasah mangrove, dan data sekunder. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa *Rhizophora apiculata* memiliki kepadatan 2359-4208 ind/ha dengan kepadatan relatif antara 43,7-48,8 %. Nilai frekuensi dan frekuensi relatif tertinggi juga terdapat pada spesies *Rhizophora apiculata*, dan *Rhizophora mucronata* antara 0,67 – 1 dengan frekuensi relatif antara 25 – 44,4 %. Dominasi jenis dan dominasi relatif tertinggi *Rhizophora apiculata* sebesar 0,000010272 – 0,00001105 dengan dominasi relatif sebesar 23,07 – 40,25 %. Dengan demikian, kedua spesies ini merupakan spesies dengan indeks kepentingan tertinggi > 65 %. Analisis statistik dilakukan menggunakan koefisien korelasi Pearson untuk kepadatan mangrove dan produksi komoditas perikanan. Rata-rata kepadatan mangrove tertinggi terdapat di Kabupaten Langkat (3208,33 ind ha⁻¹), dan yang terendah ada di Deli Serdang (1761,11 ind ha⁻¹) rata-rata produksi komoditas perikanan tertinggi Kabupaten Langkat dengan udang 18500 ton dan ikan 10529 ton. Hasil korelasinya Analisis menunjukkan bahwa kepadatan mangrove berkorelasi kuat dengan produksi udang (0,996) dan ikan (0,997). Produksi serasah mangrove yang terdiri dari *Avicennia marina*, *Avicennia alba*, *Rhizophora mucronata* dan *Sonneratia alba* mencapai 3,56 g/m²/hari atau 12.492 kg/ha/thn. Potensi perikanan pesisir ekosistem tersebut mampu mendukung 1.134,01 kg/ha/thn dengan nilai mencapai Rp 27.016.978,57/ha/thn. Nilai aktual perikanan tangkap mencapai Rp 5.442.896.260/ha/thn dan budidaya Rp 8.012.608/ha/thn. Nilai estimasi total biomassa dan stok karbon pada kawasan mangrove pantai timur Sumatera Utara yaitu 17545,757 kg/m² atau setara dengan jumlah karbon tersimpan sebanyak 8452,51kg/m². Biomassa tertinggi terdapat pada daerah Serdang bedagai (7512,92 kg/m²) atau setara dengan jumlah karbon tersimpan sebanyak 3531,06 kg/m². Nilai biomassa dan simpanan karbon tidak berbanding lurus dengan nilai kerapatannya, dikarenakan nilai biomassa dan simpanan karbon dipengaruhi oleh diameter pohon dan kondisi tegakan pohon mangrove yang dominan. Pengukuran simpanan karbon pada penelitian ini hanya berdasarkan biomassa pohon bagian atas saja, Hasil simulasi model dinamik menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting, total nilai mangrove yang dimanfaatkan tidak lestari dan terus menurun. Sementara itu, rehabilitasi mangrove minimal 2,27 ha/tahun dapat mempertahankan nilai keberlanjutan mangrove yang dimanfaatkan. Produksi serasah mangrove yang terdiri dari *Avicennia marina*, *Avicennia alba*, *Rhizophora mucronata* dan *Sonneratia alba* mencapai 3,47 g/m²/hari atau 12.492 kg/ha/thn.

Kata Kunci :agromarinepolitan, ekonomi, ekosistem, mangrove, perikanan

ABSTRACT

SUSTAINABLE AGROMARINEPOLITAN MANAGEMENT MODEL BASED ON SILVOFISHERY (WANAMINA) ON THE EAST COAST OF NORTH SUMATERA. BAMBANG HENDRA SISWOYO (NPM. 211901002).

The objectives of this study are: 1. To identify the condition and potential of mangroves and the status of utilization of fish resources around the coast, 2. To analyze the production of capture fisheries, silvofishery and non-silvofishery pond cultivation in the utilization of mangrove ecosystems, 3. To analyze the estimated value of biomass and carbon stocks in the mangrove area of the east coast of North Sumatra, 4. To create a dynamic model of sustainable Agromarinepolitan management based on silvofishery. The study was conducted in August 2022-December 2023, with sampling locations in Langkat, Deli Serdang and Serdang Bedagai Regencies. The data required include the characteristics of mangrove vegetation, physical and chemical parameters of the aquatic environment, mangrove litter production, and secondary data. The calculation results show that *Rhizophora apiculata* has a density of 2359-4208 ind/ha with a relative density of between 43.7-48.8%. The highest frequency and relative frequency values are also found in the species *Rhizophora apiculata*, and *Rhizophora mucronata* between 0.67 - 1 with a relative frequency between 25 - 44.4%. The highest species dominance and relative dominance of *Rhizophora apiculata* are 0.000010272 - 0.00001105 with a relative dominance of 23.07 - 40.25%. Thus, these two species are species with the highest importance index > 65%. Statistical analysis was carried out using the Pearson correlation coefficient for mangrove density and fishery commodity production. The highest average mangrove density is found in Langkat Regency (3208.33 ind ha⁻¹), and the lowest is in Deli Serdang (1761.11 ind ha⁻¹). The highest average fishery commodity production in Langkat Regency is 18,500 tons of shrimp and 10,529 tons of fish. The results of the correlation analysis show that mangrove density is strongly correlated with shrimp production (0.996) and fish (0.997). Mangrove litter production consisting of *Avicennia marina*, *Avicennia alba*, *Rhizophora mucronata* and *Sonneratia alba* reaches 3.56 g/m²/day or 12,492 kg/ha/year. The coastal fisheries potential of this ecosystem is able to support 1,134.01 kg/ha/year with a value reaching IDR 27,016,978.57/ha/year. The actual value of capture fisheries reaches IDR 5,442,896,260/ha/year and aquaculture Rp 8,012,608/ha/year. The estimated total biomass and carbon stock value in the mangrove area of the east coast of North Sumatra is 17,545.757 kg/m² or equivalent to the amount of carbon stored as much as 8,452.51 kg/m². The highest biomass is found in the Serdang Bedagai area (7,512.92 kg/m²) or equivalent to the amount of carbon stored as much as 3,531.06 kg/m². The biomass and carbon storage values are not directly proportional to the density values, because the biomass and carbon storage values are influenced by the diameter of the tree and the condition of the dominant mangrove tree stands. The measurement of carbon storage in this study was only based on the upper tree biomass. The results of the dynamic model simulation show that in existing conditions, the total value of the mangroves utilized is not sustainable and continues to decline. Meanwhile, mangrove rehabilitation of at least 2.27 ha/year can maintain the sustainability value of the utilized mangroves. Mangrove litter production consisting of *Avicennia marina*, *Avicennia alba*, *Rhizophora mucronata* and *Sonneratia alba* reached 3.47 g/m²/day or 12,492 kg/ha/year.

Keywords: agromarinepolitan, economy, ecosystem, mangrove, fisheries

RINGKASAN

BAMBANG HENDRA SISWOYO, NPM 211901002. MODEL PENGELOLAAN AGROMARINEPOLITAN BERKELANJUTAN BERBASIS SILVOFISHERY (WANAMINA) DIPANTAI TIMUR SUMATERA UTARA, SITI MARDIANA, SABRINA. Kompleksitas persoalan pengelolaan sumberdaya pesisir yang mencakup degradasi mangrove, *overfishing*, dan ketidakpastian *stock* sumberdaya berimbas pada ketidakpastian produksi, sehingga diperlukan suatu model pengelolaan secara berkelanjutan.

Tujuan penelitian adalah: 1, Mengidentifikasi kondisi dan potensi mangrove serta status pemanfaatan sumberdaya ikan sekitar pantai, 2. Menganalisis produksi perikanan tangkap, budidaya tambak silvofishery dan non silvofishery dalam pemanfaatan ekosistem mangrove, 3. Menganalisis nilai estimasi biomassa dan stok karbon pada Kawasan mangrove pantai timur Sumatera Utara, 4. Membuat model Dinamik pengelolaan agromarinepolitan berkelanjutan berbasis silvofishery.

Metode penelitian meliputi: Pengumpulan data primer mangrove dilakukan dengan cara : Observasi Lapangan. - Wawancara mendalam dengan responden yang dipilih secara *purposive sampling* dengan pertimbangan bisa berkomunikasi dan memberikan informasi akurat sesuai dengan panduan wawancara Responden adalah staf instansi terkait, Petambak *silvofishery*,

Spesies mangrove yang terdapat di pantai timur Sumatera Utara, yaitu : *R. apiculata*, *R. mucronata*, *A. alba*, *A. marina*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Bruguiera cylindrica*, dan *Sonneratia alba*. Jenis mangrove yang memiliki nilai kerapatan jenis tertinggi adalah jenis *R. apiculata* (9008,34 ind/ha). Sedangkan jenis mangrove yang memiliki simpanan karbon tertinggi adalah jenis *Rhizophora mucronata* (2267,05 kg/m²).

Kerapatan berkorelasi kuat dengan produksi perikanan udang dan ikan. Ekosistem mangrove di lokasi penelitian terdiri dari *A. marina*, *A. alba*, *Rhizophora mucronata* dan *Sonneratia alba* menghasilkan serasah sebesar 3.56 g/m²/hari atau 12492 kg/ha/th. Potensi perikanan budidaya tambak udang sebesar 91833 ton/th dan perikanan tangkap sebesar 8756 ton/th. Hasil simulasi model pada kondisi eksisting (rehabilitasi mangrove 0.7 ha/th), nilai total pemanfaatan mangrove tidak berkelanjutan karena terus mengalami penurunan. Sedangkan rehabilitasi mangrove minimal di atas 2.27 ha/th menghasilkan nilai ekonomi yang berkelanjutan. Biomassa tertinggi terdapat pada daerah Serdang bedagai (7512,92 kg/m²) atau setara dengan jumlah karbon tersimpan sebanyak 3531,06 kg/m². Nilai biomassa dan simpanan karbon tidak berbanding lurus dengan nilai kerapatannya, dikarenakan nilai biomassa dan simpanan karbon dipengaruhi oleh diameter pohon dan kondisi tegakan pohon mangrove yang dominan di lokasi tersebut. Hasil simulasi model dinamik menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting, total nilai mangrove yang dimanfaatkan tidak lestari dan terus menurun. Sementara itu, rehabilitasi mangrove minimal 2,27 ha/tahun dapat mempertahankan nilai keberlanjutan mangrove yang dimanfaatkan. Produksi serasah mangrove yang terdiri dari *A. marina*, *A. alba*, *R. mucronata* dan *Sonneratia alba* mencapai 3,47 g/m²/hari atau 12.492 kg/ha/thn. Rehabilitasi mangrove perlu mempertimbangkan komposisi spesies agar menghasilkan potensi perikanan yang dapat didukung secara optimal dan meningkatkan nilai total pemanfaatan mangrove. Kepadatan, kepadatan relatif, frekuensi, frekuensi relatif, dominasi, dan dominasi relatif dihitung untuk memperoleh nilai indeks kepentingan masing-masing spesies.

SUMMARY

BAMBANG HENDRA SISWOYO, NPM 211901002. SUSTAINABLE AGROMARINEPOLITAN MANAGEMENT MODEL BASED ON SILVOFISHING (WANAMINA) ON THE EAST COAST OF NORTH SUMATERA, SITI MARDIANA, SABRINA. The complexity of coastal resource management issues that include mangrove degradation, overfishing, and uncertainty of resource stocks have an impact on production uncertainty, so a sustainable management model is needed. The objectives of the study are: 1. To identify the condition and potential of mangroves and the status of utilization of fish resources around the coast, 2. To analyze the production of capture fisheries, silvofishery and non-silvofishery pond cultivation in the utilization of mangrove ecosystems, 3. To analyze the estimated value of biomass and carbon stocks in the mangrove area of the east coast of North Sumatra, 4. To create a dynamic model of sustainable agromarinepolitan management based on silvofishery. Research methods include: Primary mangrove data collection is carried out by: Field Observation. - In-depth interviews with respondents selected by purposive sampling with the consideration of being able to communicate and provide accurate information according to the interview guide. Respondents are staff of related agencies, Silvofishery farmers, Mangrove species found on the east coast of North Sumatra, namely: *R. apiculata*, *R. mucronata*, *A. alba*, *A. marina*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Bruguiera cylindrica*, and *Sonneratia alba*. The type of mangrove with the highest density value is the type *R. apiculata* (9008.34 ind / ha). While the type of mangrove with the highest carbon storage is the type *Rhizophora mucronata* (2267.05 kg / m²). Density is strongly correlated with shrimp and fish fishery production. The mangrove ecosystem at the research location consists of *A. marina*, *A. alba*, *Rhizophora mucronata* and *Sonneratia alba* producing litter of 3.56 g/m²/day or 12492 kg/ha/year. The potential for shrimp pond aquaculture is 91833 tons/year and capture fisheries is 8756 tons/year. The results of the model simulation in existing conditions (mangrove rehabilitation 0.7 ha/year), the total value of mangrove utilization is not sustainable because it continues to decline. While mangrove rehabilitation of at least 2.27 ha/year produces sustainable economic value. The highest biomass is found in the Serdang Bedagai area (7512.92 kg/m²) or equivalent to the amount of stored carbon of 3531.06 kg/m². The biomass and carbon storage values are not directly proportional to the density values, because the biomass and carbon storage values are influenced by the diameter of the tree and the condition of the dominant mangrove stands at that location. The results of the dynamic model simulation show that in existing conditions, the total value of mangroves utilized is not sustainable and continues to decline. Meanwhile, mangrove rehabilitation of at least 2.27 ha/year can maintain the sustainable value of mangroves utilized. Mangrove litter production consisting of *A. marina*, *A. alba*, *R. mucronata* and *Sonneratia alba* reached 3.47 g/m²/day or 12,492 kg/ha/year. Mangrove rehabilitation needs to consider species composition in order to produce optimally supported fisheries potential and increase the total value of mangrove utilization. Density, relative density, frequency, relative frequency, dominance, and relative dominance are calculated to obtain the importance index value of each species.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis sanjungkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan disertasi yang berjudul **”MODEL PENGELOLAAN AGROMARINEPOLITAN BERKELANJUTAN BERBASIS SILVOFISHERY (WANAMINA) DIPANTAI TIMUR SUMATERA UTARA”**.

Dalam penyusunan laporan disertasi ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan materil maupun dukungan moril dan membimbing (penulis) dari berbagai pihak. Untuk itu penghargaan dan ucapan terima kasih disampaikan kepada:

1. Rektor Universitas Medan Area, Prof. Dr. Ir. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc.
2. Direktur Pascasarjana Universitas Medan Area, Prof. Dr. Ir. Hj. Retna Astuti Kuswardani, MS
3. Ketua Program Studi Doktor Ilmu Pertanian Universitas Medan Area, Prof. Dr. Ir. Zulkarnain Lubis, MS, Ph.D.
4. Promotor Prof. Dr. Ir. Hj. Siti Mardiana, M.Si
5. Co-promotor, Prof. Dr. Ir. Hj. R. Sabrina, M.Si
6. Kepada Ibunda dan Istri, Ananda serta seluruh keluarga.
7. Rekan-rekan mahasiswa Pascasarjana Program Doktor Ilmu Pertanian Universitas Medan Area seangkatan 2021.
8. Seluruh staf/pegawai Pascasarjana Universitas Medan Area

Akhirnya atas perhatian dan bantuan dari semua pihak penulis ucapkan terima kasih. Kami menyadari bahwa laporan disertasi ini masih jauh dari sempurna, karena itu saran dan perbaikannya akan sangat kami harapkan. Semoga disertasi ini bermanfaat dan memperkaya khasanah ilmu pengetahuan.

Medan, Agustus, 2025

Bambang Hendra Siswoyo

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
RINGKASAN	vi
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	11
1.3. Tujuan Penelitian	15
1.4. Manfaat Penelitian.....	15
1.5. Ruang Lingkup Penelitian.....	15
1.6. Keaslian Penelitian	17
II. LANDASAN TEORI	18
2.1. Tinjauan Pustaka	18
2.1.1. Sumberdaya Pesisir.....	18
2.1.2. Keterkaitan Ekosistem Mangrove dengan Perikanan	19
2.1.3. Perikanan Laut	20
2.1.4. Hutan Mangrove	21
2.1.5. Kerusakan Sumberdaya Alam Wilayah Pesisir	48
2.1.6. Pembangunan Berkelanjutan	48
2.1.7. Ekonomi Biru.....	52
2.1.8. Perubahan Iklim dan Karbon	55
2.1.9. Konsep Pengelolaan Tambak Ramah Lingkungan	63
2.1.10. Silvofishery (Wanamina)	64
2.1.11. Agromarinepolitan	68
2.2. Kerangka Berpikir.....	69
2.3. Hipotesis	74
III. METODE.....	75
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	75
3.2. Alat dan Bahan.....	76
3.3. Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data (opsional)	77
3.3.1. Data Primer	77
3.3.2. Data Sekunder.....	78
3.4. Prosedur Kerja	78

IV. HASIL PENELITIAN	93
4.1. Kondisi Dan Potensi Mangrove Serta Status Pemanfaatan Sumberdaya Ikan Sekitar Pantai	93
4.1.1. Kerapatan Jenis	106
4.1.2. Komposisi Mangrove	113
4.2. Korelasi Kerapatan Ekosistem Mangrove Terhadap Produksi Perikanan di Pantai Timur Sumatera Utara	116
4.2.1. Karakteristik Vegetasi Ekosistem Mangrove	118
4.2.2. Parameter Fisika Kimia Lingkungan Perairan	122
4.2.3. Hubungan Antara Karakteristik Vegetasi Ekosistem Mangrove Dengan Komposisi Sedimen	123
4.2.4. Produksi Sarasah dan Potensi Perikanan	124
4.2.5. Perubahan Luas Ekosistem Mangrove	125
4.2.6. Pemanfaatan Ekosistem Mangrove	126
4.3. Estimasi Biomassa Stok Karbon Mangrove Bagian Atas	130
4.4. Model Dinamik Pengelolaan Agromarinepolitan	136
V. PEMBAHASAN UMUM	141
5.1. Kondisi dan Potensi Vegetasi Mangrove Serta Status Pemanfaatan Sumberdaya Ikan Sekitar Pantai	141
5.1.1. Kerapatan Jenis	145
5.1.2. Komposisi Ekosistem Mangrove	149
5.2. Korelasi Kerapatan Ekosistem Mangrove Terhadap Produksi Perikanan di Pantai Timur Sumatera Utara	153
5.2.1. Karakteristik Vegetasi Ekosistem Mangrove	154
5.2.2. Parameter Fisika Kimia Lingkungan Perairan	154
5.2.3. Produksi Sumber Daya Perikanan	155
5.2.4. Hubungan Antara Karakteristik Vegetasi Ekosistem Mangrove Dengan Komposisi Sedimen	158
5.2.5. Produksi Sarasah dan Potensi Perikanan	159
5.2.6. Perubahan Luas Ekosistem Mangrove	160
5.2.7. Pemanfaatan Ekosistem Mangrove	160
VI. SIMPULAN DAN REKOMENDASI	168
6.1. Simpulan	168
6.2. Rekomendasi	169
DAFTAR PUSTAKA	171

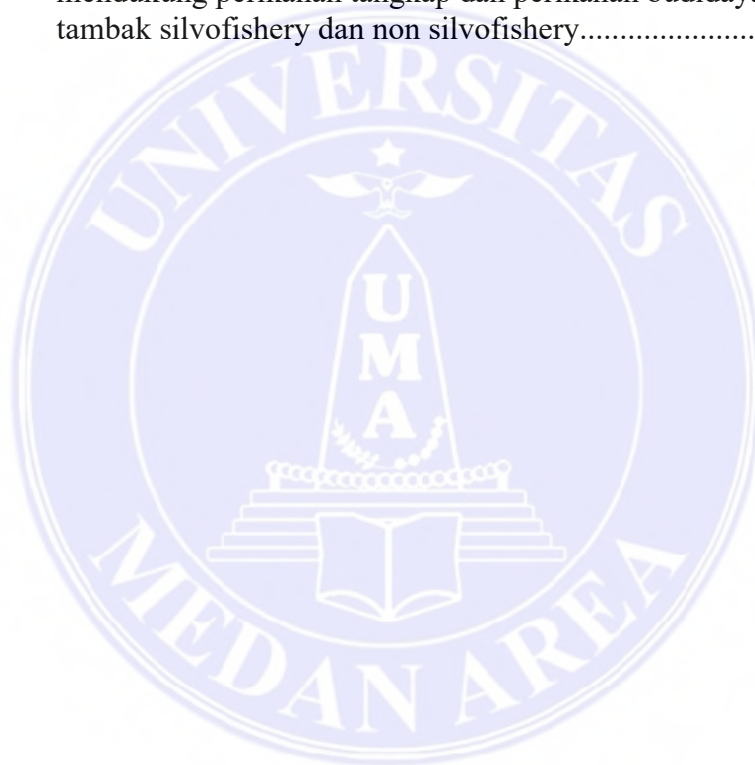
DAFTAR TABEL

Tabel 1. Performa produksi perikanan tangkap di sekitar mangrove	6
Tabel 2. Performa produksi perikanan budidaya di sekitar mangrove	6
Tabel 3. Jumlah rumah tangga budidaya menurut tempat budidaya.....	7
Tabel 4. Jumlah perahu penangkap ikan berdasarkan jenis alat tangkap.....	7
Tabel 5. Definisi sumber karbon berdasarkan ipcc guidelines	62
Tabel 6. Titik koordinat pengambilan data	75
Tabel 7. Beberapa parameter dan peralatan yang digunakan.....	77
Tabel 8. Model persamaan allometrik biomassa pohon.....	83
Tabel 9. Kebutuhan <i>stakeholders</i> untuk pengelolaan mangrove dan perikanan di pantai timur sumatera utara	89
Tabel 10. Formulasi permasalahan pada pengelolaan agromarinepolitan	90
Tabel 11. Komposisi jenis mangrove yang ditemukan di tiap stasiun.....	94
Tabel 12. Kriteria kerapatan mangrove (kepmen lh no.201 tahun 2004)	106
Tabel 13. Nilai total kerapatan mangrove hasil penelitian.....	107
Tabel 14. Nilai kerapatan mangrove pada setiap stasiun lokasi penelitian.....	107
Tabel 15. Komposisi dan kerapatan mangrove.....	109
Tabel 16. Komposisi jenis mangrove yang ditemukan di tiap stasiun.....	114
Tabel 17. Nilai kerapatan mangrove pada masing-masing stasiun.....	115
Tabel 18. Produksi perikanan sekitar mangrove di lokasi penelitian.....	117
Tabel 19. Hubungan antara kerapatan mangrove dengan produksi udang dan ikan.....	118
Tabel 20. Kerapatan dan komposisi vegetasi mangrove.....	118
Tabel 21. Komposisi jenis mangrove dan berat serasah yang dihasilkan per jenis berdasarkan hasil penelitian	120
Tabel 22. Perbandingan produksi serasah pada lokasi yang berbeda	121
Tabel 23. Parameter fisika-kimia lingkungan perairan pada setiap stasiun penelitian	123
Tabel 24. Komposisi jenis mangrove dan berat serasah yang dihasilkan per jenis berdasarkan hasil penelitian	123
Tabel 25. Perbedaan produksi serasah perbedaan jenis dan kerapatan.....	124
Tabel 26. Produksi perikanan tangkap di lokasi penelitian.....	126
Tabel 27. Persebaran luas area pertambakan pada lokasi penelitian	128
Tabel 28. Luas tambak, jumlah petambak dan produksi perikanan di lokasi penelitian	128
Tabel 29. Nilai total biomassa dan stok karbon	130
Tabel 30. Estimasi biomassa dan stok karbon mangrove bagian atas	132
Tabel 31. Komposisi jenis mangrove dan berat serasah yang dihasilkan per jenis berdasarkan hasil penelitian	138
Tabel 32. Presentase komposisi jenis mangrove yang berbeda- beda.....	138
Tabel 33. Prediksi produksi perikanan tahun 2031	139

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Total stok karbon (aboveground~permukaan; belowground ~ bawah) pada beberapa ekosistem hutan di dunia, sebagai komparasi; (catatan = belowground pada informasi ini mencakup akar diatas dan dibawah permukaan tanah) (Sumber : IPCC, 2001, Donato et al).....	4
Gambar 2.	Kerangka perumusan masalah dan strategi penyelesaian masalah	13
Gambar 3.	Lingkup penelitian.....	16
Gambar 4.	Zonasi mangrove	23
Gambar 5.	Kerangka hubungan mangrove dengan perikanan	27
Gambar 6.	Proporsi kondisi existing area mangrove di dunia dan area di asia selatan dan asia tenggara (sumber : islam and haque 2004).....	32
Gambar 7.	Pengaruh mangrove terhadap daya dukung dan pertumbuhan ikan.....	36
Gambar 8.	Hipotesis hubungan antara luasan mangrove (m) dengan hasil produksi tambak (q_t) dan produksi perikanan tangkap sekitar pantai (h_f)	39
Gambar 9.	Bentuk pembangunan berkelanjutan	49
Gambar 10.	Bentuk sigita pembangunan berkelanjutan	51
Gambar 11.	Ilustrasi grafik penyebab utama gas rumah kaca	56
Gambar 12.	Siklus karbon (c-cycle), menunjukkan bahwa konsentrasi CO ₂ di udara dapat diminimasi oleh peran utama tumbuhan dengan kemampuan fotosintesisnya	57
Gambar 13.	Ilustrasi manfaat hutan mangrove yang sangat strategis dalam aspek ekologis, dan salah satunya adalah menurunkan kadar gas karbondioksida di udara.....	58
Gambar 14.	Tumbuhan dan kaitannya dengan emisi karbondioksida	60
Gambar 15.	Ilustrasi karbon pools pada pohon mangrove yang terdiri atas aboveground, belowground, litter dan soil	63
Gambar 16.	Pola empang parit.....	66
Gambar 17.	Empat parit yang disempurnakan	67
Gambar 18.	Model komplangan (selang – seling)	68
Gambar 19.	Kerangka berpikir.....	73
Gambar 20.	Lokasi penelitian di pantai timur sumatera utara	76
Gambar 21.	Arah jalur transek sejajar laut.....	79
Gambar 22.	Pengukuran plot dilokasi penelitian	80
Gambar 23.	Pengukuran diameter mangrove.....	82
Gambar 24.	Diagram <i>input output</i> : model dinamik pengelolaan agromarinepolitan	92
Gambar 25.	Diagram alir (causal loop diagram) model dinamik pengelolaan agromarinepolitan berbasis silvofishery	92
Gambar 26.	Daun dan perakaran <i>avicennia alba</i>	95
Gambar 27.	Daun dan perakaran <i>avicennia marina</i>	97
Gambar 28.	Daun dan perakaran <i>rhizophora apiculata</i>	99
Gambar 29.	Daun dan perakaran <i>rhizophora mucronate</i>	100
Gambar 30.	Daun dan perakaran <i>sonneratia alba</i>	102

Gambar 31. Daun dan perakaran <i>bruguiera gymnorhiza</i>	104
Gambar 32. Daun dan perakaran <i>bruguiera cylindrical</i>	105
Gambar 33. Nilai kerapatan setiap stasiun penelitian	108
Gambar 34. Nilai total kerapatan setiap spesies mangrove.....	110
Gambar 35. Sebaran diversitas dan nilai kerapatan mangrove	111
Gambar 36. Nilai kerapatan mangrove di lokasi penelitian.....	114
Gambar 37. Nilai simpanan karbon setiap spesies pada setiap stasiun.....	134
Gambar 38. Nilai estimasi simpanan karbon dari setiap spesies mangrove	135
Gambar 39. Simulasi model dinamik pengelolaan ekosistem mangrove untuk mendukung perikanan tangkap, budidaya tambak silvofishery dan budidaya tambak non silvofishery di pantai timur sumatera utara.	140
Gambar 40. Model dinamik pengelolaan ekosistem mangrove untuk mendukung perikanan tangkap dan perikanan budidaya tambak silvofishery dan non silvofishery.....	140



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kuesioner	178
Lampiran 2 Hasil Analisis Ekosistem Mangrove di Masing – Masing Lokasi	187
Lampiran 3 Nilai Kerapatan Ekosistem Mangrove Berdasarkan Jenis.....	191
Lampiran 4 Kofisien Mangrove di Tiga Kabupaten	194
Lampiran 5 Data Hubungan Kerapatan Mangrove dengan Produksi Perikanan	195
Lampiran 6 Data Hubungan Kerapatan Mangrove dengan Nilai Karbon.....	197
Lampiran 7 Dokumentasi	199



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Provinsi Sumatera Utara merupakan salah satu wilayah pesisir di Indonesia yang terletak pada rentang koordinat 1° – 4° Lintang Utara dan 98° – 100° Bujur Timur. Secara geografis, provinsi ini memiliki garis pantai yang langsung bersinggungan dengan perairan laut, serta berbatasan dengan dua provinsi lainnya. Di bagian utara, wilayah ini bersepadan dengan Provinsi Aceh, sedangkan di timur berbatasan dengan Selat Malaka yang juga berfungsi sebagai batas alami dengan Malaysia. Adapun di sebelah selatan, Provinsi Sumatera Utara bertetangga dengan Provinsi Riau dan Sumatera Barat, sementara sisi baratnya langsung menghadap ke Samudera Hindia (BPS, 2020).

Ditinjau dari aspek geografis dan kondisi alamnya, luas total wilayah Provinsi Sumatera Utara mencapai sekitar 181.680 km², yang terdiri atas 71.680 km² (39,5%) wilayah daratan dan 110.000 km² (60,5%) wilayah perairan. Provinsi ini memiliki garis pantai sepanjang kurang lebih 1.300 km. Secara administratif, Provinsi Sumatera Utara dapat dibedakan menjadi tiga kawasan utama, yaitu Pantai Barat, Dataran Tinggi, dan Pantai Timur. Wilayah Pantai Barat meliputi Kabupaten Nias, Nias Utara, Nias Barat, Mandailing Natal, Tapanuli Selatan, Padang Lawas, Padang Lawas Utara, Tapanuli Tengah, Nias Selatan, serta Kota Padangsidimpuan, Kota Sibolga, dan Kota Gunungsitoli. Kawasan Dataran Tinggi mencakup Kabupaten Tapanuli Utara, Toba Samosir, Simalungun, Dairi, Karo, Humbang Hasundutan, Pakpak Bharat, Samosir, serta Kota Pematangsiantar. Sementara itu, wilayah Pantai Timur terdiri atas Kabupaten Labuhanbatu, Labuhanbatu Utara, Labuhanbatu Selatan, Asahan, Batu Bara, Deli Serdang, Langkat, Serdang Bedagai, Tanjung Balai, serta Kota Tebing Tinggi, Kota Medan, dan Kota Binjai. Panjang garis pantai kawasan timur tercatat sejauh 545 km, sedangkan pantai barat membentang sepanjang 375 km. Di sisi lain, Pantai Pulau Nias memiliki panjang sekitar 380 km dan mencakup sebanyak 419 pulau (BPS, 2020).

Pelaksanaan otonomi daerah telah membawa dampak yang cukup signifikan terhadap tata kelola pembangunan di tingkat lokal. Pendelegasian otonomi kepada pemerintah daerah pada dasarnya ditujukan untuk mempercepat peningkatan kesejahteraan masyarakat melalui optimalisasi pelayanan publik, pemberdayaan,

serta pelibatan aktif masyarakat. Dengan kewenangan yang diberikan, diharapkan pemerintah daerah mampu memperkuat daya saing berbasis potensi keunggulan wilayahnya, dengan tetap berlandaskan pada prinsip demokrasi, pemerataan, keadilan, dan pembangunan berkelanjutan. Melalui penerapan otonomi, permasalahan di tingkat lokal diharapkan dapat diatasi secara mandiri dengan memanfaatkan instrumen kewenangan yang tersedia. Selain itu, otonomi daerah juga mendorong pemerintah daerah untuk terus berinovasi dalam mengelola serta mengembangkan potensi unggulan demi meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan meminimalisasi hambatan yang dapat mengganggu jalannya pembangunan. Oleh karena itu, pemerintah daerah sepatutnya melakukan evaluasi menyeluruh terhadap kebijakan, strategi, maupun pendekatan pembangunan yang telah diterapkan, serta menggali karakteristik potensi sumber daya unggulan sebagai dasar dalam penyusunan rencana pembangunan (Kusumastanto T, 2003).

Dalam konteks pengembangan wilayah pesisir Pantai Timur Sumatera Utara, yang membentang luas dengan kekayaan sumber daya hayati terbarukan, potensi yang tersedia, baik dari sisi kuantitas maupun keanekaragaman, tampak masih belum dimanfaatkan secara maksimal. Kondisi ini sesungguhnya membuka peluang strategis untuk menjadikan kawasan tersebut sebagai salah satu pilar utama dalam mendorong pertumbuhan ekonomi sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat di masa depan. Di samping itu, keberlimpahan potensi di sektor perikanan, pertanian, perkebunan, peternakan, dan kehutanan di Provinsi Sumatera Utara semakin memperkuat landasan bagi perumusan dan pengembangan ekonomi daerah yang berorientasi pada prinsip keberlanjutan (Harefa et al., 2020).

Pembangunan sendiri merupakan proses yang bersifat multidimensional, yang mencakup perubahan dalam struktur sosial, pergeseran pola pikir dan perilaku masyarakat, serta pembaruan dalam sistem kelembagaan nasional. Di dalamnya juga termuat upaya untuk mendorong pertumbuhan ekonomi, menekan kesenjangan pendapatan, dan menanggulangi kemiskinan. Demi tercapainya tujuan pembangunan yang ideal, arah kebijakan pembangunan suatu negara sebaiknya difokuskan pada tiga hal mendasar: pertama, memperluas ketersediaan serta pemerataan distribusi kebutuhan pokok bagi masyarakat; kedua, meningkatkan mutu hidup serta kesejahteraan penduduk; dan ketiga, memperbesar kapasitas

masyarakat dalam mengakses berbagai aktivitas ekonomi maupun sosial dalam kehidupan sehari-hari (Taurusman AA, 2012).

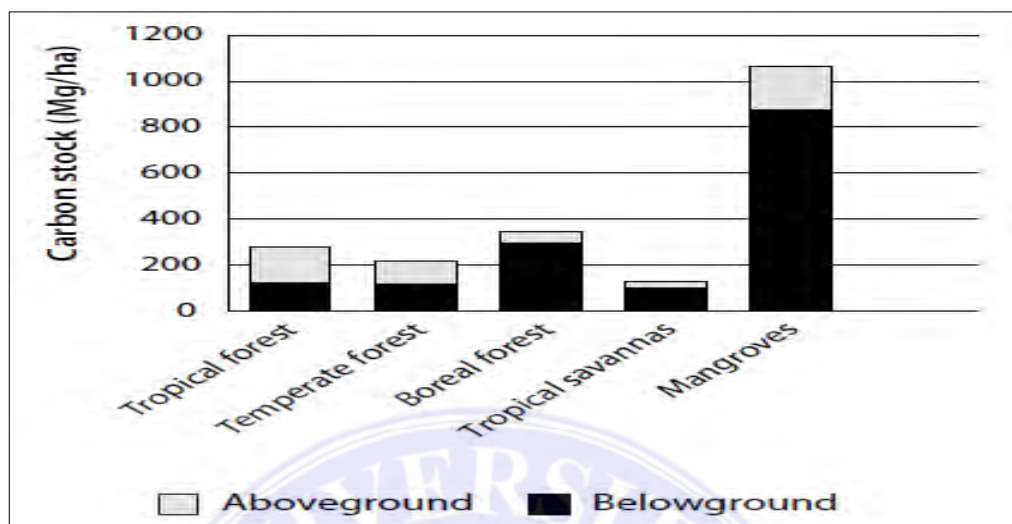
Kebijakan pembangunan kelautan Nasional dibangun dari 5 pilar utama yang terdiri dari Budaya Bahari (*Ocean Culture*), Tata Kelola di Laut (*Ocean Governance*), Pertahanan, Keamanan Dan Keselamatan di Laut (*Maritime Security*), Ekonomi Kelautan (*Ocean Economy*) dan Lingkungan Laut (*Marine Environment*). Kedua pilar ekonomi dan lingkungan inilah yang menjadi komponen inti dalam konsep Ekonomi Biru, karena pada dasarnya Ekonomi Biru adalah paradigma pembangunan ekonomi yang berazaskan pada prinsip-prinsip ekosistem (Pranomo S dan Brojonegoro, 2015).

Konsep *Blue Economy* muncul sebagai pendekatan inovatif yang mendorong pelaku usaha untuk memanfaatkan model bisnis ekonomi biru sebagai peluang strategis dalam memperluas investasi dan kegiatan ekonomi yang tidak hanya menguntungkan secara finansial, tetapi juga berfokus pada keberlanjutan lingkungan. Pendekatan ini menitikberatkan pada pemanfaatan sumber daya alam yang lebih efisien tanpa menimbulkan kerusakan ekosistem, melalui penerapan sistem produksi yang ramah lingkungan dan hemat energi. Dengan demikian, diharapkan dapat tercipta nilai tambah ekonomi yang lebih besar, memperluas kesempatan kerja, serta mendistribusikan manfaat secara lebih adil kepada seluruh pihak yang terlibat.

Lahirnya konsep Ekonomi Biru berangkat dari keprihatinan terhadap tantangan global yang ditimbulkan oleh sistem ekonomi konvensional yang cenderung eksploitatif dan merusak lingkungan. Kerusakan ekologi yang terjadi tidak hanya disebabkan oleh limbah industri, tetapi juga akibat praktik pemanfaatan sumber daya alam yang melebihi daya dukung lingkungan untuk keberlanjutan jangka panjang. Meski berbagai prinsip seperti efisiensi penggunaan sumber daya (*resource efficiency*), rendah emisi karbon (*low carbon*), dan inklusivitas sosial (*social inclusiveness*) telah diperkenalkan serta mulai diterapkan, upaya tersebut pada kenyataannya masih belum sepenuhnya mampu membendung perilaku manusia dalam mengeksploitasi alam secara berlebihan.

Salah satu service lingkungan oleh hutan mangrove yang masih sedikit diketahui, adalah kemampuannya untuk menyimpan karbon (*carbon storage*). Ternyata penelitian dari Donato, et al. 2011, Kauffman, et al., 2011) memberikan hasil yang cukup mencengangkan, dimana ekosistem hutan mangrove mampu

mengungguli ekosistem hutan lainnya termasuk ekosistem hutan tropis dalam hal *Total ecosystem carbon pools*, seperti gambar 1 berikut :



Gambar 1. Total stok karbon (aboveground~permukaan; belowground~bawah) pada beberapa ekosistem hutan di dunia, sebagai komparasi; (catatan=belowground pada informasi ini mencakup akar diatas dan dibawah permukaan tanah) (Sumber : IPCC, 2001, Donato et al)

Berdasarkan ilustrasi tersebut, terlihat bahwa ekosistem hutan mangrove memiliki kemampuan menyimpan karbon lebih dari 1.000 ton per hektare, jumlah ini hampir empat kali lipat lebih besar dibandingkan dengan hutan hujan tropis. Meskipun mangrove dikenal efektif dalam asimilasi dan penyerapan karbon dengan laju yang tinggi, informasi terkait total cadangan karbon pada seluruh ekosistem ini masih sangat terbatas. Kondisi serupa juga terjadi pada data cadangan karbon di beberapa komponen, khususnya pada biomassa pohon, yang hingga saat ini masih jarang dilaporkan.

Hutan mangrove memiliki peran ganda, yakni berfungsi sebagai penyerap (*sink*) sekaligus penyumbang (*source*) emisi karbon. Di Indonesia, keberadaan mangrove sangat penting karena mencakup sekitar 23% dari total luasan mangrove di dunia (Giri et al., 2011). Penelitian yang dilakukan oleh Murdiyarso et al. (2015) mengungkapkan bahwa hutan mangrove di Indonesia mampu menyimpan cadangan karbon hingga lima kali lebih banyak per hektare dibandingkan dengan hutan tropis dataran tinggi, dengan total cadangan karbon mencapai 3,14 miliar metrik ton (PgC). Sebagian besar karbon tersebut (78%) tersimpan di lapisan tanah, sementara 20% berada pada pohon hidup, akar, dan biomassa, dan sisanya (2%)

tersimpan pada pohon mati atau yang tumbang. Daun dan ranting mangrove yang gugur akan mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme, sehingga menjadi salah satu sumber utama bahan organik pada sedimen mangrove (Suryono et al., 2018). Kendati demikian, potensi besar ini menghadapi ancaman serius, mengingat Indonesia telah kehilangan sekitar 40% luas mangrove selama tiga dekade terakhir (FAO, 2008), menjadikannya negara dengan tingkat kerusakan mangrove tertinggi di dunia (Campbell & Brown, 2015).

Dalam penelitiannya, Harefa (2020) menyebutkan bahwa sekitar 90% kawasan hutan mangrove di Sumatera Utara berada dalam kondisi rusak cukup parah. Kerusakan tersebut sebagian besar dipicu oleh alih fungsi lahan menjadi perkebunan kelapa sawit seluas kurang lebih 12.000 hektare, serta konversi menjadi tambak yang mencakup sekitar 10.000 hektare. Selain itu, menurut data para ahli lingkungan, dalam kurun waktu tiga dekade terakhir, ekosistem mangrove di sepanjang wilayah Aceh Timur hingga Deli Serdang mengalami kehilangan hingga 60 persen, sehingga hanya tersisa sekitar 40 persen, itupun belum tentu dalam kondisi baik. Ironisnya, meskipun menjadi penyebab utama kerusakan, aktivitas dapur arang di sepanjang pesisir Pantai Timur Sumatera Utara masih terus berlangsung. Padahal dari sisi legalitas, pengelolaan hutan mangrove di wilayah tersebut dipastikan tidak memiliki izin resmi. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2021 mengenai sebaran mangrove di Sumatera Utara, tercatat bahwa luas hutan mangrove yang tersisa hanya sekitar 57.490 hektare (Purba, 2020).

Penyusutan luas kawasan hutan mangrove di Sumatera Utara secara nyata berdampak pada penurunan hasil produksi perikanan. Kondisi ini semakin diperburuk dengan pesatnya perkembangan sektor perdagangan, industri, dan permukiman di wilayah Sumatera Utara yang berpotensi menjadi sumber pencemaran (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Ruslan (1986), ditemukan adanya korelasi yang signifikan antara lebar jalur hijau pesisir dengan tingkat produksi udang, baik dari sistem budidaya tradisional maupun dari hasil tangkapan nelayan sekitar. Luasan hutan mangrove diketahui berperan penting dalam meningkatkan hasil perikanan, termasuk udang, ikan, kepiting, dan tiram. Temuan ini

menunjukkan bahwa produktivitas udang sangat dipengaruhi oleh keberadaan dan kelimpahan vegetasi mangrove di kawasan pesisir.

Ekosistem mangrove turut memengaruhi hasil perikanan tangkap serta produksi budidaya melalui sistem tambak silvofishery. Dalam praktik silvofishery, mangrove juga menghasilkan produk sampingan yang memberikan dampak positif, meskipun secara khusus hubungan dengan hasil utama menunjukkan korelasi yang cenderung negatif. Kendati demikian, secara keseluruhan keberadaan ekosistem mangrove tetap memberi manfaat langsung (direct benefit) yang signifikan (Haris et al., 2013).

Orizal (2010) mengungkapkan bahwa kerusakan ekosistem mangrove di pesisir timur Sumatera Utara secara langsung berkontribusi pada penurunan volume hasil tangkapan ikan serta menyusutnya keanekaragaman spesies ikan. Diperkirakan sekitar 65,7% jenis ikan kini semakin langka atau sulit ditemukan, sementara 27,5% lainnya bahkan sudah tidak lagi tertangkap. Situasi ini berdampak signifikan terhadap kesejahteraan nelayan, yang pendapatannya dilaporkan menurun hingga 40,5%. Penurunan kualitas ekosistem mangrove juga sejalan dengan berkurangnya hasil perikanan tangkap di wilayah perairan sekitar Kabupaten Langkat, Deli Serdang, dan Serdang Bedagai, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Performa Produksi Perikanan Tangkap di Sekitar Mangrove

Kabupaten	Produksi Perikanan Tangkap Sekitar Mangrove (ton)					
	Udang			Ikan		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Langkat	969	94	0	33634,69	34069,40	35105,17
Deli Serdang	1209	1804	117	40175,97	36587,49	28048,81
Sergai	0	20	0	24181,55	26459,98	29857,96

Sumber: Statistik DKP Propinsi Sumatera Utara 2023

Sedangkan Produksi perikanan budidaya diperairan sekitar mangrove Kabupaten Langkat, Deli Serdang dan Serdang Bedagai dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Performa Produksi Perikanan Budidaya di Area Mangrove

Kabupaten	Produksi Perikanan Budidaya di Area Mangrove (ton)					
	Udang			Ikan		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Langkat	20712	17477	16342	30,905	29,009	27,988
Deli Serdang	2154	1255	804	5,609	5,030	5,345
Sergai	9696	9696	9696	8,9128	8,461	8,497

Sumber: Statistik DKP Propinsi Sumatera Utara 2023

Walaupun kelestarian hutan mangrove terus menghadapi ancaman, berbagai aktivitas perusakan masih berlangsung, bahkan kadang terjadi dengan skala dan intensitas yang kian meningkat. Informasi mengenai luas maupun dinamika perubahan tutupan hutan mangrove menjadi aspek penting sebagai dasar pengelolaan sumber daya pesisir yang berkelanjutan. Akan tetapi, data yang tersedia kerap simpang siur, sehingga menyulitkan proses perencanaan (Gumilar I, 2010).

Secara umum, kerusakan hutan mangrove terjadi akibat konversi lahan oleh masyarakat sekitar menjadi area pemukiman maupun pertambakan tanpa mempertimbangkan keseimbangan dan keberlanjutan ekosistem mangrove. Degradasi ekosistem ini menjadi faktor utama perubahan keanekaragaman hayati di kawasan pesisir, yang berdampak pada fungsi ekologi, kesehatan masyarakat, serta kondisi sosial ekonomi. Pengelolaan mangrove melalui pendekatan silvofishery berpotensi memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat setempat, sehingga perlu dikembangkan secara optimal dan berkelanjutan (Gumilar, 2010).

Jumlah rumah tangga Budidaya Perikanan sekitar mangrove dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Rumah Tangga Pembudidaya Berdasarkan Lokasi Budidaya

Kabupaten	Jumlah Rumah Tangga Pembudidaya Berdasarkan Lokasi Budidaya		
	Tambak	Jaring Apung	Keramba
Langkat	2015	0	0
Deli Serdang	460	2	23
Serdang Bedagai	259	0	0

Sumber: Statistik DKP Sumatera Utara 2023

Jumlah perahu penangkap ikan di kawasan sekitar mangrove berdasarkan kategori dan kabupaten dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi Jumlah Perahu Penangkap Ikan Berdasarkan Jenis Alat Tangkap

Kabupaten	Jumlah Perahu Penangkap Ikan Menurut Kategori		
	Jukung	Perahu Papan	Motor Tempel
Langkat	48	267	750
Deli Serdang	54	2670	1767
Serdang Bedagai	61	348	17

Sumber: Statistik DKP Sumatera Utara 2023

Silvofishery merupakan sistem budidaya tambak berbasis teknologi tradisional yang memadukan aktivitas perikanan dengan penanaman mangrove,

serta menerapkan prinsip pengelolaan yang menekan penggunaan input dan meminimalkan dampak terhadap lingkungan. *Silvofishery* merupakan pendekatan yang menggabungkan antara pengelolaan ekosistem mangrove dengan aktivitas budidaya perikanan, menjadikannya sebagai bentuk usaha tambak yang tidak hanya memiliki prospek ekonomi menjanjikan, tetapi juga sejalan dengan prinsip ekonomi biru. Integrasi ini menawarkan strategi konservasi yang bersifat holistik, sekaligus memungkinkan pemanfaatan sumber daya mangrove secara berkelanjutan untuk menjaga kualitas lingkungan hutan dan mendatangkan keuntungan dari kegiatan budidaya di wilayah perairan payau.

Dalam upaya merealisasikan visi dan misi pembangunan nasional sekaligus mendukung program Nawacita yang menjadi mandat Presiden, Kementerian Kelautan dan Perikanan terus berkomitmen memperkuat sektor kelautan dan perikanan melalui berbagai kebijakan strategis. Kebijakan tersebut dijalankan dengan berlandaskan pada tiga pilar utama, yakni kedaulatan, keberlanjutan, dan kesejahteraan. Salah satu fokus utamanya adalah mendorong kemandirian dalam pengelolaan serta pemanfaatan sumber daya kelautan dan perikanan melalui peningkatan kapasitas nasional, termasuk penegakan hukum di wilayah perairan, guna mendukung terwujudnya kedaulatan ekonomi.

Pemanfaatan ekosistem mangrove melalui pendekatan silvofishery terbukti mampu memberikan kontribusi ekonomi bagi masyarakat pesisir, sehingga perlu dikembangkan secara optimal dan berkesinambungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi bandeng di tambak silvofishery dapat mencapai 66,12 g/m², jauh lebih tinggi dibandingkan tambak konvensional non-silvofishery yang hanya menghasilkan 28,37 g/m². Selain itu, keberadaan mangrove di area silvofishery juga berkontribusi dalam meningkatkan keanekaragaman ikan dan krustasea yang masuk secara alami ke tambak. Temuan ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam mendukung produktivitas budidaya perikanan, baik sebagai penghasil serasah yang kemudian terdekomposisi menjadi pakan alami oleh mikroorganisme, maupun sebagai habitat untuk berlindung, mencari makan, tumbuh besar, dan memijah bagi berbagai biota akuatik.

Yudi et al. (2015) juga menegaskan bahwa secara biologis, ekosistem mangrove berfungsi sebagai penyedia unsur hara, kawasan pemijahan, sekaligus habitat pembesaran bagi berbagai jenis biota perairan seperti ikan, udang, kerang, dan organisme lainnya. Tingkat produktivitasnya yang tinggi menjadikan area tambak silvofishery kaya akan bahan organik, yang mendukung fungsi mangrove sebagai spawning ground, feeding ground, dan nursery ground bagi spesies tertentu. Daun mangrove yang gugur menjadi sumber utama bahan organik yang kemudian diurai oleh bakteri dan jamur menjadi unsur hara terlarut. Unsur hara ini dimanfaatkan oleh fitoplankton sebagai pakan zooplankton, yang selanjutnya menjadi pakan alami bagi larva ikan dan krustasea. Rangkaian proses ini membentuk rantai makanan khas ekosistem mangrove (Antonius P. Rumengan, 2019).

Produktivitas tambak non-silvofishery pada umumnya lebih rendah, yang diduga disebabkan oleh keterbatasan pakan alami di dalamnya. Selain itu, kadar oksigen terlarut (DO) pada tambak non-silvofishery hanya berada di kisaran 3 mg/l, masih di bawah ambang optimal 4 mg/l yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan ikan secara maksimal. Rendahnya kadar DO ini berdampak pada penurunan nafsu makan ikan sehingga laju pertumbuhannya terhambat, meskipun ikan masih dapat bertahan hidup (Nadia et al., 2016).

Penelitian Antonius (2019) menunjukkan bahwa semakin luas tutupan mangrove di kawasan tambak, semakin tinggi pula hasil produksinya. Pada beberapa skala tutupan mangrove (80%, 70%, dan 50%) dibandingkan dengan tambak tanpa mangrove, produksi ikan bandeng dan udang windu tertinggi dicapai pada tambak dengan tutupan mangrove 80%, sedangkan tambak non-silvofishery tidak menghasilkan udang sama sekali. Dengan asumsi bahwa luas lahan dan kepadatan penebaran benih sama, tambak *silvofishery* terbukti mampu menghasilkan produksi hingga dua kali lipat dibandingkan tambak *non-silvofishery*. Kondisi ini berimplikasi pada pendapatan petambak silvofishery yang tercatat tiga kali lebih besar, seiring dengan tingginya volume panen, harga jual ikan, serta tambahan hasil tangkapan liar yang diperoleh dari ekosistem mangrove di sekitar tambak.

Menurut Yudhi et al. (2019), ekosistem mangrove memiliki kontribusi yang signifikan terhadap hasil tangkapan perikanan, dengan proporsi masing-masing sebesar 30% untuk ikan, 27% untuk kepiting, 23% untuk kerang, 50% untuk benur, dan 40% untuk nener. Dalam konteks pengelolaan pesisir Pantai Timur Sumatera Utara, penerapan model agromarinopolitan dinilai sebagai alternatif strategis yang mendukung keberlanjutan. Melalui pengembangan inovasi teknologi agromarinopolitan, ketersediaan stok ikan di sekitar zona penangkapan (*fishing ground*), area pemijahan (*spawning ground*), dan kawasan pembesaran (*nursery ground*) dapat ditingkatkan secara efektif, sehingga kawasan tersebut berfungsi sebagai "bank ikan" yang menyediakan induk, benih, dan suplai ikan konsumsi bagi masyarakat pesisir. Pengelolaan laut secara terpadu dengan pendekatan ini difokuskan pada upaya pembenihan dan budidaya ikan di tambak sebagai strategi peningkatan produksi serta pemenuhan kebutuhan pasar domestik.

Studi yang dilakukan oleh Nadia et al. (2016) menunjukkan bahwa implementasi teknologi agromarinopolitan secara terpadu memberikan dampak positif terhadap peningkatan hasil produksi pangan berbasis perikanan. Selain mendorong penerapan model pengelolaan tersebut di tingkat komunitas lokal, pendekatan ini juga menghasilkan data strategis mengenai zona penangkapan ikan (*fishing ground*) dari aspek spasial dan temporal. Temuan tersebut turut memperkuat upaya pengelolaan sumber daya perikanan secara menyeluruh, mulai dari kawasan hulu hingga ke wilayah hilir.

Sebagai bentuk dukungan terhadap agenda pemerintah dalam mendorong peningkatan produksi perikanan, pengembangan model agromarinopolitan perlu dilaksanakan secara berkesinambungan dan bertahap. Dalam konteks ini, penerapan inovasi dalam sarana produksi serta sistem pengelolaan berbasis silvofishery diyakini mampu mereduksi potensi konflik kepentingan dalam pemanfaatan ruang kawasan pesisir. Pendekatan ini juga sejalan dengan ketentuan dalam Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya, serta diperkuat melalui Peraturan Pemerintah Nomor 60 Tahun 2007 mengenai Konservasi Sumber Daya Ikan.

Sejumlah penelitian terdahulu telah menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara ekosistem mangrove dan sektor perikanan tangkap, sebagaimana

diungkapkan oleh Martosubroto dan Naamin (1977), Barbier (2000, 2003), Lee (2004), Islam dan Haque (2005), serta beberapa studi lainnya. Selain itu, keterkaitan antara mangrove dan kegiatan budidaya tambak juga telah dibahas secara luas, termasuk oleh Fahrudin (1996), Muluk C. (2000), Mardawati (2004), Primavera (2005), dan sejumlah peneliti lainnya. Kendati demikian, sebagian besar kajian tersebut masih bersifat parsial, sehingga belum banyak yang membahas secara menyeluruh hubungan antara komponen mangrove (M), perikanan tangkap (F), dan budidaya tambak (A) dalam satu pendekatan terpadu seperti silvofishery. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang secara eksplisit mengintegrasikan ketiga unsur tersebut. Pendekatan holistik ini diyakini dapat menunjang keberlanjutan sektor perikanan tangkap dan tambak, sekaligus menjaga keseimbangan ekosistem mangrove. Hasil dari penelitian diharapkan mampu memberikan rekomendasi strategis untuk pengelolaan pesisir yang berkelanjutan.

Untuk itulah perlu dilakukan penelitian tentang Model Pengelolaan Agromarinepolitan Secara Berkelanjutan Berbasis *Silvofishery* di Pantai Timur Sumatera Utara.

1.2. Perumusan Masalah

Kerumitan dalam pengelolaan sumber daya pesisir mencakup berbagai persoalan seperti degradasi hutan mangrove, penangkapan ikan berlebihan (*overfishing*), penurunan cadangan karbon, serta ketidakpastian stok sumber daya, yang pada akhirnya berdampak pada fluktuasi produksi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang bersifat holistik untuk meninjau pengelolaan sumber daya pesisir agar dapat berkelanjutan. Kompleksitas sistem pengelolaan ini tercermin dari banyaknya unsur penyusun yang saling berkaitan satu sama lain. Masalah mendasar yang perlu segera diatasi adalah degradasi ekosistem mangrove serta penurunan populasi ikan di wilayah pesisir akibat pengelolaan yang kurang optimal. Permasalahan tersebut perlu diselesaikan melalui perancangan model pengelolaan yang tepat. Penelitian ini secara khusus menitikberatkan pada permasalahan degradasi mangrove yang disebabkan oleh aktivitas pembangunan yang berdampak pada perikanan tangkap di wilayah pesisir (*nearshore fishery*), serta pada usaha budidaya ikan dan udang. Selain itu, stok ikan juga diduga telah mengalami

penurunan. Hubungan antara ekosistem mangrove dan sektor perikanan akan dianalisis melalui pendekatan korelasi interaksi.

Kerusakan yang terjadi pada sumber daya mangrove serta populasi udang dan ikan dapat dijelaskan lebih rinci sebagai berikut:

1. Degradasi ekosistem hutan mangrove

Secara umum, terdapat tiga kategori lahan yang mengalami degradasi mangrove, yang diklasifikasikan berdasarkan faktor penyebabnya, yaitu:

- a. Degradasi mangrove yang diduga terkait dengan permasalahan kelembagaan dalam pengelolaan silvofishery. Pembagian proporsi antara area mangrove (M) dan area tambak (T) belum mampu menciptakan insentif yang memotivasi petambak untuk tetap mempertahankan mangrove. Hal ini memicu kecenderungan petambak menebang mangrove demi memperluas area tambak. Pengaturan proporsi lahan mangrove dan tambak (m_1) agar mampu mencegah penebangan mangrove masih menjadi tantangan, khususnya pada lahan yang berada di bawah kewenangan Perhutani.
- b. Degradasi mangrove juga dipengaruhi oleh lemahnya mekanisme pengawasan serta belum optimalnya penegakan hukum terkait pemanfaatan sempadan sungai dan kawasan pesisir. Akibatnya, praktik konversi kawasan mangrove menjadi lahan tambak masih terus berlangsung hingga saat ini.
- c. Di kalangan sebagian besar petambak masih berkembang anggapan bahwa keberadaan mangrove di dalam area tambak (dalam praktik budidaya tambak) justru menambah biaya pengelolaan, misalnya meningkatkan risiko predator ikan atau udang, serta mempersulit proses panen. Meskipun demikian, petambak tradisional umumnya masih berharap memperoleh hasil sampingan berupa benih alami yang masuk ke tambak. Oleh karena itu, pengaturan proporsi lahan mangrove terhadap total luasan tambak (m_2) yang dapat mendorong keterlibatan petambak dalam menjaga mangrove tetap menjadi tantangan tersendiri, terutama pada lahan milik pribadi.

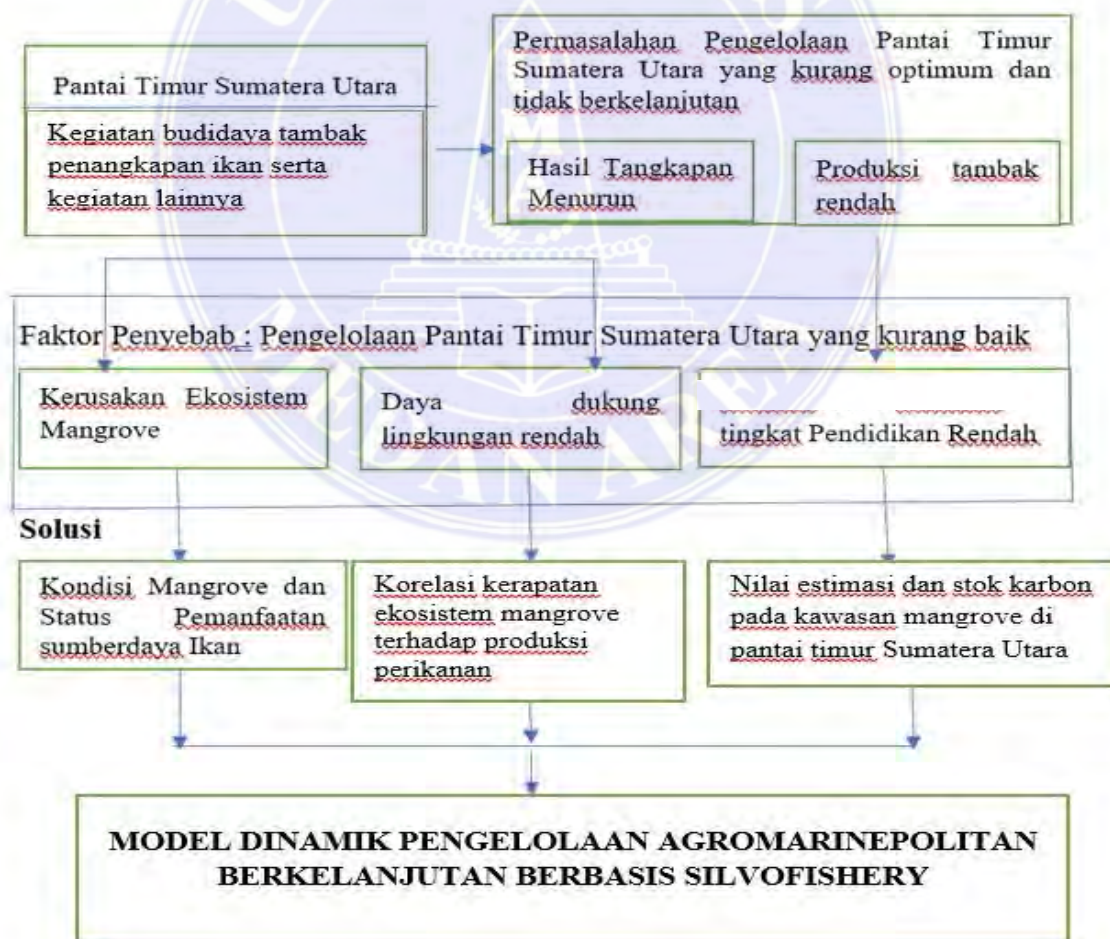
Hutan mangrove memiliki peran yang sangat strategis dalam menyediakan berbagai jasa ekosistem, khususnya sebagai sumber pasokan ikan dan udang yang mendukung aktivitas perikanan tangkap di kawasan pesisir (*nearshore fishery*). Selain itu, keberadaan mangrove juga menjadi elemen penting bagi praktik

budidaya perikanan tradisional berbasis *silvofishery*. Dalam konteks ini, ekosistem mangrove dapat dianggap sebagai komponen utama yang menopang kedua bentuk aktivitas perikanan tersebut. Perluasan kawasan mangrove sebagai input akan meningkatkan ketersediaan biota perairan (menambah daya dukung/*carrying capacity*), sehingga pada akhirnya mampu menurunkan biaya pemanfaatan sumber daya karena lokasi penangkapan (*fishing ground*) menjadi lebih dekat ke garis pantai. Situasi ini berkontribusi pada peningkatan hasil tangkapan sekaligus penurunan biaya operasional, yang sangat berarti terutama di tengah tingginya harga bahan bakar sebagai salah satu komponen biaya terbesar. Oleh karena itu, pengelolaan perikanan tangkap sebaiknya tidak hanya menerapkan pendekatan pengelolaan habitat berbasis ekosistem (*ecosystem-based management*), tetapi juga dilengkapi dengan pendekatan konvensional melalui kebijakan perikanan yang dapat memengaruhi perilaku nelayan dalam mengatur penggunaan input (*effort*). Sementara itu, dalam praktik budidaya tambak, kehadiran mangrove berkontribusi terhadap ketersediaan unsur hara, perbaikan kualitas air, serta pasokan tambahan udang atau ikan sebagai hasil sampingan.

(2) Degradasi sumberdaya ikan sekitar pantai

Pengelolaan perikanan tangkap di kawasan pesisir timur Sumatera Utara saat ini menunjukkan tanda-tanda ketidakberlanjutan. Selain disebabkan oleh kerusakan habitat perikanan, penurunan kualitas juga terjadi akibat kapasitas penangkapan yang telah melampaui daya dukung sumber daya. Fenomena *tragedy of the commons* muncul karena sistem pengelolaan sumber daya ikan di wilayah pesisir masih menerapkan pola akses terbuka (*open access*). Pola ini mendorong terjadinya eksploitasi berlebihan (*over capacity*), yang tercermin dari meningkatnya intensitas penangkapan (*effort*) tanpa diimbangi oleh hasil tangkapan per satuan upaya (*catch per unit effort*) yang justru menurun. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kebijakan pengelolaan perikanan yang diterapkan pemerintah daerah belum sepenuhnya mendukung tata kelola yang optimal sebagaimana diamanatkan dalam konsep hasil ekonomi maksimum atau *maximum economic yield* (MEY) (Hamdan, 2020).

Merujuk pada uraian tersebut, terdapat tiga persoalan utama yang dapat diidentifikasi. Pertama, terjadinya degradasi ekosistem mangrove sebagai habitat ikan, yang berdampak pada penurunan stok ikan dan berpengaruh terhadap kelangsungan usaha penangkapan ikan skala kecil maupun budidaya tambak tradisional. Kedua, kapasitas penangkapan ikan yang melebihi daya dukung (*overcapacity*). Ketiga, berkurangnya luasan mangrove yang berdampak pada penurunan cadangan karbon yang dapat diserap. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya pesisir yang mengintegrasikan keterkaitan antara sektor perikanan dan ekosistem mangrove (*fishery-mangrove linkages*) perlu dilakukan melalui pendekatan terpadu yang menggabungkan pengelolaan perikanan dengan pengelolaan ekosistem mangrove. Dalam konteks ini, penentuan luasan mangrove harus mempertimbangkan kebutuhan untuk mendukung aktivitas perikanan tangkap di wilayah pesisir serta usaha budidaya tambak berbasis *silvofisery*.



Gambar 2. Kerangka Rumusan Masalah dan Upaya Penyelesaiannya

Rehabilitasi ekosistem mangrove merupakan salah satu strategi kunci dalam upaya memulihkan stok sumber daya ikan. Langkah ini dapat dilakukan melalui penerapan model tata kelola wilayah pesisir yang mendorong peningkatan proporsi tutupan mangrove dibandingkan dengan total luas lahan pesisir yang tersedia (*available land*) dan dikelola oleh berbagai lembaga. Pendekatan ini ditujukan untuk memperkuat keberlanjutan pembangunan pesisir secara menyeluruh.

Secara teoritis, analisis *optimally managed fishery* memungkinkan untuk diterapkan, namun implementasinya di lapangan seringkali menemui hambatan yang berkaitan dengan aspek sosial, ekonomi, maupun kelembagaan pengelolaan. Oleh karena itu, pendekatan *maximum economic yield* (MEY) perlu diintegrasikan dengan kerangka kelembagaan agar tujuan pengelolaan yang optimal dapat tercapai. Fakta di lapangan mengenai degradasi mangrove, menurunnya stok ikan, serta kendala dalam penerapan konsep *optimally managed fishery* akan diatasi melalui penyusunan skenario model pengelolaan agromarinepolitan berbasis *silvofishery*. Pendekatan ini akan diuji melalui simulasi menggunakan analisis sistem dinamik untuk mengevaluasi berbagai alternatif pengelolaan beserta dampaknya terhadap kinerja sistem. Dengan demikian, kondisi degradasi yang mencerminkan pengelolaan yang belum optimal dapat dicari solusinya agar kinerja pengelolaan menjadi lebih baik. Rumusan masalah beserta strategi penyelesaiannya dapat dilihat pada Gambar 2.

Perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya kemudian dituangkan ke dalam bentuk pertanyaan penelitian (*research questions*) sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi serta potensi ekosistem mangrove, dan bagaimana status pemanfaatan sumber daya ikan dan udang di perairan pesisir? Apakah terdapat indikasi penangkapan ikan yang berlebihan (*overfishing*) dan gejala degradasi sumber daya?
2. Bagaimana perbandingan hasil produksi perikanan antara tambak dengan sistem *silvofishery* dan tambak *non-silvofishery*?
3. Berapa estimasi nilai biomassa di atas permukaan tanah (*above-ground biomass*) beserta stok karbon yang tersimpan di kawasan mangrove Pantai Timur Sumatera Utara?
4. Bagaimana proyeksi kinerja perikanan tangkap serta budidaya tambak, baik

berbasis *silvofishery* maupun *non-silvofishery*, di masa depan apabila terjadi perubahan luasan mangrove berdasarkan hasil simulasi model dinamis?

1.3. Tujuan Penelitian

Secara umum, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kondisi dan potensi ekosistem mangrove serta status pemanfaatan sumber daya ikan dan udang di kawasan pesisir.
2. Menganalisis hasil produksi perikanan tangkap, tambak *silvofishery*, dan tambak *non-silvofishery* dalam konteks pemanfaatan ekosistem mangrove.
3. Menentukan estimasi nilai biomassa dan stok karbon pada kawasan mangrove di Pantai Timur Sumatera Utara.
4. Menyusun Model Dinamis Pengelolaan Agromarinepolitan Berkelanjutan berbasis *Silvofishery*.

1.4. Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi pemerintah, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam merumuskan kebijakan terkait pengelolaan agromarinepolitan di kawasan Pantai Timur Sumatera Utara.
2. Bagi masyarakat, penelitian ini dapat menambah wawasan serta memberikan masukan mengenai pemanfaatan ekosistem mangrove sebagai dasar budidaya tambak *silvofishery* di wilayah tersebut.
3. Bagi peneliti lain, temuan ini dapat dijadikan sumber literasi sekaligus bahan pertimbangan atau pembandingan untuk pengembangan riset lanjutan terkait pengelolaan agromarinepolitan di Pantai Timur Sumatera Utara.

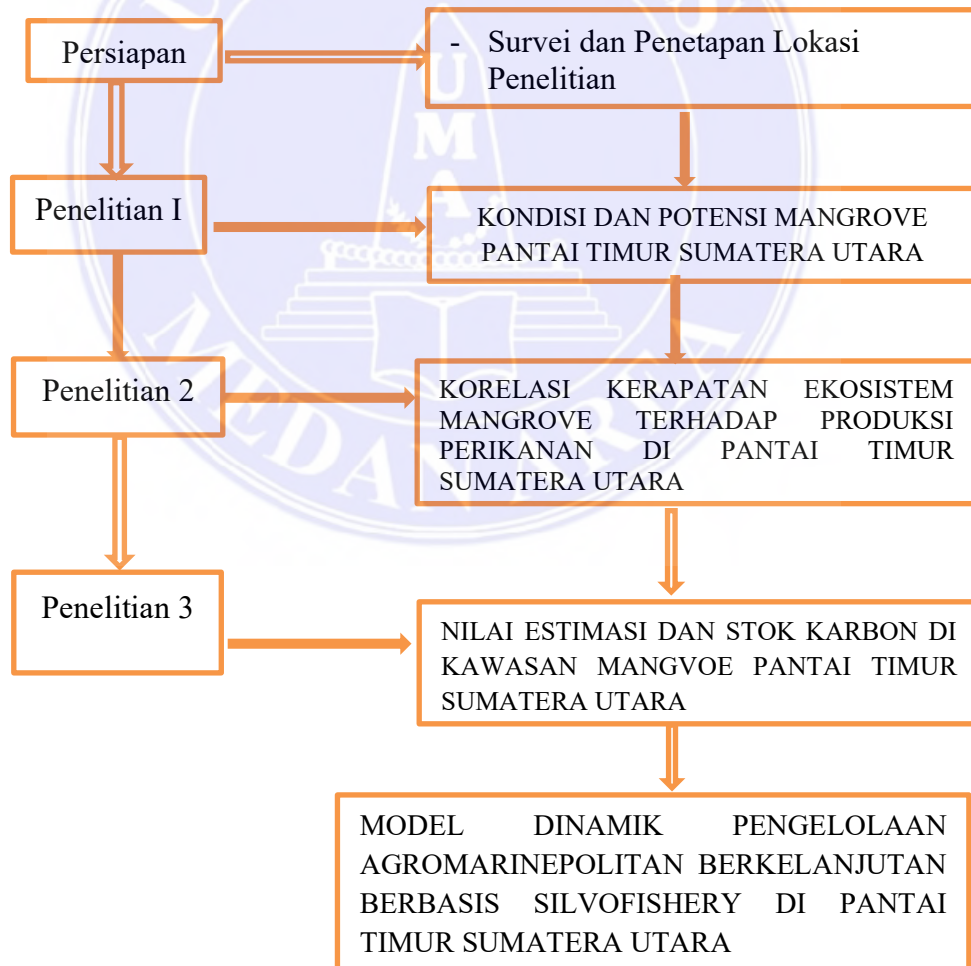
1.5. Ruang Lingkup Penelitian.

Sebagaimana telah diuraikan pada bagian tujuan disertasi, penelitian ini difokuskan pada upaya pengelolaan ekosistem mangrove secara berkelanjutan guna mendukung kegiatan perikanan tangkap pesisir (*nearshore fishery*) serta budidaya tambak berbasis *silvofishery*. Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi dan dirumuskan sebelumnya, ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada kajian yang

berfokus pada isu-isu utama dan permasalahan pokok di lokasi penelitian, yaitu:

1. Mengevaluasi potensi dan kondisi ekosistem mangrove serta status pemanfaatan sumber daya ikan dan udang di kawasan Pantai Timur Sumatera Utara.
2. Menganalisis produksi perikanan tangkap dan hasil budidaya tambak, baik silvofishery maupun non-silvofishery, dalam kaitannya dengan pemanfaatan ekosistem mangrove.
3. Memperkirakan nilai biomassa serta stok karbon di area mangrove Pantai Timur Sumatera Utara.
4. Merancang skenario alternatif model pengelolaan agromarinepolitan berkelanjutan yang berbasis silvofishery.

Ruang lingkup penelitian ini selanjutnya dikelompokkan ke dalam beberapa bagian penelitian yang saling terhubung, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Lingkup Penelitian

1.6. Keaslian Penelitian

Penelitian mengenai mangrove dan sektor perikanan, maupun hubungan antara keduanya, telah banyak dilakukan sebelumnya. Namun demikian, kajian yang mengembangkan Model Agromarinepolitan Berbasis Silvofishery di Pantai Timur Sumatera Utara, yakni sebuah konsep yang memadukan rehabilitasi ekosistem mangrove dengan praktik budidaya perikanan, belum pernah diinisiasi. Secara terpisah, sejumlah penelitian sebelumnya memang telah mengulas hubungan antara ekosistem mangrove dengan perikanan tangkap maupun budidaya tambak. Namun, integrasi keterkaitan keduanya secara bersamaan untuk merumuskan kebijakan Agromarinepolitan yang berfokus pada keberlanjutan ekosistem mangrove, perikanan tangkap, dan tambak silvofishery belum pernah dilakukan secara komprehensif. Penelitian ini memperlihatkan adanya hubungan yang saling terkait antara kerapatan ekosistem mangrove, tingkat produksi perikanan, serta kebijakan pengelolaan mangrove dan perikanan tangkap yang diimplementasikan secara terintegrasi.

Dari uraian pembahasan tersebut di atas nilai kebaruan (novelty) dalam penelitian ini adalah :

1. Dihasilkannya model hubungan antara luasan kerapatan ekosistem mangrove dengan produksi tambak silvofishery dan hasil perikanan tangkap secara simultan.
2. Dirumuskannya model dinamik pengelolaan *Agromarinepolitan* berbasis *silvofishery* di Pantai Timur Sumatera Utara melalui pendekatan analisis sistem dinamik, yang bertujuan menjembatani kesenjangan antara performa aktual dengan performa yang diharapkan akibat permasalahan pengelolaan.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Sumberdaya Pesisir

Dahuri (2008) menjelaskan bahwa wilayah pesisir merupakan zona transisi yang menghubungkan ekosistem daratan dengan laut. Berdasarkan garis pantai (*coastline*), kawasan ini memiliki dua tipe batas: pertama, batas yang memanjang sejajar dengan garis pantai (*longshore*), dan kedua, batas yang tegak lurus terhadap garis pantai (*cross-shore*). Definisi tersebut sejalan dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2014, yang mendefinisikan wilayah pesisir sebagai area peralihan antara darat dan laut yang keberadaannya dipengaruhi oleh interaksi kedua ekosistem tersebut. Jika dikaitkan dengan Undang-Undang RI Nomor 45 Tahun 2009 tentang Perikanan, maka wilayah pesisir juga dapat dimaknai mencakup perairan dan ekosistem yang berfungsi sebagai habitat ikan. Oleh karena itu, pengelolaan kawasan pesisir juga meliputi pengelolaan perikanan. Pengelolaan perikanan sendiri mencakup serangkaian tindakan terpadu, mulai dari pengumpulan data, analisis, penyusunan rencana, konsultasi publik, pengambilan keputusan, pendistribusian sumber daya ikan, hingga pelaksanaan dan penegakan peraturan di bidang perikanan. Keseluruhan tahapan tersebut dilaksanakan oleh pihak berwenang, dengan tujuan untuk menjamin keberlanjutan potensi sumber daya hayati perairan sekaligus mencapai tujuan bersama yang telah ditetapkan.

Sumber daya alam di kawasan pesisir dan laut merupakan suatu kesatuan yang meliputi komponen biotik dan abiotik, yang keberadaannya sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia dan peningkatan kualitas hidup. Kedua komponen ini saling terhubung dan berinteraksi secara fungsional, sehingga membentuk ekosistem yang menyeluruh. Ekosistem pesisir sendiri mencakup berbagai unsur penting seperti hutan mangrove, terumbu karang, padang lamun, estuaria, ekosistem pantai, hingga gugusan pulau-pulau kecil. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan pesatnya perkembangan aktivitas pembangunan di kawasan pesisir, mulai dari pemukiman, pertanian, industri, hingga perkebunan, tekanan ekologis terhadap ekosistem serta sumber daya pesisir juga mengalami peningkatan yang signifikan (Bengen, 2002).

Pengelolaan kawasan pesisir dan laut mencakup dimensi spasial dan temporal, melibatkan berbagai pihak dengan kepentingan yang beragam, serta diwarnai oleh kerumitan persoalan dan variasi capaian kinerja. Oleh karena itu, pengelolaan wilayah pesisir merupakan isu yang sarat akan kompleksitas. Sumber kompleksitas ini setidaknya muncul dari beberapa aspek penting: (a) kawasan pesisir menyediakan beragam barang dan jasa ekosistem, (b) wilayahnya memiliki cakupan regional yang luas sehingga sulit untuk membatasi akses publik, (c) adanya perbedaan karakteristik lingkungan antara darat dan laut menambah tantangan dalam pengelolaannya, dan (d) kawasan pesisir memiliki nilai budaya yang tinggi dan mendukung berbagai bentuk interaksi sosial. Dengan potensi sumber dayanya yang beragam, wilayah pesisir memerlukan tata kelola yang bijaksana agar dapat memberikan kontribusi nyata bagi peningkatan kesejahteraan masyarakat (Brown et al., 2001).

Suatu wilayah pesisir umumnya memiliki satu atau lebih tipe ekosistem pesisir yang memberikan berbagai bentuk jasa lingkungan. Keberadaan ekosistem tersebut memainkan peran penting dalam mendukung fungsi ekologis dan sosial ekonomi wilayah sekitarnya melalui penyediaan manfaat seperti perlindungan pantai, penyediaan habitat bagi biota perairan, dan kontribusi terhadap mata pencaharian masyarakat. Ekosistem ini terbentuk melalui interaksi antara komponen biotik (organisme hidup) dan abiotik (faktor fisik) yang saling terkait dan membentuk suatu sistem terpadu yang tidak dapat dipisahkan. Ekosistem pesisir juga dikenal memiliki karakter yang dinamis, ditandai dengan beragam jenis habitat yang saling terintegrasi. Berbagai jasa ekosistem yang dihasilkan memiliki nilai ekonomi yang penting bagi kesejahteraan manusia. Oleh karena itu, memahami keterkaitan antar komponen ekosistem menjadi hal yang esensial dalam upaya pengelolaan kawasan pesisir secara berkelanjutan (Costanza et al., 2014).

Wilayah pesisir dihadapkan pada berbagai persoalan mendasar, seperti kerusakan ekosistem mangrove, menurunnya kualitas terumbu karang, pencemaran lingkungan, penumpukan limbah, serta terjadinya abrasi garis pantai. Budhisantoso (1998) menyatakan bahwa tantangan terbesar dalam pengembangan pengelolaan wilayah pesisir adalah semakin menurunnya ketersediaan sumber daya, terutama mangrove, serta penurunan kualitas lingkungan.

2.1.2. Keterkaitan Ekosistem Mangrove dengan Perikanan

Secara umum, ekosistem mangrove tersusun atas beberapa komponen pokok, yaitu: (1) satu atau lebih spesies tumbuhan yang hanya dapat tumbuh di habitat mangrove; (2) spesies dominan yang juga dapat hidup di luar kawasan mangrove; (3) berbagai biota yang berasosiasi dengan mangrove, baik organisme darat, laut, lumut kerak, jamur, alga, maupun bakteri, dengan tingkat keterikatan yang bervariasi, mulai dari menetap, sementara, musiman, sering dijumpai, kebetulan, hingga sangat bergantung pada ekosistem mangrove; (4) proses-proses alami yang mendukung kelangsungan ekosistem, baik di area vegetasi mangrove maupun di sekitarnya; serta (5) zona daratan terbuka atau hamparan lumpur yang memisahkan hutan mangrove dengan perairan laut (Kusmana, 2009).

Hutan mangrove memiliki peran krusial dalam mendukung aktivitas perikanan, baik sebagai sumber pakan alami maupun sebagai habitat bagi berbagai jenis ikan. Ekosistem ini menopang terbentuknya rantai makanan yang kompleks, mendukung keberadaan organisme pada beragam tingkat trofik dan relung ekologi. Karakteristik ini tercermin pada tingginya produktivitas dan kapasitas daya dukung habitatnya. Mangrove juga dikenal sebagai ekosistem yang memiliki tingkat resiliensi tinggi, serta mampu menahan limpasan air tawar yang membawa sejumlah besar unsur hara. Selain itu, ekosistem mangrove berfungsi penting dalam menyerap karbon dari perairan lepas (*offshore*) melalui mekanisme penjemputan yang dipengaruhi oleh dinamika pasang surut air laut (lihat Gambar 6). Berdasarkan ilustrasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa ekosistem mangrove memiliki hubungan yang erat dengan sistem lingkungan di sekitarnya (Islam dan Haque, 2004).

2.1.3. Perikanan Laut

Perikanan merupakan sumber daya alam yang pemanfaatannya dipengaruhi oleh sejumlah faktor pendukung seperti kualitas sumber daya manusia, ketersediaan modal, penerapan teknologi, serta akses terhadap informasi. Sektor ini mencakup berbagai potensi perairan, baik laut maupun darat, yang dapat dioptimalkan untuk menunjang kegiatan usaha perikanan. Indonesia sendiri memiliki potensi perikanan yang sangat besar, meskipun tingkat eksploitasi terhadap sumber daya tersebut

masih tergolong rendah. Menurut estimasi, potensi lestari perikanan laut Indonesia mencapai sekitar 6,18 juta ton per tahun, yang terdiri dari ikan pelagis besar sebesar 975,05 ribu ton, pelagis kecil 3,23 juta ton, ikan demersal 1,78 juta ton, ikan karang konsumsi 75 ribu ton, udang penaeid 74 ribu ton, lobster 4,80 ribu ton, dan cumi-cumi sekitar 28,25 ribu ton (Aziz et al., 1998).

Kegiatan reklamasi pantai telah mendorong perluasan pemanfaatan ruang pesisir dan sumber daya alam secara signifikan, serta berkontribusi terhadap percepatan pembangunan ekonomi dan urbanisasi di sejumlah negara seperti Belanda, Jepang, Korea Selatan, dan Tiongkok. Kendati demikian, reklamasi juga menimbulkan dampak negatif berupa perluasan area perkotaan yang intensif di wilayah pesisir, sebagai konsekuensi dari pertumbuhan penduduk yang cepat, peningkatan aktivitas ekonomi, serta lemahnya pengawasan terhadap zona laut (Yurnita et al., 2017).

Prinsip pengembangan wilayah pesisir seharusnya mengedepankan pembangunan berkelanjutan yang memadukan keseimbangan antara aspek ekologi, sosial, dan ekonomi. Namun, dalam implementasinya, reklamasi sering kali menimbulkan tantangan dari sisi lingkungan dan sosial-ekonomi. Area yang direklamasi kerap memiliki fungsi ekologis dan ekonomi yang penting bagi ekosistem maupun komunitas lokal. Beberapa wilayah pesisir di Indonesia yang telah mengalami proses reklamasi tetapi masih menghadapi berbagai permasalahan lingkungan dan sosial mencakup Pantai Timur Sumatera Utara, Teluk Jakarta, Teluk Benoa, Sorong, Lampung, serta kawasan pesisir lainnya (Pearson et al., 2016).

2.1.4. Hutan Mangrove

Asal-usul istilah “mangrove” masih menjadi perdebatan di kalangan akademisi. MacNae (1968) mengemukakan bahwa kata tersebut merupakan hasil kombinasi antara kata mangue dari Bahasa Portugis dan grove dari Bahasa Inggris. Di sisi lain, Mastaller (1997) berpendapat bahwa istilah tersebut berasal dari Bahasa Melayu Kuno *mangi-mangi*, yang secara tradisional digunakan untuk menyebut genus *Avicennia* dan masih lazim digunakan di Indonesia bagian timur. Odum (1983) menambahkan bahwa kata “mangrove” berakar dari *mangal*, yakni istilah

yang merujuk pada komunitas vegetasi tertentu. Secara umum, hutan mangrove didefinisikan sebagai formasi vegetasi yang berkembang di wilayah intertidal, antara garis pasang naik dan pasang surut.

Hutan mangrove merupakan tipe vegetasi pesisir yang umumnya tumbuh di sekitar teluk dan muara sungai. Karakteristik utama dari ekosistem ini meliputi: (1) tidak tergantung pada iklim tertentu; (2) dipengaruhi langsung oleh siklus pasang surut laut; (3) tanah yang secara berkala tergenang air asin; (4) berada di kawasan pesisir dataran rendah; (5) memiliki struktur tajuk yang cenderung sederhana; dan (6) didominasi oleh spesies tumbuhan seperti *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Xylocarpus*, dan *Nypa* (Soerianegara & Indrawan, 1982).

Menurut Alikodra (1998), hutan mangrove diklasifikasikan sebagai formasi hutan yang berkembang di area yang terpengaruh oleh air laut dan memiliki karakteristik tanah anaerob. Meski tidak dipengaruhi oleh iklim spesifik, vegetasi ini tumbuh optimal di iklim tropis, khususnya pada delta dan estuaria yang terlindung. Sementara itu, Bengen (2002) mendefinisikan mangrove sebagai komunitas vegetasi pesisir yang berkembang di daerah tropis dan subtropis, terdiri dari spesies tumbuhan yang beradaptasi terhadap lingkungan berlumpur di zona pasang surut.

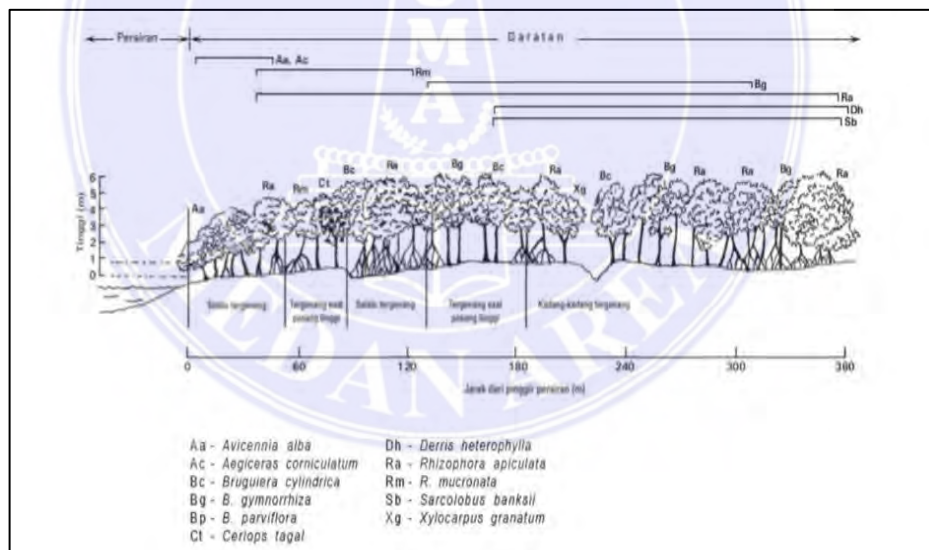
Tanaman mangrove memiliki mekanisme adaptasi khas terhadap kondisi ekstrem, seperti salinitas tinggi, genangan air, serta substrat yang kurang stabil. Beberapa spesies mampu mengeluarkan kelebihan garam dari jaringan tumbuhannya, sementara yang lain memiliki sistem akar napas untuk menyerap oksigen dari udara. Sebagian lagi memperlihatkan kemampuan reproduksi unik secara vivipar, di mana biji telah berkecambah sebelum lepas dari pohon induk—fenomena ini umum ditemukan pada genus *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, dan *Kandelia* (Noor et al., 2006).

Indonesia dikenal sebagai salah satu wilayah dengan tingkat keanekaragaman mangrove tertinggi di dunia. Saat ini tercatat sedikitnya 202 jenis tumbuhan mangrove di seluruh kepulauan Indonesia, yang terdiri atas 89 spesies pohon, 5 spesies palma, 19 spesies liana, 44 spesies herba darat, 44 spesies epifit, dan satu spesies paku. Dari jumlah tersebut, sekitar 43 spesies termasuk dalam

kategori mangrove sejati, sedangkan sisanya digolongkan sebagai mangrove ikutan atau associate mangrove (Noor et al., 2006).

Mangrove sejati dapat dibedakan menjadi dua kelompok utama: mangrove sejati mayor yang tumbuh dominan di zona pasang surut dan membentuk tegakan murni; serta mangrove sejati minor yang tidak dominan dan hanya terdapat di pinggir komunitas vegetasi. Adapun mangrove ikutan biasanya tumbuh bersama vegetasi daratan dan tidak membentuk komunitas khas mangrove. Pengelompokan ini membentuk struktur vegetasi mangrove yang dipengaruhi oleh pola pasang surut (Tomlinson, 2016).

Vegetasi mangrove secara umum menunjukkan zonasi yang khas sebagai respons terhadap berbagai variabel lingkungan, seperti jenis substrat, tingkat paparan gelombang, salinitas, serta dinamika pasang surut (Bunt & Williams, 1981). Zonasi tersebut dapat dibagi menjadi empat wilayah utama: zona terbuka, zona tengah, area sungai dengan salinitas rendah, dan zona daratan dengan dominasi air tawar.



Gambar 4. Zonasi mangrove

a. Mangrove Zonasi Terbuka

Zona terbuka mangrove umumnya berada di area pesisir yang langsung berhadapan dengan laut lepas. Komposisi vegetasi pada zona ini dipengaruhi secara dominan oleh karakteristik substrat yang mendasarinya. Jenis *Sonneratia alba* cenderung tumbuh dominan di substrat berpasir, sedangkan *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* lebih sering ditemukan di kawasan dengan substrat

berlumpur. Meski demikian, *Sonneratia* dapat bersimbiosis dengan *Avicennia* apabila kondisi tanah lumpur memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, sebagaimana dijelaskan oleh Kementerian Negara Lingkungan Hidup (1993)

b. Mangrove Zonasi Tengah

Zona tengah dari ekosistem mangrove umumnya terletak di bagian belakang zona terbuka yang langsung menghadap laut. Di kawasan ini, spesies *Rhizophora* sering kali menjadi vegetasi dominan karena kemampuannya beradaptasi pada kondisi substrat yang lebih terlindung dan kaya bahan organik. Selain *Rhizophora*, terdapat pula sejumlah spesies lain yang kerap dijumpai di zona ini, antara lain *Bruguiera cylindrica*, *Bruguiera eriopetala*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Excoecaria agallocha*, *Rhizophora mucronata*, *Xylocarpus granatum*, dan *Xylocarpus moluccensis* (Samingan, 1980).

c. Mangrove Zonasi Payau

Vegetasi mangrove yang berkembang di area perairan payau umumnya tersebar di sepanjang aliran sungai yang menunjukkan karakteristik salinitas rendah, berkisar antara air payau hingga mendekati tawar. Pada zona ini, jenis tumbuhan yang dominan meliputi komunitas *Nypa* dan *Sonneratia*. Di sepanjang tepian sungai, keberadaan tegakan *Nypa fruticans* kerap ditemukan, dan sering kali berasosiasi dengan spesies vegetasi lain seperti *Cerbera sp.*, *Gluta renghas*, *Stenochlaena palustris*, serta *Xylocarpus granatum* (Samingan, 1980).

d. Mangrove Zonasi Daratan

Vegetasi mangrove pada zona daratan umumnya berkembang di wilayah yang didominasi oleh air payau hingga mendekati tawar, terletak di bagian belakang jalur utama mangrove. Beberapa spesies yang lazim ditemukan di zona ini meliputi *Ficus microcarpus* (alias *Ficus retusa*), *Intsia bijuga*, *Nypa fruticans*, *Lumnitzera racemosa*, *Pandanus sp.*, serta *Xylocarpus moluccensis*. Secara umum, kawasan ini memiliki tingkat keanekaragaman tumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan zona mangrove lainnya (KLH, 1993).

Tiap jenis mangrove memiliki ciri morfologi khas yang dapat dikenali melalui struktur akar, bentuk daun, dan karakteristik buah. Contohnya, *Rhizophora mucronata* memiliki daun yang lebih besar dibandingkan spesies *Rhizophora* lain, dengan ukuran sekitar 11–23 cm × 5–13 cm dan bentuk oval memanjang.

Sementara itu, daun *Avicennia alba* berbentuk elips atau lanset dengan ujung meruncing, berukuran sekitar 16 cm × 5 cm. Sedangkan *Sonneratia alba* memperlihatkan daun bulat dengan ukuran berkisar 5–12,5 cm × 3–9 cm. Bila dibandingkan, ukuran daun *Avicennia* maupun *Sonneratia* relatif lebih kecil daripada *Rhizophora* (Noor et al., 2006).

Konsep jasa ekosistem berangkat dari pendekatan Millennium Ecosystem Assessment, yang menyatakan bahwa perubahan pada ekosistem dapat memengaruhi kesejahteraan manusia secara langsung (Liu et al., 2010). Jasa ekosistem diartikan sebagai berbagai manfaat yang diperoleh manusia dari keberadaan dan fungsi ekosistem.

Struktur dan fungsi ekosistem menjadi landasan terbentuknya berbagai bentuk jasa ekosistem yang umumnya dikategorikan ke dalam tiga jenis: provisioning services (penyediaan), regulating services (pengaturan), dan cultural services (kultural). Ketiga kategori ini merepresentasikan bagaimana sistem alam berinteraksi dan mendukung sistem sosial, serta memiliki nilai ekonomi yang dapat dihitung (Costanza et al., 2014).

Berdasarkan konsep jasa ekosistem dari Vihervaara et al. (2010), ekosistem mangrove menjalankan fungsi provisioning services dengan menyediakan produk-produk bernilai seperti ikan dan udang. Dalam konteks budidaya, mangrove menghasilkan hasil sampingan seperti impes, dan juga berperan sebagai regulating services dengan meningkatkan kualitas air yang berkontribusi pada produktivitas perikanan. Tingkat pemanfaatan produk dan jasa ekosistem ini sangat dipengaruhi oleh keberadaan lembaga pengelola masyarakat yang menetapkan batas yurisdiksi, hak kepemilikan, dan mekanisme representasi, yang berdampak pada perilaku dan kinerja lingkungan pesisir.

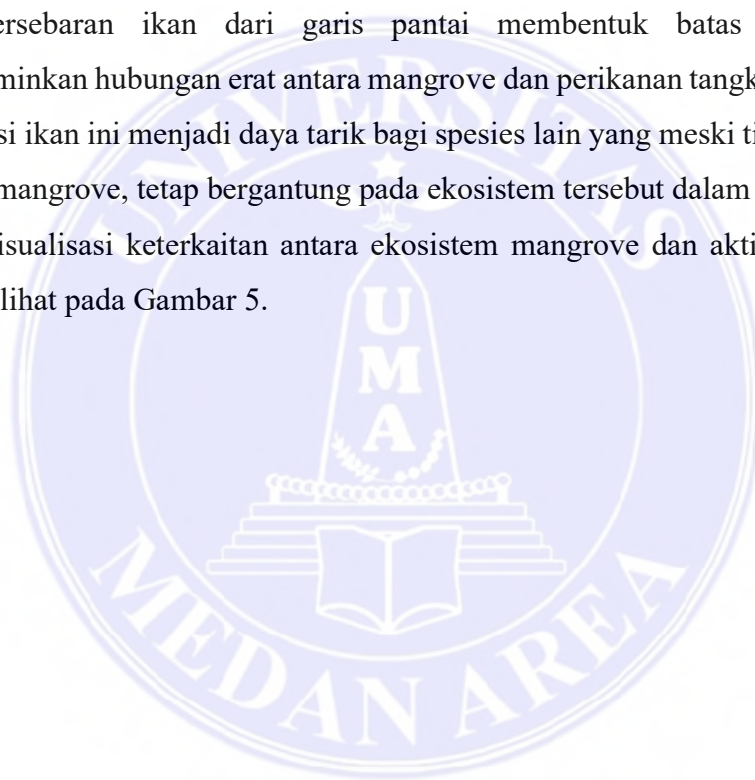
Area perakaran mangrove yang tergenang sering menjadi habitat bagi beragam spesies ikan, menjadikannya sebagai kawasan strategis secara ekologis dan ekonomis. Selain memberikan hasil sumber daya hayati, ekosistem ini juga menyediakan jasa lingkungan penting. Banyak program konservasi mangrove diarahkan untuk mendukung sektor perikanan dan melindungi spesies yang langka atau terancam punah. Dalam studi ini, ekosistem mangrove diposisikan sebagai penyedia jasa lingkungan yang menunjang kegiatan perikanan tangkap dan tambak,

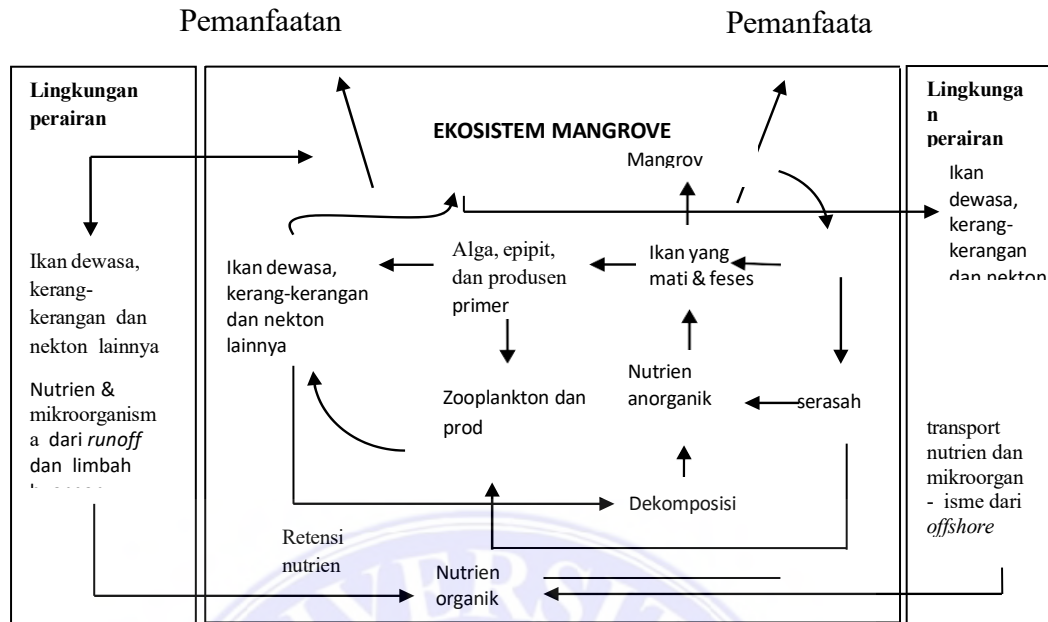
dengan nilai ekonomi yang dapat dikalkulasi (Barbier, 2012).

Peran mangrove dalam mendukung sektor perikanan terjadi melalui penyediaan nutrien dari serasah mangrove, yang menjadi sumber makanan bagi zooplankton dan organisme sekunder, yang kemudian dikonsumsi oleh ikan, udang, dan organisme nektonik lainnya. Nutrien juga dapat mengalami dekomposisi menjadi bentuk anorganik yang dimanfaatkan oleh alga dan produsen primer lain, membentuk rantai makanan hingga menghasilkan biomassa. Sebagian biomassa ini masuk ke tambak dan ditangkap menggunakan impes, sedangkan sisanya menyebar ke perairan dangkal dan ditangkap dengan alat seperti sero (Barbier, 2012).

Persebaran ikan dari garis pantai membentuk batas ekologi yang mencerminkan hubungan erat antara mangrove dan perikanan tangkap. Nutrien dan distribusi ikan ini menjadi daya tarik bagi spesies lain yang meski tidak menetap di habitat mangrove, tetap bergantung pada ekosistem tersebut dalam fase hidupnya.

Visualisasi keterkaitan antara ekosistem mangrove dan aktivitas perikanan dapat dilihat pada Gambar 5.





Gambar 5. Kerangka hubungan mangrove dengan perikanan

Setelah melalui pemahaman terhadap fungsi biologi-ekologi mangrove, salah satu tantangan dalam pengelolaan jasa ekosistem dan sumberdaya ikan adalah perlunya memahami secara ekonomi keterkaitan ekosistem mangrove dan perikanan. Keterkaitan tersebut mempunyai nilai. Teknik penilaian dilakukan dengan menghitung *indirect value* keberadaan mangrove (jasa lingkungan dari mangrove sebagai habitat ikan) dalam mendukung aktivitas perikanan, mengingat mangrove mempunyai manfaat tidak langsung terhadap perikanan. Dengan memahami konteks keterkaitan dan melakukan penilaian ekonomi secara benar, maka pengelolaan sumberdaya dan jasa lingkungan pesisir dapat menuju kepada performa keberlanjutan (Costanza, dkk. 2014).

Ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam menjaga kualitas wilayah pesisir melalui dua mekanisme utama, yaitu (1) penangkapan sedimen yang terbawa ke kolom perairan dan (2) pelepasan unsur hara secara seimbang dalam kondisi *steady-state equilibrium*. Diperkirakan sekitar 90% spesies ikan laut di kawasan tropis memanfaatkan wilayah pesisir berhutan mangrove pada salah satu fase dalam siklus hidupnya. Kontribusi mangrove terhadap keberlanjutan produksi perikanan juga tercermin dari fungsinya sebagai *nursery area* bagi berbagai jenis ikan (Saenger et al., 2013).

Berdasarkan uraian tersebut, secara ekologis ekosistem mangrove berfungsi sebagai habitat utama bagi berbagai jenis biota laut bernilai ekonomi penting, seperti ikan, udang, dan moluska.

e. Keterkaitan mangrove dengan perikanan tangkap (*mangrove-fishery linkages*)

Ekosistem mangrove memiliki peran strategis dalam mendukung sektor perikanan, terutama melalui ketersediaan pakan alami dan fungsinya sebagai habitat bagi berbagai spesies ikan. Mangrove berfungsi sebagai penyangga penting bagi kelangsungan hidup biota laut, dengan keterkaitan erat antara kondisi mangrove dan populasi udang yang telah banyak dibuktikan (Saenger et al., 2013).

Penelitian Ruslan (1986) di kawasan pesisir timur Aceh menunjukkan bahwa lebar jalur hijau mangrove di pesisir berpengaruh signifikan terhadap tingkat produksi udang, baik untuk tambak tradisional maupun hasil tangkapan nelayan setempat. Sejalan dengan hal tersebut, Mardawati (2004) juga menyatakan bahwa semakin luas area hutan mangrove, semakin besar pula volume produksi ikan, kepiting, tiram, dan udang yang dihasilkan. Fakta ini menegaskan adanya hubungan positif antara kelimpahan vegetasi mangrove dan produktivitas hasil tangkapan perikanan pesisir secara umum. Jika kualitas atau luas hutan mangrove menurun, maka keanekaragaman hayati yang bergantung padanya juga akan terancam, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan nilai ekonomi sektor perikanan tangkap. Sebagai contoh, di Bangladesh keberadaan hutan mangrove terbukti mendukung produktivitas perikanan pesisir dan perairan laut melalui kontribusi keanekaragaman hayati yang tinggi.

Perikanan berskala kecil (*artisanal fishery*), yang menyumbang sekitar 85–95% dari total hasil tangkapan, sangat bergantung pada ekosistem mangrove. Kerusakan mangrove secara langsung berdampak pada menurunnya produktivitas perikanan tangkap (Barbier, 2003).

Hubungan antara ekosistem mangrove dan sektor perikanan memiliki nilai ekonomi yang dapat diestimasi secara moneter, terutama melalui pendekatan nilai tidak langsung (*indirect value*). Nilai tersebut dihitung dengan memosisikan mangrove sebagai komponen dalam fungsi produksi perikanan. Dengan memanfaatkan model dinamik fungsi produksi, dampak deforestasi mangrove

terhadap produktivitas perikanan artisanal jenis demersal dan kerang-kerangan dapat dianalisis, baik di bawah skenario akses terbuka (open access) maupun asumsi elastisitas permintaan produk yang rendah.

Sebagai ilustrasi, studi kasus perikanan akses terbuka di Thailand menunjukkan bahwa hilangnya tutupan mangrove seluas 30 km² diperkirakan menimbulkan kerugian ekonomi berkisar antara USD 12.000 hingga USD 408.000. Dalam skala yang lebih kecil, pengurangan luas mangrove sebesar 1 km² berpotensi menyebabkan penurunan produksi udang sekitar 31,28 metrik ton per tahun, yang secara ekonomi dapat menimbulkan kehilangan pendapatan hingga Rp 854 juta setiap tahunnya. Dengan demikian, pemahaman mengenai interaksi antara ekosistem mangrove dan perikanan menjadi sangat krusial, karena setiap perubahan pada kondisi mangrove akan berdampak langsung terhadap aktivitas perikanan. Oleh sebab itu, pengelolaan sumber daya perikanan tidak dapat dilepaskan dari upaya pengelolaan mangrove sebagai habitat esensial bagi berbagai spesies ikan (Marliangrum, 2007).

f. Keterkaitan mangrove dengan perikanan budidaya (*mangrove-pond aquaculture linkages*)

Selain mendukung kegiatan perikanan tangkap oleh nelayan, pengelolaan sumber daya pesisir, termasuk ekosistem mangrove, juga diarahkan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir melalui pengembangan tambak yang berlandaskan prinsip keberlanjutan. Peran ekosistem mangrove dalam mendukung usaha budidaya perikanan tambak umumnya diwujudkan melalui penerapan sistem *silvofishery*, empang parit, maupun pola tambak tumpang sari. Ketiga sistem ini mengintegrasikan fungsi ekologis mangrove dengan aktivitas produksi perikanan, sehingga tidak hanya menjaga produktivitas tambak tetapi juga mempertahankan kelestarian lingkungan pesisir.

Sebagai contoh, praktik empang parit di kawasan hutan payau Pantai Utara Jawa Barat menunjukkan capaian produktivitas yang cukup baik, yakni ikan mujair (yang muncul alami tanpa penebaran benih) sebesar 250 kg per hektare, udang api (alami) sekitar 140 kg per hektare, udang peci 20 kg per hektare, serta ikan bandeng hasil penebaran benih sebanyak 300 kg per hektare. Menariknya, keberadaan benih ikan bandeng (*nener*) yang sempat hilang dapat kembali muncul setelah dilakukan

upaya rehabilitasi hutan mangrove, menandakan pentingnya peran restorasi mangrove dalam mendukung rekolonisasi biota perairan (Fahrudin, 1996).

Fahrudin (1996) juga menegaskan bahwa alih fungsi kawasan pesisir yang merusak ekosistem mangrove, misalnya untuk keperluan pembangunan tambak konvensional, dapat menyebabkan hilangnya berbagai unsur sumber daya hayati serta penurunan potensi perikanan di perairan sekitarnya. Komponen hayati tersebut memiliki nilai ekonomi yang tidak sedikit, sehingga konversi mangrove menjadi lahan tambak membawa kerugian secara langsung, baik berupa penurunan keanekaragaman hayati di kawasan mangrove maupun penurunan hasil tangkapan perikanan di perairan pesisir.

Kualitas ekosistem mangrove sangat berpengaruh terhadap tingkat produktivitas tambak. Mangrove yang terjaga dengan baik dapat mendukung kualitas perairan tambak, yang pada akhirnya meningkatkan hasil budidaya. Dalam praktik *silvofishery*, vegetasi mangrove juga berperan menghasilkan produk sampingan yang bermanfaat bagi petambak, meski di sisi lain tutupan vegetasi dapat memengaruhi hasil utama budidaya secara negatif. Kendati demikian, manfaat langsung yang diberikan secara keseluruhan tetap signifikan (Haris et al., 2013).

Menurut Widigdo (2000), usaha budidaya tambak di Indonesia telah berlangsung selama ratusan tahun, namun umumnya masih bersifat tradisional dan sangat dipengaruhi kondisi alam. Usaha intensifikasi budidaya udang mulai berkembang pada periode 1984–1986 melalui dukungan pemerintah, salah satunya lewat program percontohan Proyek Pandu Tambak Inti Rakyat (PP TIR) di Karawang. Meski telah berjalan lama, perkembangan tambak intensif belum sepenuhnya optimal, bahkan sejak dekade 1990-an para petambak masih menghadapi berbagai tantangan dan kegagalan produksi hingga saat ini.

Muluk (2000) menambahkan bahwa pengembangan akuakultur di Indonesia umumnya belum terintegrasi dengan baik antara sistem produksi di hilir dan hulu, serta kurang memperhatikan dampak positif dan negatif terhadap sektor lain yang berkaitan. Kondisi ini memicu munculnya berbagai persoalan, seperti konflik dalam pemanfaatan sumber daya alam, khususnya hutan, lahan, dan air, serta menurunnya kualitas perairan akibat polusi antropogenik. Konversi mangrove untuk keperluan

akuakultur pun menimbulkan dampak ekologis yang besar. Kasus kegagalan produksi udang di kawasan Pantai Utara Jawa (Pantura) menjadi contoh nyata, di mana kerusakan lingkungan dan degradasi kualitas lahan tambak akibat intensifikasi yang tidak terkendali berujung pada penutupan sekitar 90% areal pertambakan hingga pertengahan tahun 2000.

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan untuk mengatasi berbagai permasalahan di kawasan pesisir adalah melalui implementasi pengelolaan wilayah pesisir yang terintegrasi. Langkah awalnya dilakukan dengan menyusun zonasi fungsional yang jelas, kemudian dilanjutkan dengan penetapan pola pemanfaatan lahan yang tepat, serta pengembangan model pembinaan usaha akuakultur dalam satu kawasan terpadu. Kawasan multiguna ini diharapkan mampu mendukung aktivitas budidaya perikanan sekaligus menunjang perikanan tangkap di wilayah pesisir.

Namun demikian, praktik budidaya tambak udang di area mangrove masih menuai perdebatan, khususnya jika ditinjau dari aspek keberlanjutan. Beberapa kelemahan yang dapat menghambat keberlanjutan produksi tambak udang di kawasan mangrove, sebagaimana diuraikan oleh Widigdo (2000), antara lain:

- a) akumulasi sisa pakan dan partikel tanah di dasar tambak yang dapat memicu terbentuknya endapan lumpur organik, sehingga berpotensi mengganggu kelangsungan hidup udang;
- b) proses pengolahan lahan dasar tambak memerlukan waktu yang relatif lama dan sangat bergantung pada kondisi cuaca serta musim; dan
- c) pelaksanaan desinfeksi tambak secara menyeluruh umumnya masih sulit dilakukan secara optimal.

Muluk (2000) berpendapat bahwa pengembangan akuakultur di kawasan Segara Anakan semestinya diarahkan melalui penerapan sistem *silvofishery*, mengingat aktivitas akuakultur merupakan bagian dari pengelolaan wilayah terpadu. Penentuan zona akuakultur juga perlu disesuaikan dengan karakteristik lahan, dengan tetap mempertimbangkan fungsi ekologis mangrove agar tetap terjaga. Untuk mendukung tujuan ini, riset terapan diperlukan guna memperoleh rasio ideal antara luas area tambak dan hutan mangrove, sehingga tetap menguntungkan secara ekonomi bagi masyarakat setempat dan sekaligus menjaga

kelestarian ekosistemnya.

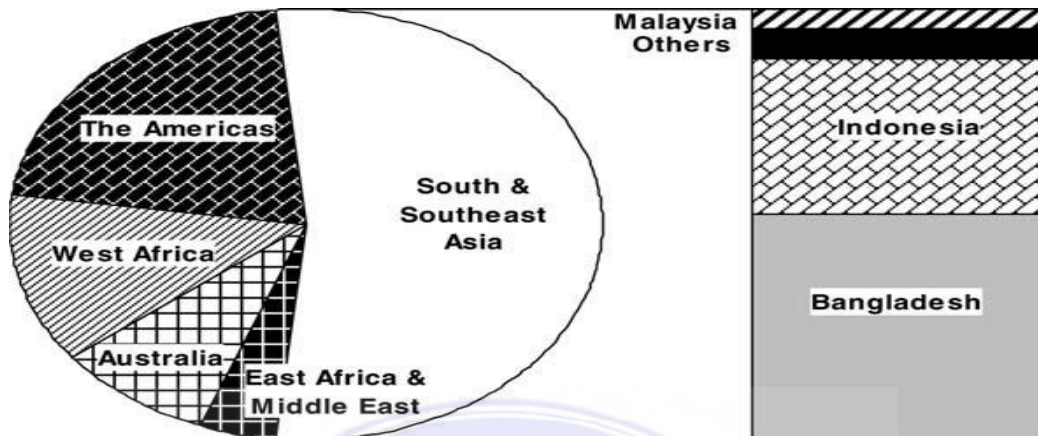
Primavera (2005) menekankan pentingnya peran mangrove dalam mendukung pengembangan akuakultur yang berkelanjutan. Selain berfungsi sebagai biofilter alami, mangrove juga menyediakan nutrisi serta menjadi habitat penting bagi proses rekrutmen ikan dan udang. Di Indonesia, pengelolaan kawasan mangrove pada tambak Perhutani dilakukan melalui penerapan pola *silvofishery* dengan skema kerja sama antara petambak dan Perhutani.

Namun, kepastian hak pengelolaan lahan garapan kerap menjadi persoalan, sehingga pengendalian kerusakan hutan mangrove di kawasan tambak masih sulit dilakukan secara efektif. Tidak adanya batas lahan yang tegas serta mekanisme pengaturan pelaku usaha yang lemah kerap memicu terjadinya eksploitasi berlebihan (Suhaeri, 2005).

Menurut Nur (2002), rasio pemanfaatan lahan tambak dan mangrove yang ideal agar keberlanjutan ekologi dan ekonomi tetap terjaga adalah 50 : 50 atau 60 : 40. Akan tetapi, praktik di lapangan justru menunjukkan rasio yang timpang, sekitar 20 : 80, sehingga mendorong perluasan area tambak dan mempercepat penurunan luasan mangrove. Melalui pendekatan kelembagaan, Suhaeri (2005) merekomendasikan luasan lahan garapan yang ideal bagi petambak dalam skema kerja sama dengan Perhutani, yaitu antara 1,0473 hingga 3,3813 hektare per unit, agar dapat memberikan manfaat optimal bagi masyarakat, pemerintah, dan lingkungan pesisir secara berkelanjutan.

g. Pengelolaan Mangrove dan Degradasi Mangrove

Ekosistem mangrove di berbagai belahan dunia mengalami penurunan luasan yang signifikan, yang berdampak pada hilangnya sejumlah manfaat lingkungan, produk, dan jasa ekonomi yang dihasilkan oleh ekosistem ini. Penyusutan tersebut mengakibatkan menurunnya fungsi mangrove sebagai penyedia sumber kayu, pelindung alami terhadap banjir, serta habitat pembesaran (*nursery ground*) bagi berbagai jenis ikan. Akibatnya, fungsi jasa ekosistem yang disediakan mangrove juga mengalami penurunan. Secara global, wilayah dengan cakupan mangrove terluas berada di kawasan Asia Selatan dan Asia Tenggara, di mana Indonesia menduduki peringkat kedua setelah Bangladesh (Islam dan Haque, 2004). (Gambar 6).



Gambar 6. Proporsi eksisting luasan mangrove secara global menunjukkan bahwa kawasan Asia Selatan dan Asia Tenggara memiliki porsi terbesar dari total area mangrove dunia (Sumber: Islam dan Haque, 2004).

Di Malaysia, berbagai aktivitas manusia, seperti praktik kehutanan yang kurang berkelanjutan, budidaya tambak, pembangunan kawasan pesisir, serta pencemaran, turut memengaruhi kapasitas dukung ekosistem mangrove (Chong, 2007).

Di Indonesia, pada tahun 2008, luas kawasan hutan mangrove diperkirakan mencapai sekitar 2,5 juta hektar, yang tersebar di enam kawasan utama: Sumatera, Jawa-Bali, Nusa Tenggara, Kalimantan, Sulawesi, serta Maluku-Papua. Sebelumnya, pada awal 1989, total luas mangrove di Indonesia diperkirakan masih sebesar 5,2 juta hektar dengan mencakup sekitar 89 jenis tumbuhan. Dengan demikian, dalam kurun waktu 1989 hingga 2008, Indonesia mengalami penurunan luas mangrove sebesar kurang lebih 53%, dengan variasi tingkat kerusakan antarwilayah berkisar antara 35% hingga 89%. Penurunan terbesar tercatat di wilayah Jawa-Bali dan Kalimantan dengan tingkat kerusakan masing-masing mencapai 88,6% dan 99,9%. Secara umum, tren degradasi mangrove di kawasan pesisir Indonesia terus meningkat dari waktu ke waktu. Antara tahun 1982 hingga 1993, luas kawasan mangrove menyusut dari 5,21 juta hektar menjadi sekitar 2,5 juta hektar. Fenomena kerusakan ini sangat erat kaitannya dengan tingginya kepadatan penduduk di kawasan pesisir (Dahuri, 2000).

h. Pengelolaan Perikanan Tangkap dan Degradasi Sumberdaya Ikan

Hilborn et al. (2005) mengemukakan bahwa pengelolaan perikanan tangkap dilakukan dalam kerangka kelembagaan yang bervariasi. Umumnya, kegagalan pengelolaan terjadi pada sistem akses terbuka (*open access*) yang mengandalkan pendekatan top-down melalui pengawasan dan regulasi, namun kerap kali tidak didukung konsensus yang memadai. Sebaliknya, praktik pengelolaan perikanan yang dianggap berhasil biasanya melibatkan peran aktif masyarakat setempat, kontrol pemerintah yang kuat, serta kejelasan hak kepemilikan. Struktur kelembagaan seperti ini mampu menciptakan insentif bagi individu untuk berperilaku mendukung kelestarian sumber daya.

Menurut Wiyono (2011), perikanan pesisir saat ini menghadapi tekanan yang sangat besar. Beberapa jenis ikan bahkan telah mengalami kepunahan di tingkat lokal, sedangkan hasil tangkapan terus mengalami penurunan. Ironisnya, jumlah nelayan miskin yang bergantung pada perikanan pesisir justru meningkat, sehingga konflik perebutan sumber daya serta penurunan stok ikan di wilayah pesisir semakin sering terjadi. Kondisi ini tidak lepas dari karakteristik sistem akses terbuka dan lemahnya kebijakan pengendalian tingkat penangkapan.

Menurut Wiyono (2011), pendekatan manajemen perikanan konvensional yang cenderung berfokus pada satu spesies ikan dinilai tidak efektif untuk diterapkan dalam konteks perikanan multispesies berskala kecil yang banyak dijumpai di wilayah tropis. Pandangan ini sejalan dengan pemikiran Ruddle dan Hickey (2008), yang menyatakan bahwa kegagalan dalam pengelolaan perikanan pesisir di daerah tropis sebagian besar disebabkan oleh adopsi sistem manajemen bergaya Barat yang tidak selaras dengan kondisi lokal. Dalam hal ini, fenomena "tragedy of the commons" menjadi tantangan signifikan dalam pengelolaan sumber daya pesisir, sedangkan pendekatan local commons dipandang sebagai alternatif strategis dengan menempatkan kawasan pesisir sebagai "kebun milik bersama" yang dikelola oleh komunitas lokal untuk kepentingan lintas generasi.

Kondisi perikanan tangkap di kawasan Pantai Timur Sumatera Utara menunjukkan tanda-tanda ketidakberlanjutan jika dilihat dari aspek ekologis, ekonomi, sosial, teknologi, etika, maupun kelembagaan. Salah satu penyebab utama dari ketidakberlanjutan tersebut adalah kerusakan ekosistem mangrove, yang

merupakan habitat esensial bagi berbagai spesies ikan. Dalam kerangka ini, kelompok nelayan kecil menjadi pihak yang paling rentan terdampak, karena aktivitas penangkapan mereka umumnya berlangsung di wilayah pesisir yang bergantung pada keberlangsungan ekosistem mangrove (Hamdan, 2007).

Lebih lanjut, Hamdan (2007) mengidentifikasi beberapa faktor yang memicu terjadinya penangkapan ikan secara berlebihan, yaitu: (1) peningkatan jumlah penduduk yang menambah tekanan terhadap sumber daya perikanan; (2) sifat akses terbuka dalam perikanan tangkap yang memungkinkan eksploitasi oleh berbagai pihak tanpa batasan; serta (3) kelemahan dalam sistem pengelolaan perikanan yang belum mampu mengendalikan laju eksploitasi sumber daya secara efektif. Dalam pengelolaan perikanan skala kecil, pendekatan kelembagaan menjadi kunci untuk mengatasi persoalan mendasar seperti kegagalan tata kelola, penurunan stok ikan hingga potensi *collapse*, serta tingginya kemiskinan masyarakat pesisir. Di sisi lain, pengembangan tambak juga menghadapi dilema (*trade-off*) antara upaya mempertahankan ekosistem mangrove dan kebutuhan ekspansi lahan budidaya untuk mendukung komoditas utama seperti bandeng dan udang windu. Ekspansi tambak umumnya dilakukan melalui konversi hutan mangrove, meskipun dalam praktik tambak tradisional, keberadaan mangrove tetap dibutuhkan karena fungsinya dalam menjaga kualitas lingkungan perairan (Cinner et al., 2013).

Untuk perikanan tangkap, ekosistem mangrove berperan vital sebagai habitat ikan, tempat berlindung (*shelter*), dan penyedia sumber pakan yang mendukung keberlanjutan stok ikan di pesisir. Kerusakan hutan mangrove akan langsung berdampak pada aktivitas perikanan skala kecil di kawasan pesisir seperti pukat pantai, sero, dan jaring klitik di Indramayu. Gangguan tersebut pada akhirnya berimplikasi pada kesejahteraan sosial ekonomi nelayan lokal, serta menurunkan kinerja sektor perikanan secara keseluruhan. Tekanan penangkapan berlebih (*over capacity*) juga turut memperburuk kondisi perikanan tangkap. Implikasi lanjutannya, pembangunan menghadapi tantangan karena biaya sosial dan lingkungan yang ditimbulkan akan lebih besar dibanding jika investasi dialihkan pada sektor yang memberi manfaat ekonomi lebih optimal (Saenger et al., 2013).

Estimasi nilai ekonomi dari keterkaitan antara ekosistem mangrove dan aktivitas perikanan dapat dilakukan melalui pendekatan fungsi produksi.

Pendekatan ini bertujuan untuk menilai kontribusi tidak langsung (*indirect value*) yang diberikan oleh mangrove sebagai habitat perikanan pesisir, terutama melalui peran ekologisnya seperti sebagai kawasan pemijahan (*spawning ground*), area mencari makan (*feeding ground*), dan zona pembesaran (*nursery ground*). Ketiga fungsi ekologis tersebut termasuk dalam kategori jasa lingkungan yang tidak diperdagangkan (*non-marketed environmental services*), sehingga penilaiannya dilakukan dengan menggunakan metode *surrogate market valuation*. Metode ini mengestimasi permintaan turunan (*derived demand*) terhadap kualitas lingkungan dengan mengacu pada nilai barang atau jasa yang memiliki harga pasar (*marketed goods*) sebagai *proxy* untuk menggambarkan manfaat dari komponen lingkungan yang tidak memiliki harga langsung (*non-marketed goods*). Dalam penerapan pendekatan fungsi produksi, terdapat dua tahap utama yang dilakukan, yaitu:

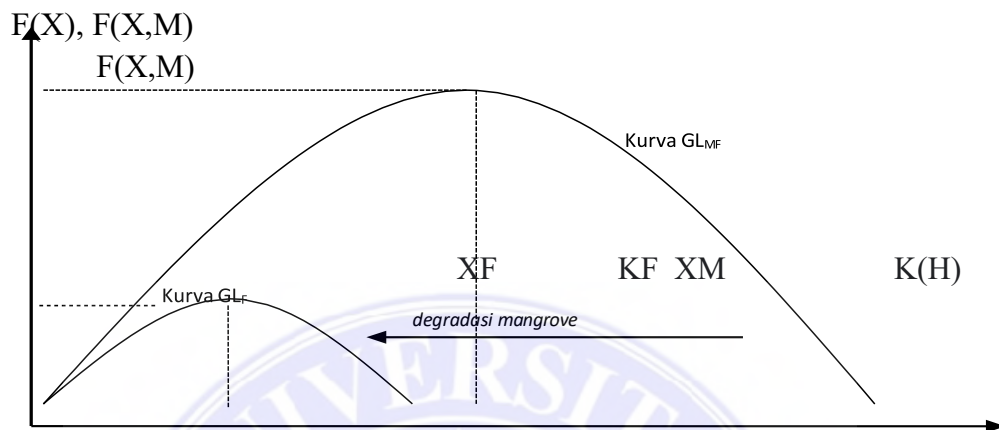
1. Mengidentifikasi pengaruh fisik perubahan stok sumber daya ikan dan peran fungsi ekologi ekosistem mangrove terhadap aktivitas ekonomi perikanan.
2. Mengestimasi perubahan nilai ekonomi komoditas yang diperdagangkan (seperti udang dan ikan) yang terkait langsung dengan perubahan kondisi lingkungan ekosistem mangrove.

Sumber daya ikan dan fungsi ekologi ekosistem mangrove dianggap sebagai *input* dalam aktivitas perikanan, sehingga perubahan pada *input* tersebut akan memengaruhi *output* perikanan melalui suatu fungsi produksi. Keterkaitan antara mangrove dengan perikanan dianalisis menggunakan model interaksi habitat dengan perikanan, yang dapat menentukan apakah mangrove berperan sebagai *essential habitat*, *facultative habitat*, atau *irrelevant habitat*.

Pengaruh ekosistem mangrove terhadap perikanan tangkap tercermin pada peningkatan stok ikan (X), di mana keberadaan mangrove mengubah kondisi stok ikan dari tanpa mangrove (XF) menjadi dengan mangrove (XMF). Selain itu, mangrove juga meningkatkan daya dukung lingkungan, dari kondisi awal tanpa mangrove (KF) menjadi daya dukung dengan mangrove ($K(H)$). Dengan demikian, keberadaan mangrove berperan dalam meningkatkan laju pertumbuhan intrinsik stok ikan (r) serta kapasitas daya dukung habitatnya (K) (Foley et al., 2012).

Dengan mengasumsikan bahwa mangrove dapat mempengaruhi kedua parameter tersebut, maka perubahan mangrove terhadap kedua parameter tersebut

akan muncul dalam fungsi logistik pertumbuhan populasi $F(X)$ yang selanjutnya akan mempengaruhi stok ikan (X), yakni pergeseran kurva pertumbuhan tanpa mangrove (GL_F) ke arah kurva pertumbuhan dengan mangrove (GL_{MF}) seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Peran Mangrove terhadap Daya Dukung Habitat dan Laju Pertumbuhan Stok Ikan

Performa mangrove direpresentasikan dalam bentuk luasan mangrove (M), performa budidaya tambak direpresentasikan dalam bentuk hasil panen tambak: $-Q_T-$, sedangkan performa aktivitas penangkapan ikan direpresentasikan dalam bentuk hasil tangkapan (h_F). Adanya perubahan M akan berpengaruh terhadap hasil tambak dan hasil tangkapan. Terjadinya penurunan luasan mangrove (atau meningkatnya luasan tambak) dihipotesakan akan mengakibatkan peningkatan produksi tambak serta penurunan hasil tangkapan nelayan. Sebaliknya, peningkatan luasan mangrove (atau menurunnya luasan tambak) akan mengakibatkan penurunan produksi tambak dan peningkatan hasil tangkapan nelayan (lihat Gambar 7).

Berdasarkan status kepemilikannya, lahan pesisir dimiliki oleh Pemerintah Daerah untuk kepentingan sempadan pantai (L_{SP}), Perhutani (L_{PP}) dan dimiliki oleh masyarakat (L_{PM}) maka persamaan luasan lahan pesisir, L_p adalah

$$L_p = L_{SP} + L_{PP} + L_{PM}$$

Dengan menganggap bahwa lahan pesisir baik lahan milik Perhutani maupun milik rakyat layak ditanami mangrove dan juga layak untuk tambak, maka lahan tersebut dapat digunakan untuk kepentingan tambak dan juga untuk kepentingan mangrove, maka persamaan luasan lahan pesisir menurut penggunaannya adalah

$$L_p = (M_{SP} + T_{SP}) + (M_{PP} + T_{PP}) + (M_{PM} + T_{MP})$$

Dimana:

M_{SP} = luasan mangrove di sempadan pantai;

T_{SP} = luasan tambak di sempadan pantai;

M_{PP} = luasan mangrove di lahan Perhutani;

T_{PP} = luasan tambak di lahan Perhutani;

M_{PM} = luasan mangrove di lahan Masyarakat;

T_{MP} = luasan tambak di lahan Masyarakat.

Pengelolaan mangrove yang berefek pada aktivitas budidaya tambak dan aktivitas perikanan tangkap sesungguhnya tidak terlepas dari penerapan kelembagaan pengelolaan mangrove yang berupaya untuk mempertahankan keberadaan mangrove di lahan pesisir yang dapat diuraikan sebagai berikut :

Pertama, keberadaan hutan mangrove di kawasan sempadan pantai (LSP) perlu dipertahankan sebagai green belt atau sabuk hijau kawasan lindung dengan lebar minimal 100 meter dari titik pasang tertinggi ke arah laut, sebagaimana diatur dalam Keputusan Presiden Nomor 32 Tahun 1990. Apabila luas lahan sempadan pantai yang menjadi kewenangan pengelolaan Pemerintah Daerah adalah LSP, maka luas mangrove yang wajib dilestarikan sebagai sabuk hijau (green belt) adalah sebesar $MSP = mS \times LSP$. Sementara itu, bagian lahan sempadan yang masih dimungkinkan untuk dikonversi menjadi tambak budidaya (jika kebijakan memungkinkan konversi) adalah sebesar $TSP = (1 - mS) \times LSP$.

Pada prinsipnya, kebijakan pengelolaan mangrove di kawasan sempadan pantai mengarah pada upaya mempertahankan seluruh area sempadan sebagai sabuk hijau, sehingga nilai $mS = 1$, yang berarti tidak ada bagian sempadan yang dialihfungsikan menjadi tambak.

Apabila mangrove di kawasan sempadan pantai seluas MSP berhasil dipertahankan, maka keberadaan sabuk hijau ini akan memberikan dampak positif terhadap hasil tangkapan perikanan tangkap nelayan sebesar $hFSP$. Adapun sisa lahan di luar sempadan, yakni lahan milik masyarakat atau Perhutani seluas $LP - LSP$, dapat dimanfaatkan sepenuhnya untuk budidaya tambak, yang diestimasi dapat menghasilkan produksi utama budidaya sebesar $QTSP$ (lihat Gambar 7).

Kedua, kelembagaan Pengelolaan Sumberdaya Hutan Bersama Masyarakat (PHBM) atau *social forestry* untuk mempertahankan luasan mangrove pada lahan Perhutani yang dikelola dengan pola *silvofishery*. Dengan menganggap bahwa

luasan lahan yang dimiliki Perhutani seluas L_{PP} (data aktual lahan Perhutani seluas 8.071 ha), maka luasan mangrove yang perlu dipertahankan pada pola *silvofishery* adalah sebesar $M_{PP}=m_p L_{PP}$, sedangkan lahan yang dapat dikelola untuk tambak guna mendapatkan hasil tambak adalah seluas $T_{PP}=(1-m_p)L_{PP}$. Berdasarkan ketentuan Perhutani perbandingan mangrove dan tambak pada pola *silvofishery* masing-masing adalah 80 % : 20 %, sehingga berdasarkan ketentuan tersebut luasan mangrove dan luasan tambak masing-masing adalah 0,8 L_{PP} dan 0,2 L_{PP} . Dengan demikian untuk mengelola lahan Perhutani dengan pola *silvofishery* dengan memperhatikan aspek finansial, ekonomi dan lingkungan pada dasarnya adalah penerapan kebijakan dengan mengelola proporsi lahan untuk mangrove dan lahan untuk tambak, yaitu $-m_{p||}$.

Ketiga, kelembagaan kepemilikan dan penguasaan lahan pada lahan milik masyarakat. Keputusan untuk menanam mangrove atau pun membuka tambak tergantung pada pemilik lahan. Apabila lahan yang dimiliki masyarakat adalah seluas L_{PM} , maka luasan mangrove pada tambak rakyat adalah $M_{PM}=m_R L_{PM}$ sedangkan luas lahan yang dapat dikelola untuk tambak seluas $(1-m_R)L_{PM}$. Dengan demikian untuk meningkatkan kontribusi masyarakat untuk menanam mangrove pada lahannya dengan suatu kebijakan tertentu sesungguhnya adalah mengelola proporsi lahan untuk mangrove dan untuk tambak yaitu $-m_{R||}$.

Dengan demikian dapat dijelaskan bahwa pemanfaatan lahan bersifat *trade off* antara penggunaan lahan untuk mangrove dan penggunaan lahan untuk tambak atau tergantung dari rasio antara lahan untuk mangrove dan lahan untuk tambak, yaitu $-m_{||}$ (m_S ; m_P dan M_R) yang dalam bentuk persamaan dapat ditulis :

$$L_p = [m_S L_{SP} + (1-m_S) L_{SP}] + [m_P L_{PP} + (1-m_P) L_{PP}] + [m_R L_{PM} + (1-m_R) L_{PM}]$$

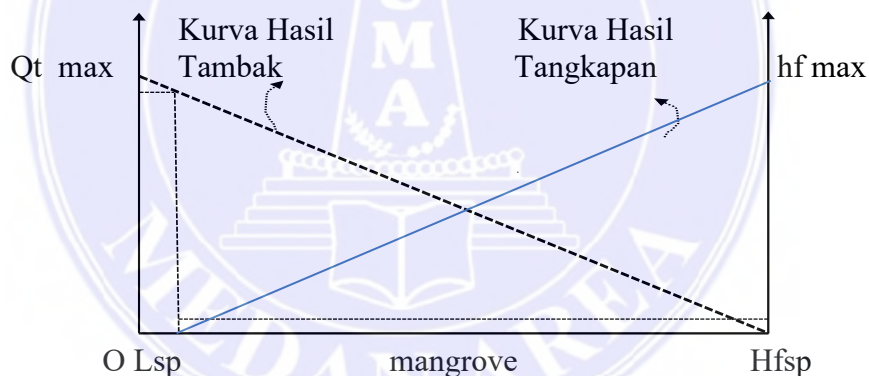
Dimana:

L_p adalah lahan pesisir,
 L_{SP} adalah lahan sempadan,
 L_{PP} adalah lahan Perhutani,
 L_{PM} adalah lahan masyarakat,
 m_S adalah rasio luasan mangrove dan tambak di lahan sempadan;
 m_P adalah rasio luasan mangrove dan tambak di lahan Perhutani; dan
 m_R adalah rasio luasan mangrove dan tambak di lahan masyarakat.

Selanjutnya, Hubungan Hipotetis antara Luasan Mangrove, Produksi Budidaya Tambak, dan Produksi Perikanan Tangkap Pesisir dapat dilihat pada

Gambar 8.

Adanya hubungan erat antara ekosistem mangrove dan sektor perikanan dapat menjadi landasan bagi penataan kelembagaan pengelolaan sumber daya pesisir. Upaya pengelolaan mangrove, seperti rehabilitasi, harus mempertimbangkan variasi status kepemilikan lahan pesisir, sedangkan pengelolaan perikanan nearshore, misalnya melalui pengendalian tingkat upaya penangkapan (*fishing effort*), juga memerlukan penyesuaian kelembagaan. Dalam kerangka otonomi daerah, pemerintah daerah perlu merumuskan kebijakan pengelolaan berdasarkan berbagai skenario, guna mewujudkan kinerja pengelolaan mangrove dan perikanan yang mendukung tujuan pembangunan wilayah pesisir yang berkelanjutan (*sustainable coastal development*). Oleh karena itu, kebijakan pengelolaan sumber daya pesisir yang bertujuan meningkatkan nilai ekonomi kawasan pesisir dengan mempertimbangkan keterkaitan mangrove dan perikanan harus memerhatikan aspek kelembagaan kepemilikan lahan mangrove serta kelembagaan pengelolaan perikanan tangkap.



Gambar 8. Hipotetis hubungan antara luasan mangrove (M) dengan hasil produksi tambak (Q_T) dan produksi perikanan tangkap sekitar pantai (h_F)

Dari berbagai penjelasan sebelumnya dapat ditarik kesimpulan bahwa hubungan antara ekosistem mangrove dan sektor perikanan terjalin melalui peran ekologis mangrove sebagai sumber pemasok materi organik (pakan alami) sekaligus sebagai habitat esensial bagi berbagai organisme perikanan. Oleh karena itu, perubahan dalam luas tutupan mangrove akan memengaruhi produktivitas sektor perikanan, baik secara langsung maupun tidak langsung, terutama pada aktivitas perikanan tangkap di kawasan pesisir.

Selain faktor ekologis tersebut, performa perikanan juga sangat dipengaruhi oleh variabel internal sektor perikanan itu sendiri, salah satunya adalah unit effort atau intensitas upaya penangkapan yang digunakan nelayan. Perubahan luasan mangrove maupun dinamika unit effort tidak terjadi secara terpisah, melainkan sangat terkait dengan keberadaan dan efektivitas kelembagaan pengelolaan. Kelembagaan pengelolaan mangrove akan memengaruhi tingkat keberlanjutan tutupan hutan mangrove, sedangkan kelembagaan perikanan memengaruhi perilaku pelaku usaha perikanan dalam memanfaatkan sumber daya pesisir.

Dengan demikian, terdapat dua persoalan kelembagaan utama yang menimbulkan kompleksitas permasalahan pengelolaan sumber daya pesisir, yaitu:

1. Kelembagaan pengelolaan mangrove, yang memengaruhi keberlanjutan fungsi ekologis mangrove sebagai *supporting ecosystem*.
2. Kelembagaan pengelolaan perikanan, yang memengaruhi tingkat pemanfaatan (*eksploitasi*) stok ikan melalui pengaturan unit effort dan praktik penangkapan.

Kedua persoalan kelembagaan tersebut saling berkaitan erat dan berpotensi menghasilkan konsekuensi ganda bagi keberlanjutan sumber daya pesisir. Oleh karena itu, diperlukan kerangka analitik ekonomi kelembagaan yang mampu menjelaskan bagaimana aturan, norma, dan mekanisme insentif memengaruhi perubahan perilaku individu (*aktor*) dalam memanfaatkan sumber daya pesisir, yang pada akhirnya akan menentukan performa ekologi, ekonomi, dan sosial dari sistem tersebut (Chavance, 2009).

Dalam hal ini, pendekatan sistem dinamik dapat dimanfaatkan untuk memodelkan interaksi antarvariabel seperti luasan mangrove, tingkat upaya penangkapan (*unit effort*), produktivitas perikanan, serta aspek kelembagaan secara menyeluruh. Pendekatan ini juga mendukung perumusan skenario kebijakan berbasis bukti (*evidence-based policy*) guna menunjang pengelolaan mangrove dan perikanan tangkap yang berkesinambungan.

Pada tataran analisis ekonomi kelembagaan, pendekatan utama difokuskan pada bagaimana peran kelembagaan memengaruhi kinerja suatu sistem pengelolaan sumber daya. Teori ini menyoroti tiga komponen pokok: (1) situasi yang memicu keterkaitan (*interdependensi*) antaraktor; (2) struktur kelembagaan, meliputi penetapan batas yurisdiksi, kepemilikan hak, dan mekanisme representasi; serta (3)

kinerja kelembagaan, yaitu luaran yang dihasilkan dari interaksi antara situasi dengan struktur kelembagaan tersebut.

Schmid (1987) menegaskan bahwa perubahan pada situasi yang dihadapi, apabila diterapkan dengan kelembagaan yang sama, dapat menghasilkan kinerja (performa) yang berbeda. Demikian pula, situasi yang sama dengan penerapan bentuk kelembagaan yang berbeda juga akan memunculkan hasil yang berbeda. Sebaliknya, pada situasi yang sama dan dengan struktur kelembagaan yang identik, performa yang dihasilkan cenderung sama.

Implikasi dari teori ini adalah pentingnya mendesain kelembagaan yang kontekstual, adaptif terhadap dinamika situasi lapangan, serta mampu menjawab interdependensi yang muncul di antara para pelaku. Dalam konteks pengelolaan ekosistem mangrove dan perikanan skala kecil, teori ini menekankan perlunya sinkronisasi antara kondisi ekologis, struktur kelembagaan pengelolaan, dan perilaku pemanfaat sumber daya agar performa keberlanjutan dapat dicapai secara optimal.

Perubahan iklim telah diakui secara ilmiah sebagai fenomena global yang membawa berbagai dampak nyata bagi kehidupan manusia. Salah satu buktinya tampak pada pergeseran pola musim, di mana periode kemarau cenderung lebih panjang, sedangkan musim hujan menjadi lebih singkat namun dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Pola tersebut berkontribusi terhadap munculnya bencana seperti kekeringan berkepanjangan, gagal panen, krisis air bersih, kelangkaan pangan, pemanasan suhu permukaan laut, banjir, hingga tanah longsor.

Berbagai penelitian, salah satunya oleh Stern (2007), menegaskan bahwa negara-negara berkembang menjadi pihak yang paling rentan terdampak perubahan iklim. Keterbatasan sumber daya dan infrastruktur adaptasi membuat negara berkembang menghadapi tantangan lebih besar dalam menekan risiko dibandingkan negara maju.

Secara umum, perubahan iklim disebabkan oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer, meliputi CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, dan SF₆ (lihat Gambar 2). Peningkatan emisi GRK terutama bersumber dari aktivitas industri berbasis bahan bakar fosil serta konversi penggunaan lahan, perubahan fungsi kawasan, dan kegiatan kehutanan dikenal sebagai sektor AFOLU (Agriculture,

Forestry and Land Use).

Di tingkat global, sektor energi merupakan kontributor utama emisi GRK: pembangkit listrik menyumbang 24%, diikuti industri (14%), transportasi (14%), konstruksi (8%), dan sumber energi lain (5%). Sementara itu, sektor non-energi yang meliputi perubahan penggunaan lahan dan kehutanan (18%), pertanian (14%), serta pengelolaan limbah (3%) juga berkontribusi signifikan (Stern, 2007).

Karbon memegang peran penting sebagai unsur pembentuk GRK, terutama CO₂ yang dominan pada sektor kehutanan. GRK berbasis karbon lainnya, seperti metana (CH₄), HFC, dan PFC, juga memberi kontribusi signifikan. Meskipun gas-gas ini dapat terbentuk secara alami, akumulasi globalnya sebagian besar dipengaruhi oleh aktivitas manusia (Stern, 2007).

Menurut Bengen (2002), keberadaan hutan mangrove memberikan manfaat signifikan bagi manusia, organisme lain, serta lingkungan abiotik melalui beberapa fungsi utama:

1. Fungsi fisik, yaitu mangrove berperan sebagai pelindung kawasan pesisir dengan menghambat intrusi air laut ke daratan, menahan laju abrasi pantai, meredam angin kencang, mengendalikan banjir, serta membantu mengurangi tingkat pencemaran.
2. Fungsi biologis, di mana mangrove mendukung produktivitas perairan pesisir dengan menyediakan area pemijahan, perlindungan, serta habitat asuhan bagi berbagai jenis biota seperti ikan, udang, kerang, hingga burung. Selain itu, ekosistem ini juga menghasilkan berbagai sumber pangan penting bagi masyarakat sekitar.
3. Fungsi kimia, di mana kawasan mangrove menjadi lokasi berlangsungnya proses dekomposisi bahan organik serta berbagai reaksi kimia yang berkaitan dengan kondisi tanah di kawasan tersebut.
4. Fungsi ekonomi, yaitu hutan mangrove berperan sebagai penyedia berbagai sumber daya seperti kayu bakar, bahan konstruksi, bahan baku industri, hingga lahan untuk kegiatan pertanian dan perburuan. Mangrove juga memiliki potensi mendukung sektor farmasi, industri penyamakan kulit, serta pariwisata. Manfaat ekonomi ini terkait erat dengan produktivitas perikanan nasional,

terutama di wilayah pesisir yang kaya potensi, seperti pesisir timur Sumatera, selatan dan timur Kalimantan, pantai Cilacap, serta pesisir selatan Papua.

5. Fungsi sosial, di mana hutan mangrove mendukung kehidupan masyarakat pesisir melalui pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan yang umumnya diatur melalui norma atau hukum adat yang dijunjung tinggi oleh komunitas lokal.

Menurut Dahuri (2004), ekosistem hutan mangrove memberikan dua manfaat utama bagi manusia, yaitu:

1. Manfaat Ekologis

Mangrove memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas ekosistem pesisir. Hutan ini berfungsi sebagai penahan angin, peredam gelombang, penyaring polutan, sekaligus menyediakan habitat dan tempat perlindungan bagi berbagai biota perairan seperti ikan, udang, dan kepiting. Salah satu kontribusi terbesarnya adalah produksi serasah daun yang tinggi, diperkirakan mencapai 7–8 ton per hektare per tahun. Hanya sebagian kecil (sekitar 7%) dedaunan tersebut dimakan langsung oleh fauna mangrove, sedangkan sebagian besar terurai melalui aktivitas mikroorganisme dan hewan dekomposer menjadi detritus. Detritus inilah yang menjadi sumber energi penting dalam jaring-jaring makanan ekosistem pesisir.

2. Manfaat Ekonomi

Selain fungsi ekologis, mangrove juga menghasilkan berbagai produk bernilai ekonomi. Ekosistem ini mendukung hasil perikanan seperti ikan, udang, dan kepiting, serta produk kehutanan seperti kayu bakau yang banyak dimanfaatkan untuk kayu bakar, tiang bangunan, arang, atau bahan baku industri tertentu. Nilai ekonomi tersebut menjadikan mangrove berperan strategis dalam mendukung mata pencaharian masyarakat pesisir dan keberlanjutan ekonomi lokal.

- i. Jenis dan Zonasi Mangrove

Jenis mangrove yang mendominasi kawasan pesisir Indonesia umumnya berasal dari delapan famili dengan dua belas genus. Beberapa spesies yang sering mendominasi antara lain bakau (*Rhizophora* sp.), api-api (*Avicennia alba*), tancang (*Bruguiera* sp.), serta nipah (*Nypa fruticans*). Sebaran habitat mangrove umumnya terkonsentrasi di wilayah pesisir, terutama di teluk dangkal, kawasan estuaria, delta

sungai, maupun pantai yang relatif terlindungi dari hempasan gelombang besar (Bengen, 2002).

Dilihat dari komposisi vegetasinya, zonasi hutan mangrove dari arah laut menuju daratan dapat dibagi ke dalam beberapa bagian, yaitu:

1. Zona *Avicennia* sp, yakni area terluar yang berhadapan langsung dengan laut, umumnya memiliki substrat berpasir dan banyak didominasi *Avicennia* sp. bersama *Sonneratia* sp. Spesies *Sonneratia* cenderung mendominasi area berlumpur yang kaya kandungan bahan organik.
2. Zona *Rhizophora* sp, yang terletak lebih ke darat umumnya didominasi oleh formasi *Rhizophora* sp, disertai kehadiran *Bruguiera* sp. serta *Xylocarpus* sp.
3. Zona *Bruguiera* sp, terletak lebih ke pedalaman daratan dan mayoritas ditumbuhi *Bruguiera* sp.
4. Zona *Nypa* sp, yaitu zona transisi antara kawasan mangrove dengan hutan dataran rendah di darat, umumnya ditumbuhi *Nypa fruticans* dan beberapa jenis palma lainnya.

Alikodra (1998) menjelaskan bahwa sebaran dan pertumbuhan mangrove dipengaruhi oleh tiga faktor utama, yaitu:

1. Kondisi tanah (keras atau lunak, berpasir atau berlumpur),
2. Salinitas air, termasuk variasi harian/tahunan, kedalaman, dan durasi genangan,
3. Ketahanan jenis mangrove terhadap arus dan hempasan gelombang.

Sebagai ilustrasi, genus *Rhizophora* memiliki preferensi substrat yang cukup spesifik: *Rhizophora mucronata* umumnya tumbuh di area dengan tanah berlumpur yang dalam, sedangkan *R. apiculata* lebih sering dijumpai pada substrat lumpur dangkal. Sementara itu, *R. stylosa* lazim ditemukan di kawasan pantai berpasir atau berkarang yang memiliki lapisan lumpur atau pasir. Apabila salinitas di muara sungai maupun danau menurun akibat terbatasnya pengaruh pasang surut, maka vegetasi seperti *Lumnitzera* sp. dan *Xylocarpus granatum* cenderung lebih mendominasi.

j. Penyebab Kerusakan Mangrove

Secara umum, kerusakan hutan mangrove dapat disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu faktor manusia dan faktor alam. Menurut Tirtakusumah (1994),

penyebab dominan adalah aktivitas manusia yang mengeksploitasi lahan mangrove secara berlebihan, sedangkan faktor alam seperti banjir, kekeringan, atau serangan hama hanya memberikan dampak yang relatif kecil.

Supriharyono (2000) menambahkan bahwa konversi lahan mangrove menjadi tambak merupakan penyebab kerusakan terbesar. Beberapa pendorong aktivitas konversi ini antara lain:

1. Keinginan membuka tambak di lahan terbuka dengan pertimbangan ekonomis, karena biayanya relatif rendah.
2. Kebutuhan kayu bakar rumah tangga yang mendesak di wilayah yang minim alternatif sumber kayu lain.
3. Rendahnya pemahaman masyarakat akan pentingnya fungsi ekologis mangrove.
4. Ketimpangan sosial antara petambak tradisional dan pemilik modal tambak modern, yang memicu praktik jual-beli lahan yang tidak rasional.

Tekanan dari dalam ekosistem muncul akibat pertumbuhan penduduk yang memicu tingginya konversi dan eksploitasi mangrove. Dari luar, reklamasi lahan juga berkontribusi pada kerusakan total atau sebagian ekosistem. Akibatnya, banyak kawasan mangrove berubah menjadi bentuk ekosistem lain dan memunculkan ancaman serius terhadap area mangrove yang tersisa (Supriharyono, 2000).

Soesanto dan Sudomo (1994) menyoroti beberapa aspek yang memperparah kerusakan mangrove, seperti minimnya pemahaman akan fungsi ekologis mangrove, tekanan ekonomi masyarakat pesisir, dan dominasi pertimbangan ekonomi yang sering mengesampingkan aspek lingkungan.

Permasalahan Terkait Kelestarian Mangrove, Sugandhy (1994) merinci beberapa persoalan utama yang masih dihadapi dalam menjaga fungsi mangrove, yaitu:

1. Pemanfaatan ganda yang tidak terkendali. Pemanfaatan lintas sektor yang berlebihan, seperti di Teluk Jakarta, telah memicu erosi pantai akibat hilangnya fungsi mangrove sebagai penahan gelombang. Di beberapa kawasan, seperti Suwung (Bali), pembangunan infrastruktur pesisir juga memperparah abrasi. Lemahnya pengelolaan, mulai dari teknik silvikultur, SDM, perencanaan, hingga pengawasan, memicu penebangan liar di luar batas regenerasi alami.

2. Masalah tanah timbul akibat sedimentasi berkelanjutan. Endapan lumpur di muara sungai memunculkan konflik kepemilikan lahan antara masyarakat setempat dan pihak kehutanan, seperti yang terjadi di Segara Anakan atau Pantura Jawa.
3. Konversi lahan mangrove. Di banyak daerah pesisir—terutama pantai timur Sumatera, Jawa, Bali Selatan, dan Sulawesi Selatan—lahan mangrove diubah menjadi pemukiman, tambak, pelabuhan, kawasan industri, hingga ladang garam tanpa perencanaan yang memperhatikan kapasitas ekosistem.
4. Persoalan sosial ekonomi. Pertumbuhan penduduk pesisir yang tinggi tidak diimbangi dengan kesempatan kerja yang memadai, sehingga mendorong konversi lahan mangrove menjadi tambak, sawah, kawasan wisata, atau permukiman. Eksploitasi terumbu karang di sekitar kawasan juga kerap melebihi kapasitas pulihnya ekosistem.
5. Kelemahan kelembagaan dan hukum. Tumpang tindih kewenangan antarinstansi pusat dan daerah kerap menimbulkan konflik, memperumit prosedur perizinan, dan membuka peluang kerusakan ekosistem pesisir.
6. Terbatasnya data dan informasi. Informasi teknis tentang tipologi ekosistem, biodiversitas, kondisi sosial, potensi ekonomi, hingga teknologi pengelolaan masih kurang memadai untuk mendukung penataan ruang, perlindungan kawasan, dan rehabilitasi.

Alikodra (1998) menyoroti sejumlah tantangan mendesak yang harus segera diatasi untuk mencegah semakin meluasnya kerusakan hutan mangrove. Beberapa di antaranya meliputi:

1. Masih terbatasnya ketersediaan data, informasi, pengetahuan, serta teknologi yang mendukung praktik pengelolaan mangrove yang berkelanjutan.
2. Kelemahan dalam aspek silvikultur, kapasitas sumber daya manusia, perencanaan, kelembagaan, dan mekanisme pengawasan, yang menyebabkan laju degradasi mangrove sulit dikendalikan.
3. Faktor sosial, ekonomi, dan budaya di sekitar kawasan mangrove yang belum mendukung pengelolaan berkelanjutan, terutama disebabkan oleh rendahnya tingkat pendidikan, pengetahuan, dan peluang ekonomi masyarakat.

4. Tingkat keterlibatan masyarakat dalam tahap perencanaan hingga pemanfaatan masih minim, sehingga sering memunculkan perbedaan pandangan antara pihak pengelola dan pengguna sumber daya mangrove.
5. Keterbatasan anggaran untuk mendukung perlindungan, konservasi, riset, maupun pemanfaatan hutan mangrove secara berkesinambungan.

2.1.5. Kerusakan Sumberdaya Alam Wilayah Pesisir

Sumber daya alam di kawasan pesisir dan laut terdiri atas unsur hayati maupun nonhayati yang saling berinteraksi dan memiliki peran penting dalam menunjang kehidupan manusia serta meningkatkan taraf hidup masyarakat (Bengen, 2002). Unsur-unsur tersebut saling terkait membentuk ekosistem yang bersifat dinamis dan kompleks. Beberapa ekosistem utama di wilayah pesisir meliputi hutan mangrove, terumbu karang, padang lamun, estuaria, ekosistem pantai, serta gugusan pulau-pulau kecil.

Seiring pertumbuhan penduduk dan pesatnya pembangunan di wilayah pesisir, mulai dari permukiman, sektor pertanian, perkebunan, hingga kegiatan industri, tekanan ekologis terhadap ekosistem dan sumber dayanya semakin meningkat (Bengen, 2002).

Permasalahan utama yang muncul di wilayah pesisir mencakup kerusakan ekosistem mangrove, penurunan kualitas terumbu karang, pencemaran, penumpukan limbah, serta abrasi pantai. Budhisantoso (1998) menekankan bahwa tantangan mendasar dalam pengelolaan kawasan pesisir adalah menurunnya ketersediaan sumber daya, khususnya mangrove, yang disertai dengan menurunnya kualitas lingkungan secara keseluruhan.

2.1.6. Pembangunan Berkelanjutan

Menurut FAO (1995), pembangunan berkelanjutan dalam konteks pengelolaan perikanan berarti pengelolaan dan pelestarian sumber daya alam yang disertai penyesuaian teknologi dan kelembagaan agar kebutuhan generasi saat ini terpenuhi tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya. Prinsip ini juga berlaku di sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan, termasuk pengelolaan air, flora, dan fauna, dengan syarat tidak menimbulkan kerusakan lingkungan, layak secara teknis, menguntungkan secara

ekonomi, dan dapat diterima secara sosial.

Palunsu (1996) menegaskan bahwa pembangunan berkelanjutan memiliki tiga prinsip dasar: pertama, pemenuhan kebutuhan masa kini tanpa mengorbankan generasi mendatang; kedua, tidak melebihi daya dukung lingkungan; dan ketiga, optimalisasi pemanfaatan sumber daya alam dan manusia dengan menyeimbangkan hubungan manusia, pembangunan, dan kelestarian sumber daya alam.

Sementara itu, Munasinghe (2002) memaparkan bahwa pembangunan berkelanjutan mencakup tiga pilar utama, ekonomi, sosial, dan lingkungan, yang saling berhubungan dalam satu sistem terpadu. Dimensi ekonomi menitikberatkan pada pengembangan manusia melalui peningkatan konsumsi barang dan jasa, dimensi lingkungan menekankan perlindungan ekosistem, sedangkan dimensi sosial mengarah pada penguatan hubungan sosial, pemenuhan aspirasi individu maupun kelompok, serta peneguhan nilai-nilai sosial dan kelembagaan (Gambar 9).



Gambar 9. Bentuk pembangunan berkelanjutan

Munasinghe (2002) menekankan bahwa konsep pembangunan berkelanjutan harus dilandasi empat pilar pokok, yakni: (1) mengintegrasikan prinsip keadilan (equity) antara kepentingan lingkungan dan ekonomi ke dalam proses pengambilan kebijakan; (2) memberikan perhatian khusus pada aspek ekonomi; (3) mempertimbangkan secara mendalam faktor lingkungan; dan (4) memperhatikan dimensi sosial budaya.

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9, kerangka sustainomics menggambarkan bagaimana pendekatan multidisiplin dapat digunakan sebagai dasar untuk menilai potensi sinergi sekaligus trade-off di antara dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan dalam upaya mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan. Pendekatan lintas-disiplin ini harus senantiasa diperbarui dan disesuaikan dengan karakteristik lokal agar pengelolaan sumber daya pesisir dan laut dapat berjalan secara berkelanjutan, efektif, dan efisien.

Munasinghe juga menyebutkan bahwa pencapaian keberlanjutan ekonomi modern diukur melalui manfaat riil yang tercermin dari kesediaan masyarakat untuk membayar (willingness to pay) atas barang dan jasa yang dikonsumsi. Fokus utama aspek ekonomi berkelanjutan adalah memastikan agar arus pendapatan atau tingkat konsumsi dapat dipertahankan dalam jangka panjang. Dalam hal ini, efisiensi ekonomi memegang peranan penting untuk menjamin penggunaan sumber daya secara optimal, baik pada sisi produksi maupun konsumsi, sehingga menghasilkan nilai tambah maksimal.

Menurut Anwar (2001), pembangunan berkelanjutan tidak hanya bertumpu pada tiga pilar utama, yakni ekonomi, sosial, dan lingkungan, tetapi juga harus memperhatikan aspek spasial dan temporal. Konsep keberlanjutan bersifat dinamis dan akan terus berkembang sejalan dengan perubahan nilai-nilai sosial, perilaku manusia, dinamika ekonomi, serta perkembangan politik.

Interaksi antara aspek ekologi, ekonomi, dan sosial dalam pengelolaan sumber daya pesisir dan laut diarahkan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, baik di tingkat lokal untuk jangka pendek maupun dalam konteks yang lebih luas dan berjangka panjang, melalui tata kelola lintas ruang dan lintas waktu.

Charles (2001) menekankan bahwa keberlanjutan harus mencakup dimensi ekologi, sosial ekonomi, keberlanjutan komunitas, dan keberlanjutan kelembagaan sebagai satu kesatuan yang saling mendukung.



Gambar 10. Bentuk segitiga pembangunan berkelanjutan

1. Keberlanjutan ekologi, yaitu upaya menjaga kelestarian stok atau biomassa sumber daya perikanan agar tetap berada dalam batas daya dukungnya, sambil meningkatkan mutu dan kapasitas ekosistem sebagai prioritas utama.
2. Keberlanjutan sosial ekonomi, yang berarti menjamin keberlanjutan kesejahteraan para pelaku perikanan, baik di tingkat individu maupun masyarakat, agar taraf hidup mereka dapat dipertahankan atau ditingkatkan.
3. Keberlanjutan komunitas, yang menitikberatkan pada perlindungan kesejahteraan sosial masyarakat pesisir sebagai bagian yang tak terpisahkan dari upaya pembangunan perikanan yang berkelanjutan.
4. Keberlanjutan kelembagaan, yang menekankan pentingnya kesehatan keuangan dan tata kelola administrasi sebagai fondasi keberhasilan pengelolaan perikanan berkelanjutan.

Selain itu, Charles (2001) menjelaskan bahwa sistem perikanan berkelanjutan dibangun di atas tiga elemen pokok, yaitu:

1. Komponen ekologis, meliputi stok ikan, ekosistem, serta faktor lingkungan biofisik pendukungnya.
2. Komponen manusia, yang mencakup nelayan, pelaku usaha pengolahan hasil tangkapan, pengguna lainnya, komunitas perikanan, serta konteks sosial, ekonomi, dan budaya yang berkaitan.
3. Komponen kelembagaan pengelolaan, yang terdiri dari perumusan kebijakan, kegiatan manajemen, pengembangan sektor perikanan, hingga pelaksanaan

riset untuk mendukung pengelolaan yang efektif.

2.1.7. Ekonomi Biru

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2014 tentang Kelautan, pemerintah pusat dan daerah memiliki mandat untuk mengelola wilayah laut melalui pemanfaatan dan pengusahaan sumber daya kelautan dengan menerapkan prinsip ekonomi biru. Ruang lingkup pengelolaan tersebut mencakup perencanaan, pengusahaan, penyediaan, pemanfaatan sumber daya laut, hingga kegiatan konservasi wilayah perairan.

Konsep ekonomi biru, yang juga dikenal sebagai ekonomi laut atau ekonomi maritim, mengacu pada upaya pemanfaatan potensi sumber daya laut secara berkelanjutan untuk mendukung pertumbuhan ekonomi, meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir, serta menjaga kelestarian ekosistem laut. Penerapan ekonomi biru meliputi berbagai sektor, seperti perikanan, akuakultur, pelayaran, energi terbarukan, pariwisata bahari, hingga bioteknologi kelautan. Pendekatan ini dipercaya mampu berkontribusi signifikan dalam menekan angka kemiskinan dan mendorong pembangunan berkelanjutan, sehingga menjadi fokus utama berbagai kalangan, termasuk pemerintah, akademisi, dan pemangku kepentingan (Youssef, 2023).

Konsep ini pertama kali dipopulerkan oleh Gunter Pauli melalui karyanya *The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs*, yang memaparkan bagaimana ekonomi biru dapat memberikan manfaat besar bagi perlindungan lingkungan global, pelestarian sumber daya alam, sekaligus mendorong efisiensi biaya industri melalui transisi ke energi hijau, daur ulang, dan teknologi terbarukan.

Sementara itu, Jusuf (2012) mendefinisikan ekonomi biru sebagai pendekatan pembangunan ekonomi masyarakat secara terpadu, yang bertujuan mendukung pencapaian target pembangunan nasional. Penerapan ekonomi biru sejalan dengan *triple track strategy*, yaitu kebijakan pembangunan yang menitikberatkan pada pertumbuhan ekonomi (*pro-growth*), pengentasan kemiskinan (*pro-poor*), penciptaan lapangan kerja (*pro-job*), serta pelestarian lingkungan (*pro-environment*). Pendekatan ini semakin relevan mengingat semakin

terbatasnya kemampuan sumber daya alam dan daya dukung lingkungan untuk menopang aktivitas penduduk, baik dari sisi kuantitas, kualitas, maupun mobilitas.

Dengan demikian, keberlangsungan hidup manusia saat ini maupun generasi mendatang berpotensi terancam apabila kerusakan lingkungan terus dibiarkan tanpa penanganan yang tepat. Untuk mencegah hal tersebut, diperlukan peningkatan kesadaran, pemahaman, serta pembelajaran mengenai pentingnya pelestarian lingkungan. Harapannya, penerapan program ekonomi hijau dapat berfungsi sebagai pedoman sekaligus acuan dalam setiap aktivitas manusia, sehingga mendorong perubahan perilaku dan paradigma masyarakat agar senantiasa mau belajar, mencari informasi, serta melakukan tindakan terbaik demi menjaga dan mengelola kualitas lingkungan hidup. Peningkatan kualitas hidup masyarakat akan menjadi konsekuensi logis dari kondisi lingkungan yang semakin terjaga.

Prinsip yang diusung dalam ekonomi biru juga dapat menjadi kunci keberhasilan dalam perencanaan pembangunan nasional. Implementasi nyata dari pendekatan ekonomi biru dapat dijabarkan ke dalam tiga langkah utama. Pertama, perlunya pemahaman yang lebih mendalam mengenai nilai dan fungsi ekosistem laut. Kedua, mengoptimalkan peran ekosistem laut dalam mendukung ketahanan pangan secara berkelanjutan, dengan menghubungkannya pada aspek sosial, pembangunan, serta strategi ekonomi nasional. Ketiga, melakukan transisi ekonomi yang memanfaatkan potensi sektor industri, pasar, dan komunitas agar pembangunan dapat berlangsung lebih adil dan merata. Prinsip ekonomi biru dinilai relevan sebagai salah satu strategi untuk membantu masyarakat global dalam merespons tantangan perubahan iklim, kondisi ekosistem laut yang semakin rentan, serta persoalan pengasaman air laut.

Di tingkat nasional, Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) menitikberatkan konsep ekonomi biru pada tiga aspek utama, yakni sosial, ekonomi, dan ekologi. Menteri Kelautan dan Perikanan menegaskan bahwa penerapan prinsip ekonomi biru tidak bertentangan dengan prinsip-prinsip ekonomi hijau yang telah lama diadopsi dalam perencanaan pembangunan di Indonesia. Bahkan, kedua pendekatan ini dinilai dapat saling mendukung dan berjalan selaras untuk mewujudkan pembangunan yang inklusif dan berkelanjutan.

Menurut Jusuf (2012), konsep ekonomi hijau dan ekonomi biru sejatinya saling melengkapi karena ekonomi biru merupakan bagian integral yang tidak terpisahkan dari pendekatan ekonomi hijau. Sharif menjelaskan bahwa prinsip-prinsip dalam ekonomi biru dapat memperkuat ketahanan ekonomi dan mendukung keamanan pangan, sehingga berkontribusi pada terwujudnya pertumbuhan yang berkelanjutan. Sebagai negara kepulauan dengan karakter agraris dan maritim, Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang sangat besar, mulai dari sektor perikanan, pertanian, kelautan, hingga pariwisata. Tidak mengherankan jika devisa negara hingga saat ini sebagian besar masih bergantung pada sektor-sektor tersebut. Wacana penerapan *Blue & Green Economy* (BGE) pun semakin banyak digaungkan oleh berbagai negara di dunia, mengingat urgensi persoalan lingkungan yang telah dan akan terus menjadi ancaman nyata bagi keberlangsungan hidup manusia.

Pauli (2010) menekankan bahwa ekonomi biru merupakan pendekatan pengelolaan sumber daya lokal dengan menekankan pada inklusivitas sosial, efisiensi, dan efektivitas, yang dilaksanakan secara kreatif dan inovatif melalui pemanfaatan material tanpa menghasilkan limbah. Tujuan utama dari penerapan ekonomi biru adalah menciptakan keseimbangan pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable growth equity*), terutama di wilayah kepulauan. Hal ini menjadi relevan karena daerah kepulauan memiliki tantangan dan keterbatasan spesifik terkait kondisi geografis dan dinamika cuaca, terutama pada periode-periode tertentu.

Mengacu pada berbagai literatur, ekonomi biru memberikan manfaat yang sangat penting, di antaranya:

1. Mengoptimalkan potensi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan (archipelagic state), sehingga seluruh kekayaan laut dan pesisir dapat dimanfaatkan secara maksimal dan berkelanjutan.
2. Mempertahankan kesehatan laut beserta potensi sumber daya pesisir serta mendukung pengembangan energi terbarukan.
3. Menyeimbangkan aspek ekonomi, sosial, budaya, dan lingkungan, guna memastikan kelestarian ekosistem laut tetap terjaga.
4. Memperluas sumber pangan yang dapat diandalkan, khususnya pangan

- berbasis hasil laut, untuk mendukung ketahanan pangan masyarakat pesisir.
5. Menjamin perlindungan lingkungan dan pelestarian sumber daya alam, terutama di sektor kelautan dan perikanan.
 6. Mempercepat terwujudnya pertumbuhan yang berkelanjutan dan berkeadilan, melalui pemanfaatan potensi laut secara optimal.
 7. Menciptakan lapangan kerja baru melalui optimalisasi jasa lingkungan dan nilai ekonomi laut, sehingga dapat meningkatkan pendapatan masyarakat.
 8. Memperkuat manajemen sumber daya laut, termasuk pengolahan hasil tangkapan melalui pendekatan ekosistem pengelolaan perikanan.
 9. Meningkatkan pembinaan, pengawasan, pengendalian, supervisi, dan advokasi demi menjaga kelestarian lingkungan laut.
 10. Melindungi spesies langka agar keanekaragaman hayati laut tetap terjaga.
 11. Meningkatkan kapasitas kesiapsiagaan serta ketahanan masyarakat pesisir dalam menghadapi risiko perubahan iklim dan potensi bencana alam.
 12. Mengurangi dampak dari pemanasan global, perubahan iklim, serta peningkatan permukaan air laut, sambil tetap mendukung peran ekosistem dalam menghasilkan oksigen (O₂) yang vital bagi kelangsungan hidup manusia.
 13. Mendorong inovasi dan pengembangan teknologi tepat guna untuk menghasilkan sumber energi alternatif dari potensi laut.

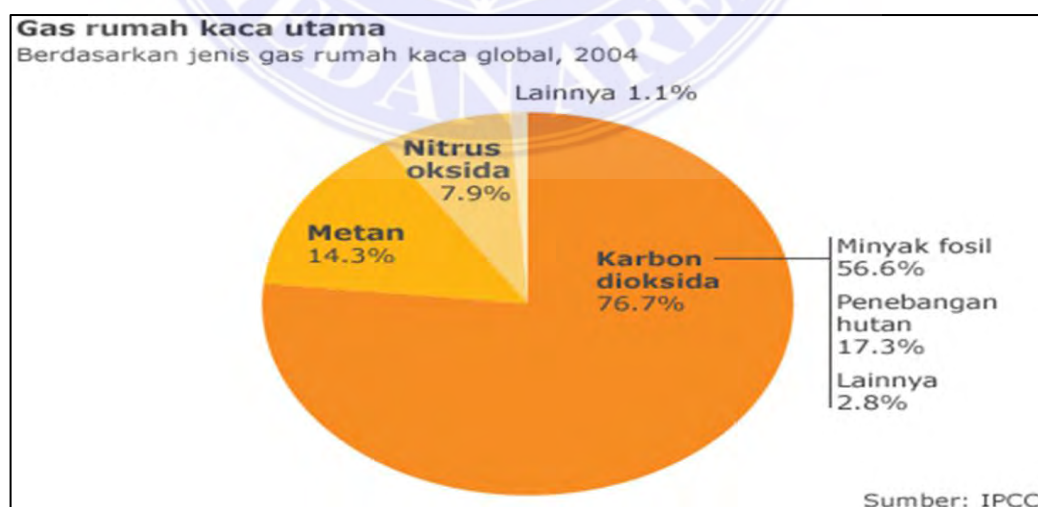
2.1.8. Perubahan Iklim dan Karbon

Perubahan iklim telah terverifikasi secara ilmiah dan kini diakui sebagai salah satu krisis lingkungan terbesar yang dihadapi umat manusia. Fenomena ini tercermin melalui perubahan pola musim, seperti periode kemarau yang semakin panjang, disertai musim hujan yang cenderung lebih singkat namun dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Dampaknya menjalar ke berbagai sektor kehidupan, termasuk memicu kekeringan berkepanjangan, penurunan hasil panen, kelangkaan pangan dan air bersih, peningkatan suhu permukaan laut, hingga bencana banjir serta tanah longsor. Berbagai studi menunjukkan bahwa negara-negara berkembang merupakan pihak yang paling rentan terdampak, mengingat

keterbatasan kapasitas adaptasi, meskipun negara maju juga tidak luput dari risiko yang ditimbulkan (IPCC, 2001; Stern, 2007).

Peningkatan kadar gas rumah kaca (GRK) seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dinitrogen oksida (N_2O), hidrofluorokarbon (HFC), perfluorokarbon (PFC), dan sulfur heksafluorida (SF_6) di atmosfer menjadi faktor utama pemicu perubahan iklim (Gambar 2). Lonjakan emisi ini sebagian besar bersumber dari aktivitas pembangunan industri berbasis bahan bakar fosil, serta perubahan penggunaan lahan dan sektor kehutanan (AFOLU Agriculture, Forestry and Land Use). Stern (2007) mencatat bahwa sektor energi secara global mendominasi kontribusi emisi, yakni dari pembangkit listrik (24%), industri (14%), transportasi (14%), konstruksi (8%), dan sumber energi lainnya (5%). Sementara dari sektor non-energi, emisi terbesar berasal dari perubahan lahan dan kehutanan sebesar 18%, pertanian 14%, serta limbah 3%.

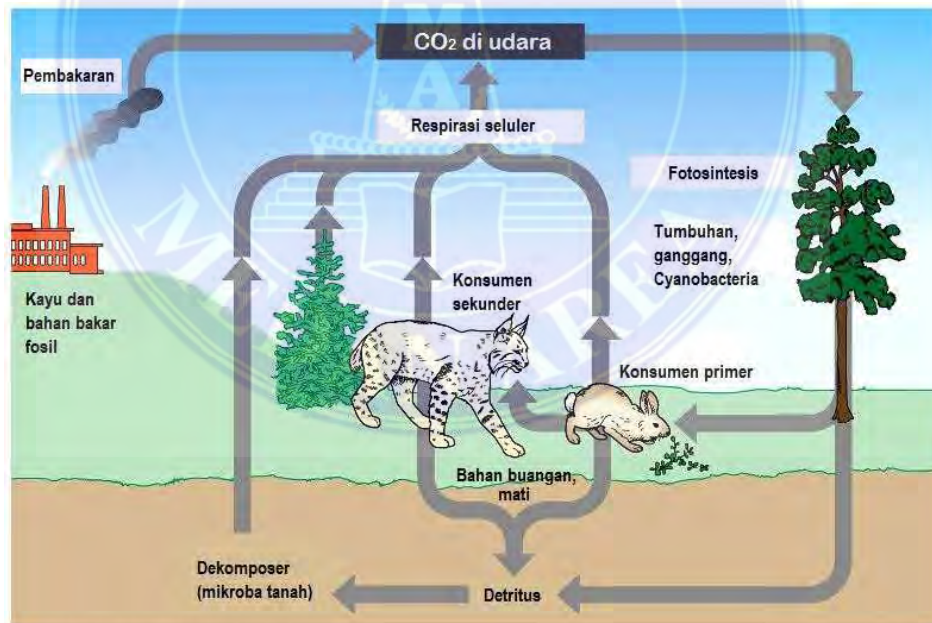
Unsur karbon memainkan peran sentral dalam pembentukan gas rumah kaca. Di sektor kehutanan, emisi GRK sebagian besar berasal dari pelepasan CO_2 . Selain itu, gas lain yang mengandung unsur karbon seperti metana (CH_4), hidrofluorokarbon (HFC), dan perfluorokarbon (PFC) turut berkontribusi pada akumulasi GRK di atmosfer. Walaupun gas-gas tersebut dapat terbentuk secara alami, porsi dominan peningkatan konsentrasinya tetap berasal dari aktivitas manusia.



Gambar 11. Ilustrasi grafik penyebab utama gas rumah kaca

Menurut Sutaryo (2009), biomassa hutan memiliki keterkaitan yang erat dengan isu perubahan iklim karena perannya yang signifikan dalam siklus biogeokimia, khususnya siklus karbon. Sekitar 50% karbon di ekosistem hutan tersimpan dalam vegetasi, sehingga ketika hutan mengalami kerusakan akibat kebakaran, pembalakan, atau aktivitas lainnya, karbon yang tersimpan tersebut akan terlepas ke atmosfer dan meningkatkan konsentrasi karbon di udara. Gambar 11 menunjukkan infografis siklus karbon dalam konteks biogeokimia.

Secara ringkas, pergerakan karbon di alam dapat dipahami melalui peralihannya antar kompartemen seperti biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer, dan atmosfer (Sutaryo, 2009). Meski demikian, siklus karbon merupakan rangkaian proses yang rumit karena setiap tahap saling terhubung dan memengaruhi satu sama lain. Oleh sebab itu, proses penyerapan karbon secara berkesinambungan perlu dijaga agar dapat menyeimbangkan emisi yang terus dihasilkan oleh aktivitas manusia. Jika proses penyerapan terganggu, akumulasi karbon di atmosfer akan semakin tinggi dan berpotensi memicu dampak negatif berupa pemanasan global.



Gambar 12. Siklus karbon (carbon cycle) memperlihatkan bahwa konsentrasi CO_2 di atmosfer dapat ditekan melalui peran penting tumbuhan yang mampu menyerap karbon dioksida melalui proses fotosintesis.

a. Peran Hutan Mangrove Dalam Perubahan Iklim

Selain berperan penting dalam menyerap dan menyimpan karbon dioksida dari atmosfer, ekosistem mangrove juga memiliki beragam fungsi ekologis

lainnya yang tak kalah signifikan. Keberagaman fungsi ini semakin mengukuhkan potensi mangrove sebagai salah satu mekanisme alami yang efektif dalam memperlambat laju perubahan iklim global. (Gambar 13).



Gambar 13. Ilustrasi manfaat hutan mangrove menunjukkan peran strategisnya dari sisi ekologis, salah satunya melalui kemampuannya menurunkan kadar karbon dioksida di atmosfer.

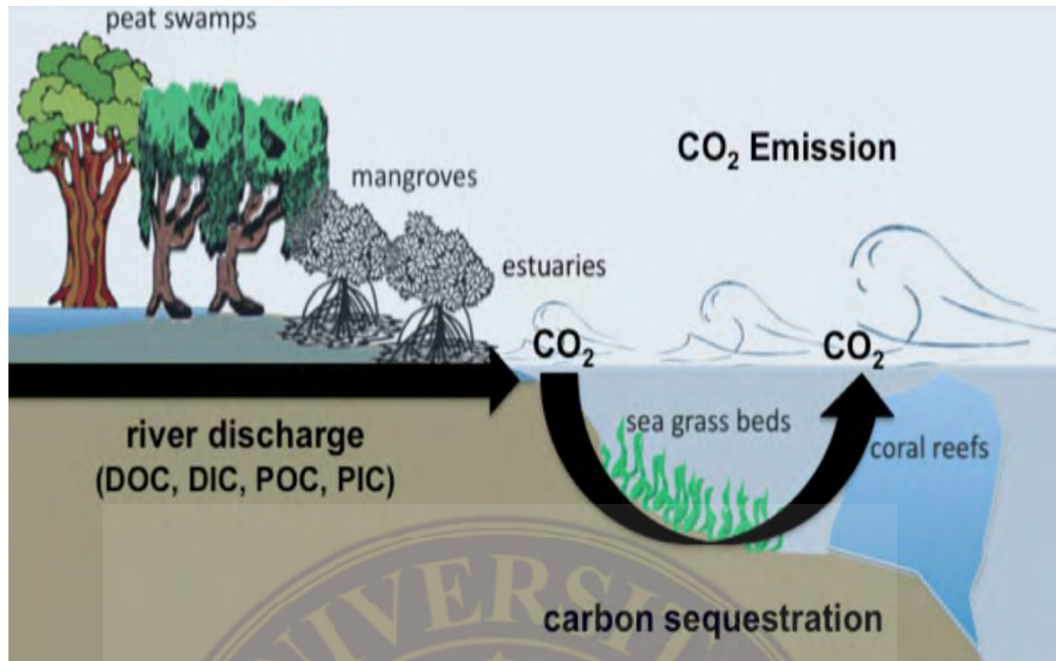
Sutaryo (2009) menyatakan bahwa biomassa hutan memiliki hubungan erat dengan permasalahan perubahan iklim, mengingat perannya yang krusial dalam siklus biogeokimia, khususnya siklus karbon. Sekitar 50% kandungan karbon di hutan disimpan di dalam vegetasi, sehingga kerusakan hutan, kebakaran, atau pembalakan dapat melepaskan karbon tersebut ke atmosfer dan meningkatkan konsentrasi karbon di udara. Secara sederhana, siklus karbon dapat digambarkan melalui infogram yang menunjukkan pergerakan karbon di antara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer, dan atmosfer (Sutaryo, 2009). Meski demikian, mekanisme siklus ini pada dasarnya sangat kompleks karena tiap tahapan saling berhubungan dan memengaruhi. Oleh sebab itu, penyerapan karbon secara berkelanjutan harus

terus dilakukan untuk menyeimbangkan emisi dari aktivitas manusia. Jika tidak, akumulasi karbon di atmosfer akan meningkat dan mempercepat pemanasan global.

Dalam konteks perubahan iklim, hutan memiliki peran ganda sebagai penyerap (*sink*) sekaligus penghasil emisi (*source*) karbon. Kegiatan deforestasi dan degradasi hutan meningkatkan fungsi hutan sebagai sumber emisi, sedangkan upaya aforestasi, reforestasi, penanaman ulang, dan konservasi hutan memperkuat peran hutan sebagai penyerap karbon. Dalam praktik pengelolaan hutan berkelanjutan, penyerapan karbon termasuk salah satu bentuk jasa lingkungan yang dihasilkan sektor kehutanan. Sebaliknya, aktivitas penyerapan karbon melalui aforestasi, reforestasi, maupun pencegahan deforestasi mendukung keberlanjutan pengelolaan hutan itu sendiri.

Jika dibandingkan dengan hutan tropis lainnya, ekosistem mangrove terbukti memiliki kemampuan menyimpan karbon yang lebih tinggi daripada hampir semua jenis hutan lain di dunia. Penelitian tim gabungan dari US Forest Service Pacific Southwest, Northern Research Station, Universitas Helsinki, dan Center for International Forestry Research (CIFOR) menemukan bahwa hutan mangrove di wilayah Indo-Pasifik mampu menyimpan hingga empat kali lebih banyak karbon per hektar dibandingkan sebagian besar hutan tropis (Schimel et al., 2001).

Gail Chmura, seorang ekolog dari Universitas McGill, menyatakan bahwa hutan mangrove memiliki kemampuan menyerap karbon lima kali lebih cepat dibandingkan hutan darat. Setiap tahun, mangrove dapat menyerap sekitar 42 juta ton karbon dari atmosfer, jumlah ini setara dengan emisi yang dihasilkan oleh sekitar 25 juta kendaraan bermotor (Ardianto, 2011). Kapasitas serapan ini berkaitan erat dengan besarnya biomassa hutan, yang umumnya diestimasi melalui data produksi dan kerapatan biomassa berdasarkan pengukuran diameter, tinggi, dan berat jenis pohon. Potensi biomassa pada hutan tropis, termasuk mangrove, merupakan jasa lingkungan yang krusial karena mendukung penyerapan dan penyimpanan karbon untuk menurunkan kadar CO₂ di atmosfer (Ardianto, 2011).



Gambar 14. Tumbuhan dan kaitannya dengan emisi karbondioksida

Selain kemampuannya dalam menyerap dan menyimpan karbon dioksida dari atmosfer, ekosistem mangrove juga memiliki berbagai fungsi ekologis penting lainnya. Hal ini semakin menegaskan bahwa mangrove berpotensi besar menjadi salah satu mekanisme alami untuk meminimalkan dampak perubahan iklim global. (Gambar 14).

b. Biomassa dan Stok Karbon

Biomassa dan karbon memiliki keterkaitan erat, karena biomassa terbentuk dari senyawa karbohidrat hasil fotosintesis yang mengandung unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Karbon berperan sebagai komponen utama bahan organik, sehingga sebagian besar cadangan karbon secara alami tersimpan di daratan maupun lautan, bukan di atmosfer.

Melalui fotosintesis, tumbuhan menyerap CO_2 dari udara dan mengubahnya menjadi karbohidrat yang kemudian disalurkan ke seluruh bagian tumbuhan mulai dari batang, cabang, ranting, hingga bunga dan buah. Proses penyerapan ini dikenal sebagai sekuestrasi karbon (*carbon sequestration*). Kandungan karbon pada biomassa hidup menunjukkan jumlah CO_2 yang berhasil diserap, sedangkan karbon yang tersimpan pada bagian tumbuhan mati (*nekromas*) menggambarkan CO_2 yang tidak terlepas kembali melalui proses oksidasi. Sebagian karbon ini digunakan

untuk aktivitas metabolik tumbuhan, sedangkan sisanya disimpan sebagai jaringan struktural (Rahadian et al., 2019).

Secara umum, biomassa merujuk pada total bahan organik hidup dalam suatu pohon, biasanya dinyatakan dalam satuan berat kering per hektar (Brown, 1997; Rahadian et al., 2019). Besarnya biomassa bergantung pada dimensi pohon (diameter dan tinggi), kerapatan kayu, serta tingkat kesuburan tanah (Kusmana et al., 1992; Rahadian, 2019). Makin besar biomassa, makin besar pula cadangan karbon yang tersimpan.

Hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem tropis dengan kapasitas cadangan karbon terbesar. Sebagai penyerap dan penyimpan karbon di kawasan pesisir, mangrove memiliki peran penting dalam menekan emisi karbon (Savana et al., 2019). Mangrove menyerap CO₂ melalui fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa atas (*above-ground biomass*), biomassa bawah (*below-ground biomass*), dan juga sedimen (Kauffman et al., 2011). Kapasitas simpan karbon mangrove bahkan dapat lima kali lebih besar dibandingkan hutan hujan tropis pada umumnya (Nellemann et al., 2009; Donato et al., 2011; Latupapua et al., 2019).

IPCC (2001) membagi sumber cadangan karbon (carbon pool) menjadi tiga kategori besar: biomassa hidup, bahan organik mati, dan karbon tanah. Lebih rinci, biomassa hidup dibedakan menjadi biomassa atas permukaan (BAP) dan biomassa bawah permukaan (BBP), sedangkan bahan organik mati terdiri atas kayu mati dan serasah. (Tabel 5)

Tabel 5 . Definisi sumber karbon berdasarkan IPCC guidelines

Sumber		Penjelasan
Biomassa	Atas Permukaan	Semua biomassa vegetasi hidup di atas permukaan tanah meliputi komponen seperti batang, tunggul, cabang, kulit, daun, serta buah, baik pada pohon, semak, maupun tumbuhan herba.
	Bawah Tanah	Seluruh biomassa yang berasal dari akar hidup. Akar halus dengan diameter kurang dari 2 mm umumnya tidak diperhitungkan karena sulit dibedakan dari bahan organik mati di dalam tanah maupun serasah.
Bahan Organik Mati atau Nekromasa	Kayu mati	Seluruh biomassa kayu mati, baik yang masih berdiri, tumbang, maupun tertimbun di dalam tanah, dengan diameter lebih dari 10 cm.

Sumber		Penjelasan
	Serasah	Seluruh biomassa mati berukuran lebih dari 2 mm dengan diameter kurang dari atau sama dengan 10 cm, yang berada dalam kondisi rebah pada berbagai tingkat dekomposisi.
Tanah	Bahan Organik Tanah	Seluruh bahan organik tanah hingga kedalaman tertentu (misalnya 30 cm untuk tanah mineral), mencakup akar halus dan serasah berdiameter kurang dari 2 mm yang sulit dibedakan secara jelas.

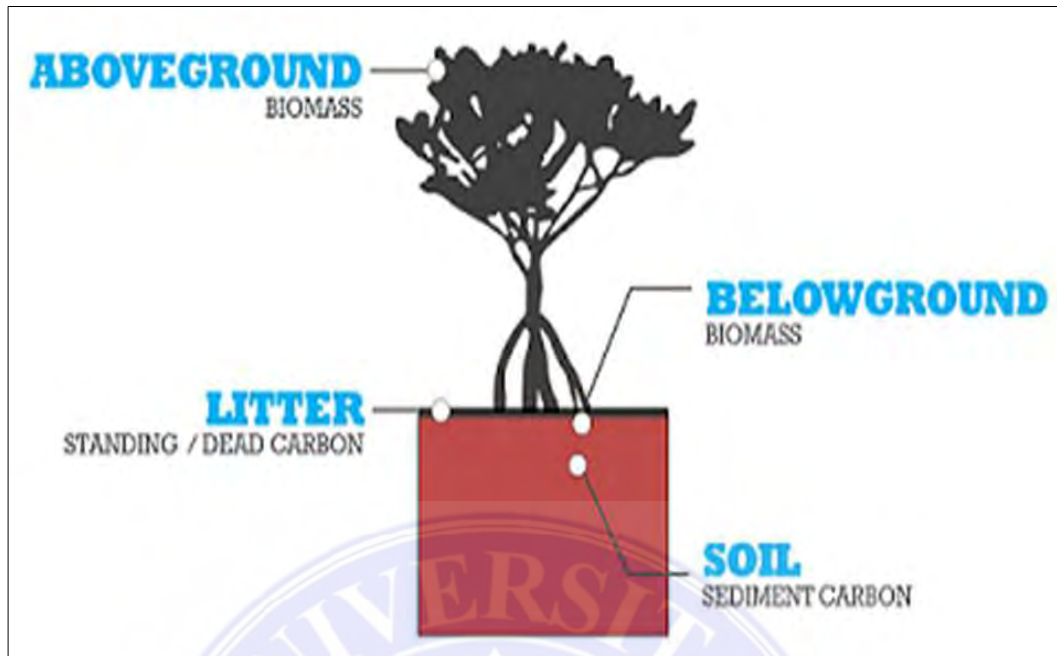
Sumber: IPCC guidelines (2001)

Menurut Hairiah et al. (2001), dalam ekosistem daratan, cadangan karbon dapat diklasifikasikan ke dalam tiga komponen pokok, yaitu:

- Komponen hidup (biomassa): mencakup seluruh materi vegetasi hidup, termasuk batang, cabang, tajuk pohon beserta sistem perakarannya, tumbuhan bawah, gulma, hingga tanaman semusim.
- Komponen mati (nekromasa): terdiri atas bagian pohon yang telah mati, baik yang masih berdiri seperti batang atau tunggul, maupun yang sudah tumbang di permukaan tanah, kayu lapuk, ranting, dan serasah daun yang belum sepenuhnya terdekomposisi.
- Tanah (bahan organik tanah): berupa sisa organisme (tanaman, hewan, atau manusia) yang telah mengalami pembusukan sebagian atau keseluruhan, kemudian terintegrasi menjadi unsur penyusun tanah.

Jika ditinjau dari letaknya, ketiga komponen ini dikategorikan menjadi dua kelompok utama (lihat Gambar 6):

- Karbon dalam tanah: mencakup biomassa akar serta bahan organik tanah.
- Karbon di atas permukaan tanah: meliputi biomassa pohon, tumbuhan bawah, nekromasa (tegakan mati), dan serasah.



Gambar 15. Ilustrasi cadangan karbon (*carbon pools*) pada pohon mangrove mencakup empat komponen utama, yakni biomassa di atas permukaan tanah (*aboveground biomass*), biomassa di bawah permukaan tanah (*belowground biomass*), serasah (*litter*), serta bahan organik yang tersimpan di dalam tanah (*soil organic carbon*).

Berdasarkan ilustrasi tersebut, dapat dilihat bahwa karbon di atmosfer dapat diserap melalui komponen serasah (*litter*) dan bahan organik tanah (*soil organic carbon*), serta melalui akumulasi biomassa di atas permukaan (*aboveground biomass*) maupun di bawah permukaan tanah (*belowground biomass*) pada suatu tegakan pohon. Dengan demikian, semakin besar biomassa pada setiap komponen tersebut, semakin tinggi pula potensi penyerapan dan penyimpanan karbon, sehingga pelepasan karbon ke atmosfer dapat ditekan dan peningkatan konsentrasi karbon di udara dapat diminimalkan guna meredam laju perubahan iklim global.

2.1.9. Konsep Pengelolaan Tambak Ramah Lingkungan

Budidaya tambak ramah lingkungan merupakan sistem budidaya yang dalam proses pembangunan dan produksinya, terutama untuk komoditas udang, dilaksanakan tanpa menimbulkan kerusakan lingkungan. Praktik budidaya ini harus mematuhi prinsip-prinsip pengelolaan lingkungan yang baik, di antaranya penyediaan sabuk hijau (*greenbelt*), pembangunan kolam tandon untuk saluran pembuangan dan pemasukan air, menjaga rasio antara lahan produksi tambak dan

area hijau dengan perbandingan ideal 60% : 40%, serta menghindari penggunaan antibiotik (Soewardi, 2007).

Di sisi lain, sistem tambak tradisional merupakan jenis budidaya yang dari tahap pembangunan hingga operasional masih dilakukan dengan metode sederhana, tanpa dukungan peralatan modern. Tambak tradisional umumnya diusahakan oleh petani dengan pengetahuan terbatas, berorientasi pada kelestarian lingkungan, dan sangat bergantung pada kondisi alam sekitar.

Secara umum, teknologi budidaya tambak dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu sistem tradisional, semi-intensif, dan intensif. Klasifikasi ini ditentukan berdasarkan beberapa kriteria, seperti tingkat penggunaan pakan buatan, metode pengelolaan air, kepadatan penebaran benih, ukuran petak tambak, serta tingkat produktivitas yang dicapai.

Budidaya tambak intensif umumnya mampu menghasilkan produksi yang tinggi dalam waktu relatif singkat, sedangkan tambak tradisional cenderung menghasilkan produksi yang lebih rendah, tetapi dapat beroperasi secara berkelanjutan dalam jangka panjang (Boers, 2001).

Dalam perencanaan pembangunan budidaya tambak, terdapat beberapa isu utama yang harus diperhatikan, antara lain penerapan teknologi budidaya yang tepat guna, upaya meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, pertimbangan daya dukung lingkungan, pengendalian risiko penyakit, optimalisasi nilai produksi, serta kontribusi terhadap pengurangan kemiskinan (Nautilus Consultants, 2000).

Salah satu isu lingkungan yang kerap timbul dalam aktivitas budidaya tambak adalah meningkatnya beban limbah ke badan perairan. Limbah budidaya ini, yang umumnya berupa bahan organik dan unsur hara dengan konsentrasi tinggi, dihasilkan terutama dari sisa pakan serta feses yang terlarut ke perairan sekitar. Pada sistem budidaya intensif, diperkirakan sekitar 30% dari total pakan yang diberikan tidak termakan oleh ikan atau udang, sementara sekitar 25–30% pakan yang dikonsumsi akan kembali dilepaskan ke perairan dalam bentuk ekskresi (Boyd, 1999). Temuan ini menekankan pentingnya penerapan manajemen pakan dan pengolahan limbah yang optimal guna mendukung praktik budidaya tambak yang berwawasan lingkungan.

2.1.10. Silvofishery (Wanamina)

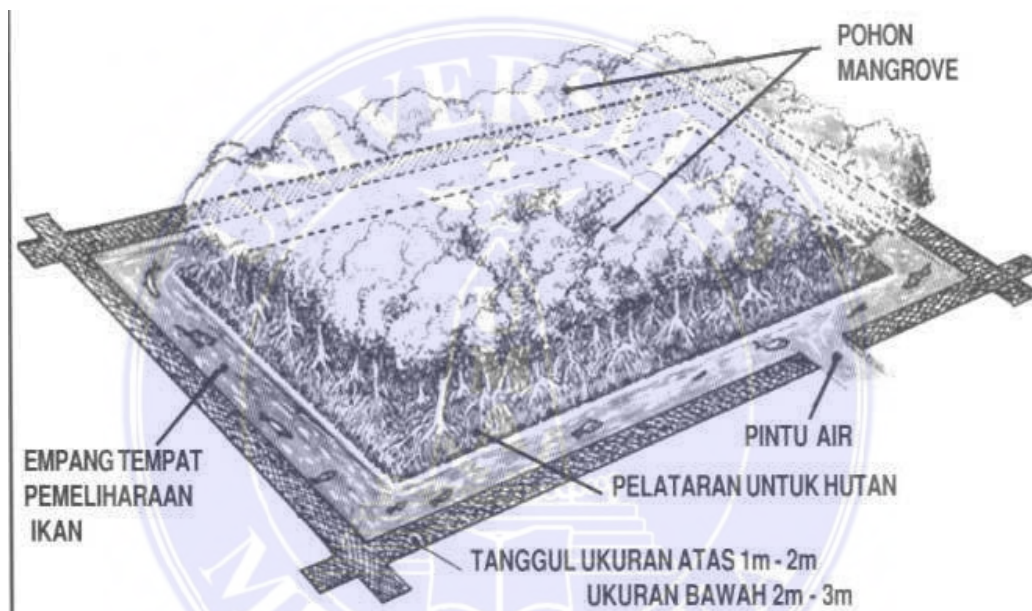
Ekosistem hutan bakau yang memiliki kepentingan ekologis dan ekonomi yang signifikan terus-menerus mengalami degradasi sebagai konsekuensi dari konversi dan perubahannya untuk berbagai kegiatan antropogenik, termasuk pemukiman perkotaan, pariwisata, transportasi, reklamasi lahan pesisir, dan akuakultur, antara lain. Dihipotesiskan bahwa pelestarian wilayah bakau untuk pengembangan perumahan dan budidaya udang merupakan faktor penting yang berkontribusi terhadap kerusakan ekologis yang luas. Namun demikian, inisiatif konservasi semacam itu biasanya mengalami kegagalan terutama karena kepentingan yang saling bertentangan di antara para pemangku kepentingan. Misalnya, daerah yang ditetapkan sebagai sabuk hijau sering digunakan kembali untuk upaya budidaya air payau, seperti budidaya udang, dan ketika upaya dilakukan untuk memulihkan daerah-daerah ini melalui reboisasi, mereka menghadapi hambatan yang signifikan. Untuk mengatasi masalah kepentingan yang saling bertentangan di antara pengguna, sangat penting untuk merumuskan solusi yang secara efektif mendamaikan beragam kepentingan para pemangku kepentingan ini. Di satu sisi, konservasi habitat bakau harus ditegakkan, sekaligus memastikan bahwa kegiatan penangkapan ikan tidak terhalang. Paradigma perkembangan yang layak yang dapat mengintegrasikan pemanfaatan dan konservasi dalam ekosistem bakau adalah konsep silvofishing (Nofianto 2008).

Silvofishery, atau yang sering disebut juga wanamina, merupakan bentuk kegiatan terpadu yang menggabungkan budidaya air payau dengan pengembangan hutan mangrove pada lokasi yang sama. Konsep *silvofishery* dikembangkan sebagai salah satu model budidaya perikanan berkelanjutan dengan input rendah. Pendekatan ini memadukan aspek konservasi dengan pemanfaatan kawasan mangrove, sehingga memungkinkan keberadaan mangrove tetap terjaga. Mangrove memiliki produktivitas ekologi yang relatif tinggi, sementara kegiatan budidaya perikanan di dalamnya dapat memberikan keuntungan ekonomi bagi masyarakat (Nofianto, 2008).

Silvofishery yang dikembangkan di Indonesia memiliki tiga model atau tipe, yaitu empang parit, tambak tumpang sari, dan komplanan.

1. Pola Empang Parit

Pola empang parit merupakan model silvofishery yang paling umum dikembangkan. Dalam pola ini, dibuat saluran air yang berfungsi sebagai tempat budidaya atau pemeliharaan ikan dan udang. Saluran air tersebut mengelilingi lahan silvofishery, sedangkan tanaman mangrove ditanam di bagian tengah areal tambak. Dengan demikian, tercipta perpaduan antara vegetasi mangrove (wana atau silvo) dan kegiatan budidaya ikan (mina atau fishery). seperti dalam Gambar 16.



Gambar 16. Pola empang parit

Sistem empang parit dapat diterapkan pada areal bekas tambak yang akan direhabilitasi, dengan memanfaatkan bagian pelataran tambak (bagian tengah) sebagai area penanaman mangrove, sementara bagian caren atau parit tetap dipertahankan sebagaimana kondisi awalnya. Dengan menggunakan pendekatan ini, luas lahan yang dapat direforestasi dengan vegetasi mangrove dapat mencapai sekitar 80% dari total area tambak (Bengen, 2000).

Penanaman mangrove pada sistem empang parit umumnya dilakukan dengan jarak tanam sekitar 1×1 meter antar individu. Namun demikian, kepadatan tanam dapat bervariasi antara 0,17 hingga 2,5 pohon per meter persegi, menyesuaikan dengan kebutuhan dan jenis budidaya yang diterapkan. Pada

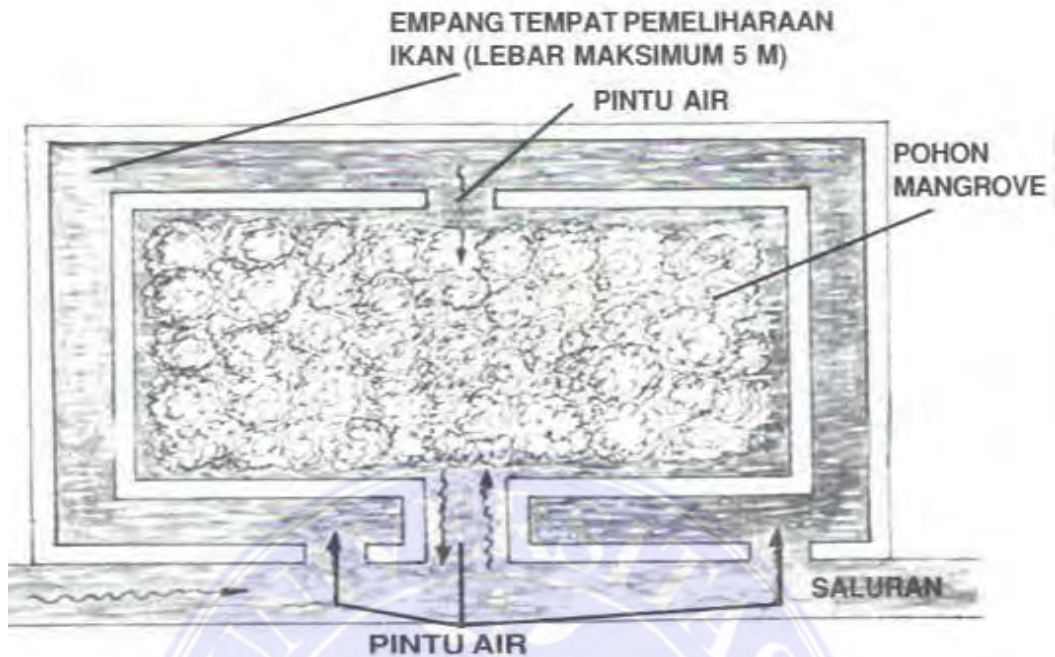
budidaya ikan bandeng, kepadatan vegetasi mangrove yang lebih rendah lebih disarankan, sedangkan untuk budidaya udang dan kepiting bakau, kepadatan yang lebih tinggi lebih sesuai guna mendukung habitat alami serta perlindungan ekosistem pesisir.

Beberapa jenis mangrove yang lazim dimanfaatkan dalam upaya rehabilitasi tambak di antaranya adalah bakau (*Rhizophora* sp.) dan api-api (*Avicennia* sp.). Saluran atau kanal untuk pemeliharaan ikan maupun udang pada sistem ini umumnya didesain dengan lebar 3–5 meter dan kedalaman berkisar 40–80 cm dari permukaan dasar tambak. Melalui penyesuaian desain dasar, proporsi perairan terbuka yang diperuntukkan bagi kegiatan pemeliharaan ikan atau udang dapat diatur, dengan kisaran umumnya antara 40–60% dari total luasan tambak. Dengan demikian, keseimbangan antara fungsi produksi budidaya dan fungsi ekologis kawasan mangrove tetap terjaga.

Berbagai jenis biota perikanan, seperti bandeng, kerapu lumpur, kakap putih, baronang, serta udang dan kepiting bakau, dapat dibudidayakan secara intensif di kanal-kanal pemeliharaan tersebut.

2. Pola Empang Parit Yang Disempurnakan.

Pada prinsipnya, sistem empang parit yang disempurnakan (lihat Gambar 17) tidak berbeda secara mendasar dari sistem empang parit konvensional. Perbedaan utama terletak pada tata desain lahannya, di mana area penanaman mangrove dipisahkan secara jelas dari area empang melalui saluran air terpisah. Model ini memerlukan investasi biaya yang lebih besar dibandingkan empang parit konvensional, karena dibutuhkan pembangunan tanggul yang mengelilingi pelataran lahan untuk mendukung penanaman mangrove.

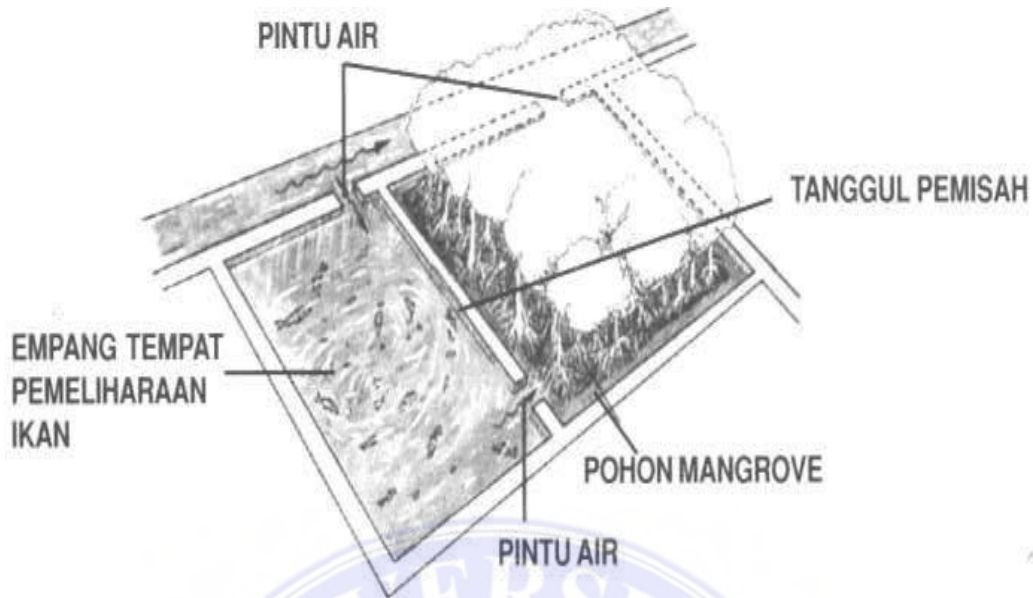


Gambar 17. Empat parit yang disempurnakan

3. Model Komplang (Selang - Seling)

Model Komplang merupakan salah satu bentuk sistem *silvofishery* dengan desain tambak yang disusun berselang-seling atau bersebelahan dengan lahan mangrove. Dalam model ini, lahan yang digunakan untuk penanaman mangrove dan area empang diatur terpisah dalam dua hamparan, masing-masing dihubungkan oleh saluran air yang dilengkapi dengan dua pintu air yang terpisah.

Luas lahan yang direkomendasikan untuk penerapan sistem *silvofishery* umumnya berkisar antara 2 hingga 4 hektare, dengan ukuran minimal tambak standar sekitar 1 hektare yang difungsikan sebagai area budidaya ikan atau udang. Model Komplang sendiri dikembangkan sebagai metode budidaya perairan payau berinput rendah, dengan tujuan utama meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan ekosistem di sekitarnya. Sistem komplangan yang dirancang tegak lurus dengan garis pantai memungkinkan aliran air tawar mengalir menuju area mangrove yang terdapat di dalam sabuk hijau (*greenbelt*). Konsep ini juga mendukung keberlanjutan keanekaragaman hayati di kawasan pesisir.



Gambar 18. Model komplangan (selang – seling)

Berdasarkan berbagai penjelasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa penerapan silvofishery dengan pola empang parit maupun model Komplang dapat menjadi strategi efektif untuk mempertahankan kelestarian dan fungsi ekosistem mangrove, sekaligus mendukung keberlanjutan aktivitas budidaya perikanan pada lahan yang sama.

2.1.11. Agromarinepolitan

Dalam konteks pembangunan ekosistem kepulauan, secara umum dikenal tiga pola utama yang dapat diterapkan pada pulau-pulau kecil. Pola pertama menjadikan pulau sebagai kawasan konservasi, dengan tujuan meniadakan atau meminimalkan dampak negatif aktivitas manusia. Pola kedua diarahkan pada pemanfaatan pulau secara optimal namun tetap berkelanjutan, misalnya melalui pengembangan sektor pertanian dan perikanan dengan sistem semi-intensif. Pola ketiga memiliki intensitas pemanfaatan tinggi, yang berpotensi membawa perubahan besar pada ekosistem pulau, seperti kegiatan pertambangan skala besar, fasilitas uji coba nuklir, atau pembangunan destinasi pariwisata massal.

Di antara dua pola ekstrem tersebut konservasi total dan pembangunan intensif terdapat model pembangunan berkelanjutan yang memadukan beragam kegiatan produktif. Model ini meliputi pertanian terkendali, penangkapan ikan di

perairan pantai maupun laut lepas, budidaya tambak dan laut (*marine culture*), pariwisata berkelanjutan, industri rumah tangga, industri kecil, serta sektor jasa penunjang (Hein, 1990).

Salah satu pendekatan yang relevan adalah pola agromarinepolitan, yang diperkenalkan oleh Departemen Transmigrasi dan PPH pada tahun 1992. Pola ini mengedepankan optimalisasi potensi hayati laut melalui pengembangan agribisnis terpadu. Industri perikanan ditempatkan sebagai sektor utama, dengan dukungan pemanfaatan sumber daya hayati dan non-hayati di sekitarnya. Seluruh aktivitas dilakukan berlandaskan prinsip pelestarian sumber daya alam dan lingkungan hidup, guna menjaga keseimbangan aspek ekonomi, sosial, dan ekologi.

Agar pola pembangunan pulau kecil berbasis agromarinepolitan dapat berjalan optimal dan berkelanjutan demi kesejahteraan masyarakat, khususnya penduduk lokal, maka penerapannya harus berlandaskan tiga prinsip utama: (1) kesesuaian dan daya dukung lingkungan, (2) pendekatan agribisnis, dan (3) pendekatan kemitraan. Dengan penerapan prinsip tersebut, pembangunan diharapkan mampu mewujudkan keberlanjutan secara ekologi (*ecological sustainability*), ekonomi (*economic sustainability*), maupun sosial budaya (*socio-cultural sustainability*) (Dahuri, 1998).

2.2. Kerangka Berpikir

Jasa ekosistem merujuk pada beragam manfaat yang diperoleh manusia dari keberadaan suatu ekosistem. Dalam suatu ekosistem, terdapat struktur dan fungsi ekologis yang menjadi prasyarat munculnya jasa-jasa ekosistem (*ecosystem services*), yang umumnya diklasifikasikan ke dalam tiga kategori: provisioning services, regulating services, dan cultural services. Ketiganya dapat dimanfaatkan manusia untuk mendukung peningkatan kesejahteraan. Konsep ini menjadi instrumen penting dalam menjembatani keterkaitan antara sistem alam (*natural system*) dan sistem sosial (*human system*), serta memberikan nilai ekonomi yang signifikan dan patut diperhitungkan (Liu et al., 2010).

Beragam spesies ikan kerap ditemukan di area perakaran mangrove yang tergenang air, sehingga menjadikan hutan mangrove sebagai habitat penting bagi kehidupan ikan (Lai, 1984). Dari aspek fisik, ekologis, maupun ekonomis,

ekosistem mangrove memegang peran yang sangat signifikan karena menyediakan berbagai barang dan jasa lingkungan yang bernilai. Dalam konteks penelitian ini, hutan mangrove berperan sebagai penyedia jasa ekosistem yang mendukung aktivitas perikanan tangkap di perairan pesisir maupun budidaya tambak. Nilai ekonomi dari jasa ekosistem ini dapat diidentifikasi dan dianalisis lebih mendalam (Kustanti, 2011).

Setelah melalui pemahaman terhadap fungsi biologi-ekologi mangrove, salah satu tantangan dalam pengelolaan jasa ekosistem dan sumberdaya ikan adalah perlunya memahami secara ekonomi keterkaitan ekosistem mangrove dan perikanan. Keterkaitan tersebut mempunyai nilai. Teknik penilaian dilakukan dengan menghitung *indirect value* keberadaan mangrove (jasa lingkungan dari mangrove sebagai habitat ikan) dalam mendukung aktivitas perikanan, mengingat mangrove mempunyai manfaat tidak langsung terhadap perikanan. Dengan memahami konteks keterkaitan dan melakukan penilaian ekonomi secara benar, maka pengelolaan sumberdaya dan jasa lingkungan pesisir dapat menuju kepada performa keberlanjutan.

Dalam konteks budidaya tambak, penggunaan lahan untuk penanaman mangrove memiliki hubungan trade-off dengan alokasi lahan tambak yang diperuntukkan bagi produksi komoditas utama, seperti bandeng dan udang windu. Umumnya, peningkatan produksi tambak dilakukan melalui ekspansi lahan, yang kerap berdampak pada penebangan hutan mangrove. Namun demikian, pada batas tertentu, keberadaan mangrove tetap diperlukan untuk mendukung keberlanjutan operasional tambak tradisional karena fungsi jasa regulasi yang dimilikinya, misalnya dalam menjaga kualitas perairan.

Di sisi lain, dari perspektif perikanan tangkap, ekosistem mangrove memegang peranan penting sebagai habitat ikan, area perlindungan (*shelter*), dan penyedia pakan alami, sehingga berkontribusi pada produktivitas perikanan pesisir. Kerusakan atau hilangnya ekosistem mangrove dapat berdampak langsung pada kegiatan perikanan tradisional berskala kecil, seperti penggunaan pukat pantai, sero, dan jaring klitik, khususnya di wilayah pesisir timur Sumatera Utara. Penurunan produktivitas tangkapan ini pada akhirnya memengaruhi kondisi sosial ekonomi para nelayan, sekaligus berdampak pada kinerja sektor perikanan secara

keseluruhan. Selain itu, tekanan tambahan berupa kelebihan kapasitas penangkapan (*over capacity*) juga turut memengaruhi performa perikanan tangkap. Dampak ekologis dan sosial akibat degradasi hutan mangrove ini akan meningkatkan beban biaya sosial-lingkungan yang seharusnya dapat dialokasikan untuk investasi produktif dengan potensi keuntungan yang lebih besar (Saengger et al., 2013).

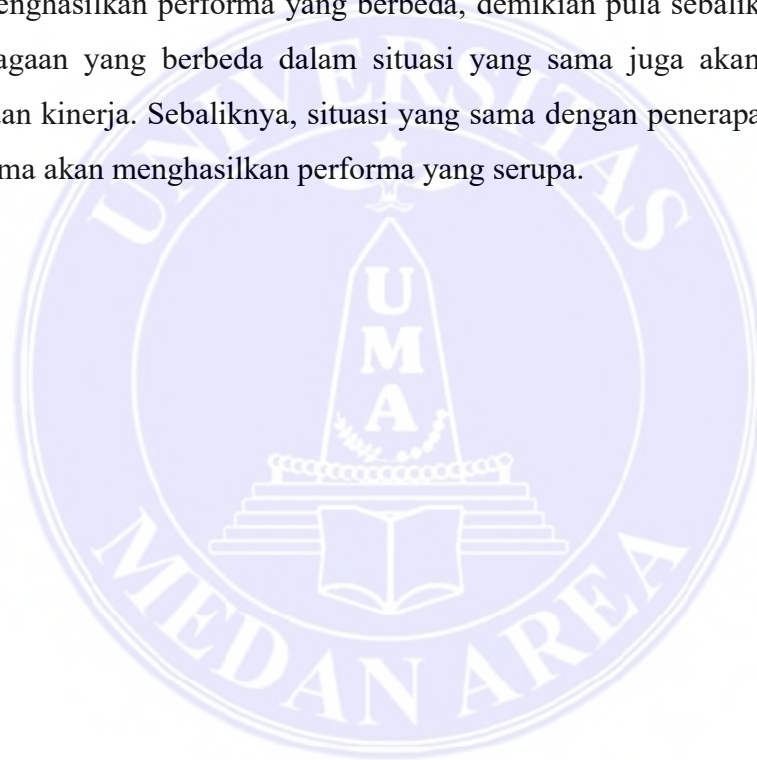
Estimasi nilai ekonomi keterkaitan antara mangrove dan sektor perikanan (*mangrove-fishery linkages*) dapat dilakukan dengan pendekatan fungsi produksi. Pendekatan ini dimanfaatkan untuk menilai manfaat tidak langsung (*indirect value*) dari peran ekologis mangrove sebagai habitat perikanan. Melalui penyediaan jasa lingkungan seperti *spawning ground*, *feeding ground*, dan *nursery ground*, ekosistem mangrove mendukung keberlanjutan sumber daya perikanan di wilayah pesisir. Nilai manfaat ekologis yang bersifat tidak langsung ini termasuk ke dalam kategori jasa lingkungan non-pasar (*non-marketed environmental services*) yang dapat diukur menggunakan metode surrogate market valuation. Metode tersebut menggunakan informasi dari barang yang diperdagangkan (*marketed goods*) sebagai dasar untuk memperkirakan nilai barang atau jasa lingkungan yang tidak memiliki harga pasar secara langsung.

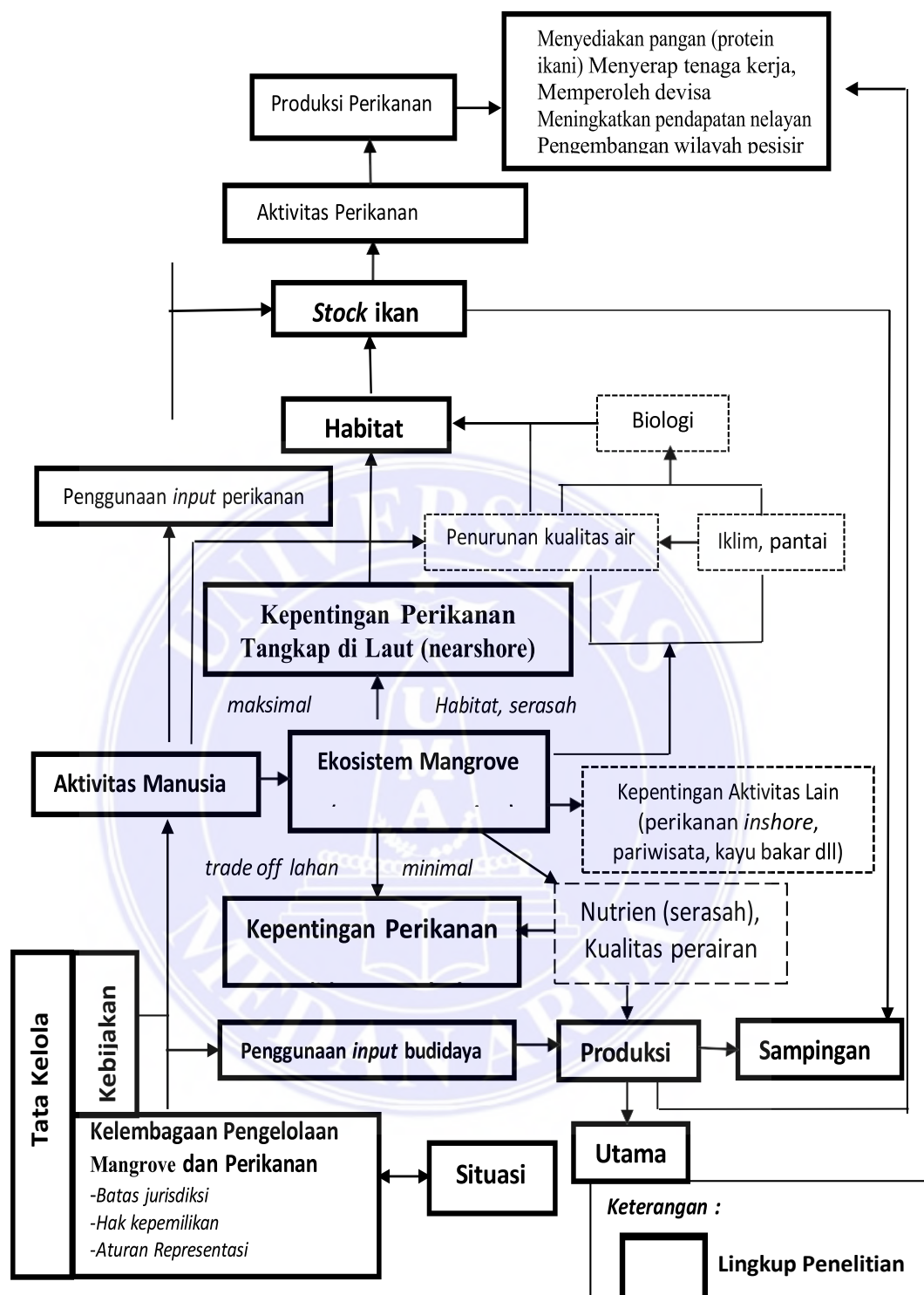
Dari uraian di atas dapat dijelaskan bahwa interaksi antara mangrove dengan perikanan muncul melalui manfaat ekologis mangrove yang berfungsi sebagai penyedia makanan dan habitat ikan. Oleh karena itu, perubahan tutupan (*coverage*) mangrove akan berdampak langsung terhadap performa sektor perikanan. Selain dipengaruhi oleh keberadaan mangrove, performa perikanan juga bergantung pada variabel internal perikanan, seperti perubahan unit effort yang digunakan. Perubahan pada kedua variabel utama tersebut yakni luasan ekosistem mangrove dan unit effort perikanan, pada dasarnya erat kaitannya dengan kelembagaan pengelolaan mangrove maupun kelembagaan pengelolaan perikanan. Kelembagaan ini berperan dalam membentuk perilaku pemanfaatan sumber daya pesisir oleh para pelaku usaha. Dengan demikian, terdapat dua persoalan kelembagaan yang menjadi sumber kompleksitas pengelolaan, yang memerlukan penyelesaian melalui kerangka analitik ekonomi kelembagaan dan pendekatan sistem.

Pendekatan ekonomi kelembagaan (*institutional economics*) menjadi penting untuk menjelaskan bagaimana kelembagaan memengaruhi perilaku individu, yang

selanjutnya akan menentukan performa pengelolaan sumber daya secara keseluruhan (Chavance, 2009).

Kerangka analisis ekonomi kelembagaan memanfaatkan teori mengenai pengaruh kelembagaan terhadap kinerja pengelolaan yang dikembangkan Schmid (1987). Teori ini menitikberatkan pada tiga komponen utama, yaitu situasi sebagai sumber interdependensi antarpelaku, struktur kelembagaan yang mencakup batas yurisdiksi, hak kepemilikan, dan aturan representasi, serta performa kelembagaan sebagai hasil interaksi di antara keduanya. Dalam kerangka ini, Schmid menegaskan bahwa perubahan situasi dengan penerapan kelembagaan yang sama akan menghasilkan performa yang berbeda, demikian pula sebaliknya: penerapan kelembagaan yang berbeda dalam situasi yang sama juga akan memunculkan perbedaan kinerja. Sebaliknya, situasi yang sama dengan penerapan kelembagaan yang sama akan menghasilkan performa yang serupa.





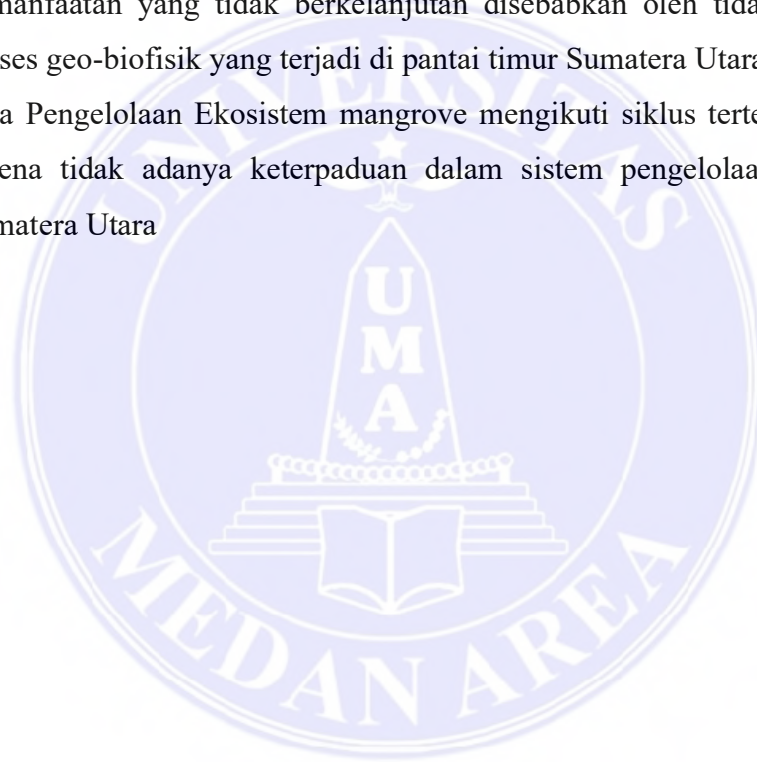
Gambar 19. Kerangka berpikir

2.3. Hipotesis

Pantai Timur Sumatera Utara merupakan wilayah dengan karakteristik sistem yang kompleks, ditopang oleh keragaman produk dan jasa yang dihasilkan

dari kekayaan sumber daya alam dan lingkungannya. Oleh karena itu, pengelolaan berbagai sistem produksi dan pemanfaatan jasa lingkungan di kawasan ini tidak dapat dilakukan secara terpisah atau sektoral. Pendekatan pengelolaan yang terpisah-pisah justru berisiko menimbulkan ketidakmerataan distribusi manfaat, meningkatkan potensi konflik penggunaan ruang, serta mempercepat kerusakan ekosistem secara keseluruhan. Dengan demikian hipotesis kerja yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pengelolaan pantai timur Sumatera Utara selama ini tidak berkelanjutan dan tidak sesuai daya dukung lingkungan.
2. Pemanfaatan yang tidak berkelanjutan disebabkan oleh tidak dipahaminya proses geo-biofisik yang terjadi di pantai timur Sumatera Utara.
3. Pola Pengelolaan Ekosistem mangrove mengikuti siklus tertentu dan terjadi karena tidak adanya keterpaduan dalam sistem pengelolaan pantai timur Sumatera Utara



III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di sepanjang pesisir timur Provinsi Sumatera Utara, meliputi wilayah administratif Kabupaten Langkat, Deli Serdang, dan Serdang Bedagai. Pemilihan ketiga kabupaten tersebut didasarkan pada pertimbangan keterkaitannya secara geografis serta kompleksitas permasalahan pesisir yang dinilai representatif untuk tujuan studi. Kegiatan penelitian direncanakan berlangsung selama periode tahun 2022 hingga 2023.

Tahapan awal dalam pelaksanaan penelitian mencakup studi literatur untuk memperoleh fondasi konseptual yang relevan, kemudian dilanjutkan dengan penetapan koordinat lokasi penelitian secara akurat. Pengumpulan data dilakukan melalui identifikasi spesies mangrove yang terdapat di lokasi, disertai pengukuran diameter batang pohon sebagai bagian dari inventarisasi vegetasi. Selanjutnya, analisis data melibatkan penghitungan tingkat kerapatan tegakan mangrove, estimasi total biomassa, serta perhitungan cadangan karbon yang terdapat dalam ekosistem tersebut.

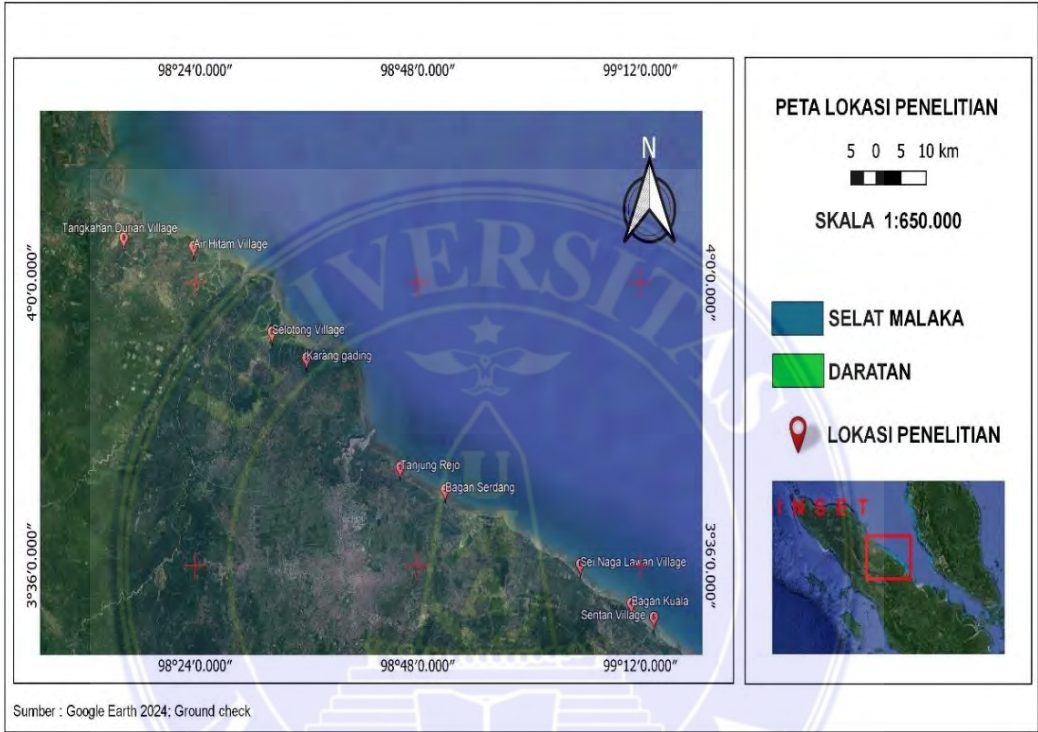
Penentuan titik koordinat lokasi pengambilan data sebagaimana tercantum dalam Tabel 6 menggunakan perangkat Global Positioning System (GPS). Stasiun 1, 2, dan 3 berada di wilayah administratif Kabupaten Deli Serdang; Stasiun 4, 5, dan 6 terletak di Kabupaten Serdang Bedagai; sementara Stasiun 5, 6, dan 7 berada dalam kawasan Kabupaten Langkat.

Koordinat yang diperoleh menjadi dasar dalam penetapan lokasi pengambilan data lapangan yang digunakan untuk identifikasi spesies serta pengukuran variabel vegetasi mangrove, sebagaimana disajikan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Data

Stasiun	Longitude	Latitude	Keterangan
1	098° 46' 16.05"	03° 43' 38.19"	Desa Tanjung Rejo
2	098° 35' 07.02"	03° 50' 01.71"	Desa Karang Gading
3	098° 51' 07.00"	03° 41' 45.00"	Desa Bagan Serdang
4	099° 13' 36.85"	03° 30' 52.92"	Desa Bagan Kuala
5	099° 13' 36.68"	03° 30' 52.34"	Desa Sentan

Stasiun	Longitude	Latitude	Keterangan
6	099 ⁰ 05' 39.53"	03 ⁰ 35' 23.86"	Desa Sei Nagalawan
7	098 ⁰ 23' 04.07"	03 ⁰ 56' 35.85"	Desa Air Hitam
8	098 ⁰ 33' 02.15"	03 ⁰ 52' 55.79"	Desa Selotong
9	098 ⁰ 15' 01.33"	03 ⁰ 59' 58.89"	Desa Tangkahan Durian



Gambar 20. Peta lokasi penelitian di pantai timur Sumatera Utara

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

No	Alat	Bahan
1	Tali tambang	Serasah di bawah tegakan
2	Kompas	
3	GPS	
4	Meteran	
5	Kantong Plastik	
6	Tallysheet	
7	Alat tulis	
8	Kamera	

No	Alat	Bahan
9	Termometer	
10	pH meter	
11	Refraktrometer	
12	DO meter / titrasi	
13	Botol sampel dan <i>Ice box</i>	

3.3. Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data (Opsional)

3.3.1. Data Primer

1. Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diamati dalam penelitian ini mencakup suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut (DO), serta sedimen. Beberapa parameter diukur secara langsung di lapangan, sedangkan parameter lainnya dianalisis lebih lanjut di laboratorium. Secara rinci, daftar parameter kualitas air beserta instrumen pengukurnya ditampilkan pada Tabel 7. Pengukuran kualitas air dilakukan langsung di lokasi penelitian guna memperoleh data yang akurat dan mewakili kondisi sesungguhnya.

Tabel 7. Beberapa parameter dan peralatan yang digunakan

No	Parameter	Alat	Keterangan
1.	Suhu(°C)	Termometer	Pengukuran langsung
2.	pH	pH meter	Pengukuran langsung
3.	Salinitas (ppt)	Refraktrometer	Pengukuran langsung
4.	Oksigen terlarut (ppm)	DO meter / titrasi	Pengukuran langsung
5.	Sedimen %	Botol sampel dan <i>Ice box</i>	Pengukuran langsung

2. Data Sosial Ekonomi

Pengumpulan data mengenai kondisi sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat dilakukan melalui metode wawancara. Wawancara dilaksanakan dengan narasumber yang dinilai dapat merepresentasikan kondisi responden secara keseluruhan, yaitu petambak dan nelayan. Tujuan utama wawancara adalah memperoleh informasi terkait berbagai aspek usaha budidaya tambak di lokasi penelitian, termasuk produksi tambak, hasil tangkapan, sistem budidaya,

rincian biaya, serta manfaat atau keuntungan yang diperoleh petambak.

Selain wawancara, dilakukan pula penyebaran kuesioner guna menggali persepsi dan preferensi petambak maupun nelayan mengenai pengelolaan kawasan pesisir di Pantai Timur Sumatera Utara.

Pemilihan responden menggunakan metode purposive sampling, yaitu penetapan sampel secara sengaja dengan pertimbangan bahwa responden merupakan aktor atau pemangku kepentingan utama, khususnya petambak dan nelayan, yang berperan dalam pengambilan keputusan pemanfaatan ruang pesisir di wilayah studi. Kelompok masyarakat dan pelaku usaha yang dijadikan responden relatif homogen, yaitu petambak dan nelayan yang terlibat langsung dalam pemanfaatan lahan pesisir untuk aktivitas perikanan.

3.3.2. Data Sekunder.

Data sekunder dikumpulkan melalui penelusuran berbagai laporan, pustaka, dan hasil survei dari instansi atau lembaga terkait yang memiliki relevansi dengan topik penelitian.

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa pendekatan, yang secara umum dibagi ke dalam empat tahap utama, yaitu:

1. Identifikasi spesies mangrove beserta pengukuran tingkat kerapatannya;
2. Analisis hubungan korelasional antara kerapatan ekosistem mangrove dengan tingkat produksi komoditas perikanan di wilayah penelitian;
3. Estimasi biomassa dan cadangan karbon mangrove berdasarkan parameter ekologi yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan; dan
4. Penyusunan model pengelolaan agromarinepolitan berbasis silvofishery sebagai rekomendasi strategi pemanfaatan kawasan pesisir yang berkelanjutan.

3.4. Prosedur Kerja

1. Penentuan Lokasi Sampling

Penetapan titik lokasi pengambilan sampel dilakukan melalui survei pendahuluan di sejumlah area dalam kawasan hutan mangrove. Survei ini

mempertimbangkan beberapa faktor, seperti keberadaan vegetasi mangrove, dimensi pohon, dan tingkat kerapatan vegetasi. Sampel yang dikumpulkan berupa batang pohon mangrove. Proses pengambilan sampel dilakukan dengan pembuatan plot pengamatan mangrove, yang disusun berdasarkan metode sampling sederhana sebagaimana diuraikan oleh Manuri et al. (2011).

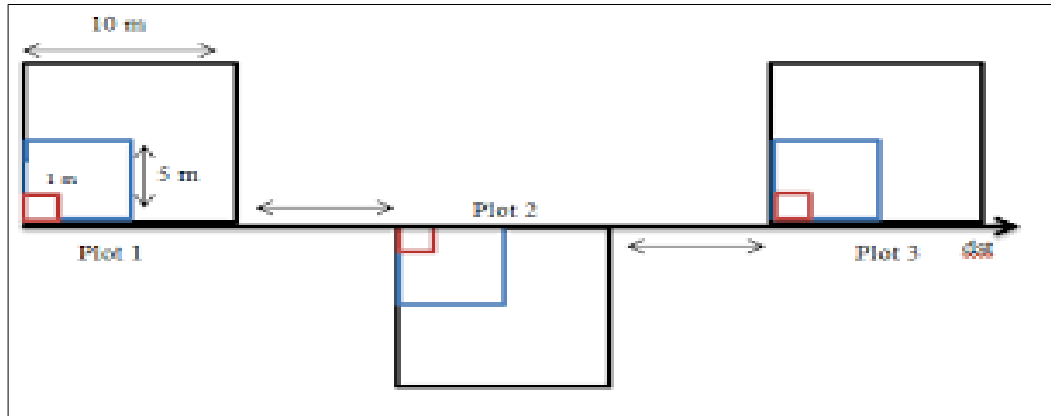
Metode sampling sederhana ini merupakan salah satu teknik pengambilan sampel yang umum digunakan dalam kajian karbon mangrove, terutama di wilayah yang belum memiliki data awal mengenai distribusi stok karbon. Dalam metode ini, populasi sampel tidak dikelompokkan berdasarkan kriteria tertentu, sehingga variasi antar plot cenderung lebih besar (Manuri et al., 2011).

2. Identifikasi Spesies Mangrove

Proses identifikasi mangrove diawali dengan pembuatan transek menggunakan metode *Line Transect* yang berfungsi sebagai area fokus observasi. Pengamatan komunitas mangrove dilakukan dengan menentukan titik pengambilan sampel berdasarkan metode sampling sederhana, kemudian dilakukan pemasangan plot berukuran 20 × 20 meter pada setiap lokasi untuk kategori pohon. Observasi di lapangan menggunakan metode petak contoh, dengan posisi plot disesuaikan dengan kondisi vegetasi mangrove berdasarkan kriteria kerapatan.

Setiap plot memiliki ukuran 20 × 20 meter. Pada masing-masing kabupaten ditetapkan tiga stasiun, dan di setiap stasiun dibuat tiga plot atau ulangan, sehingga secara keseluruhan terdapat sembilan stasiun pengamatan (Tabel 5). Jarak antar plot tidak ditentukan secara tetap, tetapi disesuaikan secara acak mengikuti kondisi lapangan. Penempatan transek menyesuaikan distribusi vegetasi mangrove di area penelitian.

Vegetasi mangrove dalam transek didokumentasikan mencakup bagian akar, daun, bunga, dan buahnya. Dokumentasi tersebut kemudian dianalisis secara deskriptif dengan mencocokkan hasilnya pada literatur acuan guna penentuan spesies mangrove. Pengelompokan data vegetasi pohon mengacu pada Lugina et al. (2011), Manuri et al. (2011), serta SNI No. 7724 Tahun 2011 untuk mempermudah pencatatan data di lapangan.



Gambar 21. Arah jalur transek sejajar laut



Gambar 22 . Pengukuran plot dilokasi penelitian

3. Hubungan Kerapatan Mangrove dengan Produksi Perikanan

Untuk mengetahui hubungan kerapatan mangrove dengan produksi perikanan digunakan korelasi momen produk Pearson. Adapun rumusnya adalah

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Dimana:

- r = koefisien korelasi
- x_i = nilai variabel x dalam sampel
- \bar{x} = rata-rata nilai variabel x
- y_i = nilai variabel y dalam sampel
- \bar{y} = rata-rata nilai variabel y

Hubungan antara kerapatan mangrove dan perikanan produksi dihitung menggunakan analisis koefisien korelasi Pearson. Jika koefisien korelasinya 0 maka tidak ada korelasi antara kedua parameter; jika itu di bawah 0,25 maka korelasinya sangat lemah; jika antara 0,25 dan 0,5, ada korelasi sedang; jika antara 0,5 dan 0,75 berarti korelasinya kuat; jika memang antara 0,75 dan 0,99 terdapat korelasi yang sangat kuat; nilai 1 untuk korelasinya koefisien menunjukkan korelasi sempurna (Sarwono 2006).

4. Estimasi Biomassa dan Stok Karbon Mangrove

Dalam penelitian ini, pendekatan estimasi biomassa serta cadangan karbon pada ekosistem mangrove dilakukan melalui metode non-destructive atau tanpa penebangan. Pendekatan ini dipilih dengan pertimbangan bahwa sebagian kawasan hutan mangrove merupakan wilayah reboisasi, selain itu metode ini dinilai lebih praktis diterapkan di lapangan serta efisien dari segi waktu. Proses pendugaan biomassa tanpa penebangan diawali dengan melakukan pencatatan seluruh spesies mangrove yang ada dalam plot pengamatan, disertai pengukuran diameter batangnya.

Tahap berikutnya meliputi identifikasi seluruh jenis mangrove di plot, dilanjutkan dengan perhitungan jumlah pohon (mengacu pada Bengen, 2001) dan pengukuran lingkaran batang masing-masing individu. Pengukuran diameter batang dilakukan pada posisi setinggi dada orang dewasa (Diameter at Breast Height / DBH), yaitu sekitar 1,3 meter di atas permukaan tanah. Pada penelitian ini, analisis cadangan karbon difokuskan pada pohon mangrove dengan DBH di atas 5 cm sebagaimana diusulkan oleh Komiyama et al. (2005).

Setiap batang diukur menggunakan pita ukur, kemudian diberi nomor atau tanda pengenalan, serta dicatat spesiesnya. Pengukuran dilakukan dengan cara melingkarkan pita secara horizontal dan sejajar di sekitar batang untuk memperoleh

data lingkar yang presisi. Nilai diameter kemudian dihitung dengan membagi keliling batang dengan π (3,14)., seperti persamaan di bawah ini:

$$d = \frac{k}{\pi} \dots\dots\dots(1)$$

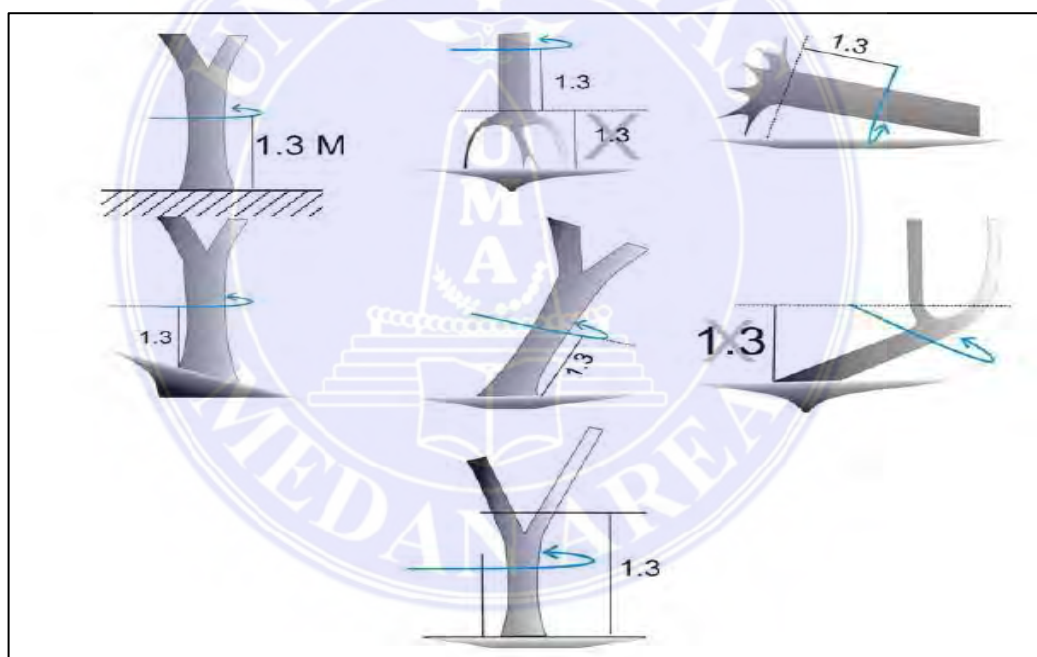
Dimana:

d = diameter pohon;

k = lingkar pohon;

π = 3.14

Dalam melakukan pengukuran diameter batang mangrove, perlu diperhatikan karakteristik pertumbuhan pohon agar hasilnya akurat. Pengukuran diameter dilakukan pada titik DBH (Diameter at Breast Height), yakni pada ketinggian 130 cm dari permukaan tanah. Ilustrasi penentuan titik pengukuran DBH dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23. Pengukuran diameter mangrove (Sumber: Sutaryo, 2009)

a. Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini meliputi penghitungan kerapatan komunitas mangrove, pendugaan biomassa, serta perkiraan simpanan cadangan karbon. Seluruh data diolah dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Office Excel 2010, kemudian hasil pengolahan tersebut disajikan dalam bentuk tabel, diagram, maupun grafik.

Kondisi ekosistem mangrove di area penelitian digambarkan melalui beberapa indikator, yaitu kepadatan jenis (D_i), nilai biomassa, dan estimasi stok karbon yang dihasilkan. Rincian metode perhitungannya disajikan sebagai berikut:

b. Kepadatan Jenis i (D_i) adalah jumlah tegakan jenis i dalam suatu area (Bengen, 2001), dapat dituliskan dengan rumus:

$$D_i = \frac{n_i}{A} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

D_i = Kepadatan jenis i (Ind/m²);

n_i = Jumlah total tegakan jenis i ;

A = Luas total area pengambilan sampel.

c. Pengambilan Data Biomassa dan Estimasi Cadangan Karbon

Pengambilan data biomassa dan estimasi cadangan karbon dilakukan berdasarkan perhitungan biomassa mangrove. Prosedur pengukuran biomassa mangrove pada kategori pohon diterapkan dengan metode non-destruktif, yaitu dengan menentukan biomassa pohon melalui data hasil pengukuran lingkar batang, dengan syarat bahwa jenis vegetasi yang diukur telah memiliki rumus alometrik yang sesuai. Dalam penelitian ini, perhitungan biomassa di atas permukaan tanah (*aboveground biomass*) mengacu pada prosedur yang dikembangkan oleh Komiyama et al. (2005).

Analisis pendugaan biomassa vegetasi mangrove di atas permukaan tanah menggunakan persamaan allometrik berdasarkan spesies tumbuhan mangrove. Data diameter batang pohon yang didapatkan dari pengukuran vegetasi mangrove digunakan untuk keperluan perhitungan biomassa kategori pohon dan yang selanjutnya akan dimasukkan dalam persamaan allometrik pada masing-masing jenis mangrove yang ada. Untuk menentukan nilai biomassa maka digunakan persamaan allometrik. Persamaan allometrik untuk beberapa jenis mangrove disajikan pada Tabel 8 berikut :

Tabel 8. Model Persamaan allometrik biomassa pohon

Jenis spesies	Algoritma	Literatur
<i>Avicennia alba</i>	$W_r = 0,079211 * DBH^{2,470895}$	Poedjirahajoe et al, 2017
<i>Avicennia marina</i>	$W_r = 0,2901 * DBH^{2,2605}$	Dharmawan, 2010
<i>Rhizophora apiculata</i>	$W_r = 0,043 * DBH^{2,63}$	Amira, 2008

Jenis spesies	Algoritma	Literatur
<i>Rhizophora mucronata</i>	$W_r = 0,1466 * DBH^{2,3136}$	Dharmawan, 2010
<i>Bruguiera cylindrica</i>	$W_r = 0,251 * \rho * DBH^{2,46}$	Komiyama et al., 2005
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	$W_r = 0,0754 * D^{2,505} * \rho$	Kauffman & Donato, 2012
<i>Sonneratia alba</i>	$W_r = 0,3841 * D^{2,101} * \rho$	Kauffman & Donato, 2012

B = Biomassa tumbuhan (kg/m^2);

ρ = Berat jenis tumbuhan ($gram/cm^3$);

D = Diameter batang pohon (cm)

ρ *Bruguiera cylindrica* = 0,749;

ρ *Bruguiera gymnorhiza* = 0,699;

ρ *Sonneratia alba* = 0,475

Untuk memperoleh nilai cadangan karbon pada masing-masing jenis mangrove, nilai biomassa yang diperoleh melalui persamaan alometrik dikalikan dengan konsentrasi karbon organik dari masing-masing spesies tersebut, sesuai dengan persamaan estimasi cadangan karbon SNI 7724-2011 berikut :

$$C_{top} = 0.47 \times W_r \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

C_{top} = Cadangan karbon pada bagian atas permukaan tanah (kg);

W_{top} = Biomassa tanaman pada bagian atas permukaan tanah (kg)

3. Model dinamik Pengelolaan Agromarinepolitan berbasis Silvofishery

Sistem dinamik merupakan metode yang digunakan untuk menggambarkan proses, perilaku, dan kompleksitas suatu sistem. Pendekatan berbasis sistem dinamik dapat digunakan sebagai alat bantu dalam proses pengambilan keputusan dan perumusan kebijakan (Hartrisari, 2007). Sistem dinamik sendiri pada dasarnya merupakan teknik pemodelan dan simulasi berbasis komputer yang bertujuan untuk mempelajari dan mengelola sistem umpan balik, seperti sistem lingkungan, sistem sosial, ekonomi, dan lain sebagainya.

Menurut Eriyatno (2012), sistem diartikan sebagai sekumpulan elemen atau subsistem yang saling berinteraksi dan bekerja secara terpadu untuk mencapai tujuan tertentu.

Perubahan luasan mangrove akan berpengaruh terhadap aktivitas perikanan tangkap, aktivitas budidaya tambak *silvofishery* dan non *silvofishery*. Pantai Timur Sumatera Utara memiliki potensi hutan mangrove dan terdapat aktivitas perikanan

tangkap serta dan budidaya tambak *silvofishery* dan *nonsilvofishery*. Dengan memahami komponen-komponen subsistem mangrove, subsistem perikanan dan subsistem tambak serta interaksi-interaksi yang terjadi, maka dapat diketahui performa akan datang melalui simulasi skenario pengelolaan.

Tahapan awal dari pendekatan sistem adalah menentukan tujuan dan ruang lingkup model, selanjutnya dilakukan melalui tahapan sebagai berikut (Hartisari, Eriyatno 2012) :

1. Melakukan analisis kebutuhan. Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan dari masing-masing pelaku dalam sistem. Informasi kebutuhan diperoleh melalui observasi lapangan, kajian literatur, diskusi mendalam, *brainstorming*, serta diskusi dengan para pakar. Setiap pelaku sistem memiliki kebutuhan dan kepentingan yang berbeda, yang pada gilirannya dapat memengaruhi kinerja dan efektivitas sistem secara keseluruhan.
2. Memformulasi Permasalahan: Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, akan terlihat kebutuhan-kebutuhan yang bersifat sinergis maupun kontradiktif. Kebutuhan yang sinergis tidak menimbulkan hambatan terhadap pencapaian tujuan sistem, sedangkan kebutuhan yang kontradiktif dapat menghambat tercapainya tujuan tersebut. Perbedaan kebutuhan di antara para *stakeholder* merupakan permasalahan yang memerlukan solusi, agar sistem dapat bekerja secara konstruktif untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.
3. Melakukan identifikasi sistem; Tahap ini bertujuan untuk memahami dinamika yang terjadi di dalam sistem secara menyeluruh. Langkah ini dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antara pernyataan kebutuhan dengan permasalahan yang harus dipecahkan guna memenuhi kebutuhan tersebut. Metode yang digunakan meliputi penyusunan *causal loop diagram* (diagram lingkaran sebab-akibat) dan pembuatan diagram *input-output* untuk memetakan aliran informasi, material, atau proses dalam sistem.
4. Melakukan pemodelan dan validasi model: Pada tahap ini dilakukan pembangunan struktur model menggunakan *stock and flow diagram* untuk menggambarkan aliran dan stok variabel di dalam sistem. Selanjutnya, validasi perilaku model dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan data aktual. Validasi dilakukan dengan menghitung besar dan sifat kesalahan

menggunakan metode *Absolute Mean Error* (AME), yaitu penyimpangan rata-rata antara hasil simulasi dan nilai aktual, sebagaimana diformulasikan oleh Muhammadi et al. (2001).

$$AME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |S_i - A_i|$$

Keterangan:

- S_i = nilai hasil simulasi pada waktu ke-iii
- A_i = nilai aktual pada waktu ke-iii
- N = jumlah interval waktu pengamatan

5. Melakukan simulasi model: Tahap ini dilakukan untuk melihat pola kecenderungan perilaku sistem berdasarkan hasil pemodelan dinamik. Simulasi dilakukan dengan memasukkan variabel input ke dalam model yang telah dibangun. Hasil simulasi dianalisis untuk menelusuri faktor-faktor penyebab terbentuknya pola kecenderungan tersebut, serta dijelaskan mekanisme terjadinya pola tersebut berdasarkan analisis struktur model.
6. Melakukan analisis pengelolaan dengan simulasi model.

Tujuan dan ruang lingkup model

1. Kondisi Aktual

Mangrove mempunyai peranan penting bagi tambak *silvofishery* dan tambak non *silvofishery* dan aktivitas perikanan tangkap sekitar pantai dengan karakteristik sumberdaya ikan yang bergantung pada mangrove. Sebagai initial, pada tahun 2023 mangrove di 3 Kabupaten (Langkat 50.650,94 Ha, Deli Serdang 17.798,58 Ha, Sedang Bedagai 12.995,26 Ha).

2. Tujuan

Model ditujukan untuk mendapatkan performa perikanan tangkap dan budidaya tambak *silvofishery* dan non *silvofishery* yang lebih baik dengan melakukan serangkaian skenario (simulasi) yang diinginkan dalam pengelolaan mangrove (mempertahankan kelestarian mangrove) dan pengelolaan sumberdaya ikan. Performa yang diharapkan adalah produksi dan penerimaan usaha tambak dan usaha perikanan tangkap berkesinambungan dengan tetap mempertahankan luasan mangrove.

(i) Ruang lingkup

- Model penelitian ini dibatasi pada sumber daya mangrove dan sumber daya ikan di wilayah perairan pesisir. Fungsi jasa ekosistem mangrove dalam model ini difokuskan pada manfaat langsungnya bagi perikanan tangkap di pesisir, budidaya tambak berbasis silvofishery, serta budidaya tambak non-silvofishery.
- Cakupan wilayah model pengelolaan meliputi kawasan daratan di wilayah administratif Kabupaten Langkat, Deli Serdang, dan Serdang Bedagai, serta perairan pantai seluas 545 km². Dengan demikian, pengelolaan sumber daya mangrove dan perikanan di wilayah ini berada dalam kewenangan Pemerintah Provinsi Sumatera Utara.
- Harga komoditas dan harga input diasumsikan konstan
- Pengelolaan ditujukan pada target proporsi antara luas mangrove dan luas tambak mengingat pengelolaan tambak ditujukan pada pengelolaan tradisional yang membutuhkan keberadaan mangrove guna mendapatkan hasil sampingan tambak, perbaikan kualitas air dan pasokan makanan alami (nutrien).
- *Feed negatif* berasal dari abrasi, penebangan dan kematian alami. Dalam model tidak memperhitungkan akibat dampak balik perluasan tambak (tambak terbuka) yang menimbulkan penumpukan nutrien, bahan cemar dan timbulnya penyakit udang/ikan.
- Budidaya tambak dilakukan dengan pola monokultur dan polikultur.

(ii). Mekanisme Model

Ekosistem mangrove mempunyai pengaruh terhadap perikanan tangkap dan budidaya tambak sehingga degradasi mangrove dapat berpengaruh terhadap aktivitas perikanan yang pengaruhnya dapat diuraikan sebagai berikut :

- Peranan mangrove sebagai habitat ikan tercermin melalui fungsi pertumbuhan logistik stok ikan. Konversi lahan mangrove menjadi tambak dapat mengakibatkan penurunan fungsi ekologi mangrove, yang pada gilirannya berdampak pada penurunan produksi perikanan tangkap di perairan pantai (nearshore fishery). Secara tidak langsung, ekosistem mangrove mendukung aktivitas perikanan tangkap melalui penyediaan habitat bagi ikan dan udang, baik sebagai habitat esensial maupun fakultatif. Dengan demikian, ekosistem

mangrove memiliki nilai tidak langsung (indirect value) yang signifikan dalam mendukung keberlanjutan perikanan pesisir. Dalam hal ini ekosistem mangrove dianggap sebagai *natural input* bagi perikanan. Berkurangnya areal mangrove (M) akan menurunkan hasil tangkapan nelayan yang beroperasi di sekitar pantai (h), menurunkan hasil sampingan tambak dan meningkatkan produksi utama tambak (ikan dan udang). Selain dipengaruhi oleh keberadaan mangrove sebagai faktor lingkungan, hasil tangkapan juga dipengaruhi oleh upaya penangkapan (*effort*, E). Skenario *effort* akan dilakukan dalam keseimbangan *open access* (E_{oa}) dan keseimbangan MEY (E_{MEY}).

- Terdapat situasi *trade off* antara penggunaan lahan pesisir untuk areal tambak maupun areal mangrove. Petambak umumnya menginginkan areal budidaya yang luas (tanpa mangrove atau tambak terbuka). Ada anggapan bahwa tambak bermangrove akan mengurangi areal garapan, mendatangkan pemangsa (burung, ular, biawak) serta sulit untuk melakukan upaya pemanenan, sehingga adanya mangrove dapat mengurangi produksi tambak. Kondisi ini akan sulit untuk mengimplementasikan program rehabilitasi mangrove tanpa melakukan rekayasa yang dapat mempengaruhi perilaku orang agar berpartisipasi dalam pelestarian mangrove. Diasumsikan pemanfaatan lahan hanya untuk kepentingan mangrove dan kepentingan tambak (termasuk pematang, rumah jaga).

Dari hal tersebut di atas, simulasi model adalah sebagai berikut :

- a. Pada lahan milik masyarakat akan dilakukan desain pengelolaan yang pada taraf operasional ditunjukkan oleh kewajiban petambak untuk menanam mangrove dengan parameter adalah proporsi lahan untuk areal mangrove dan areal tambak. Simulasi akan dilakukan terhadap keberadaan mangrove di tambak yang selama ini ada/kondisi *status quo* (6%) dan (ii) target minimal sempadan (7 %) dan target RUTR (14%).
- b. Kebijakan perikanan tangkap yang pada taraf operasional dicerminkan pada optimalisasi jumlah *effort* yang diperbolehkan (E). Simulasi akan dilakukan
- c. terhadap variabel *effort* pada kondisi MEY berdasarkan pendekatan bioekonomi interaksi mangrove dan perikanan sejumlah 1.747 unit.

(iii). Stakeholders dan analisis kebutuhan

Stakeholders dan kebutuhannya perlu diketahui dalam rangka pengelolaan sumberdaya mangrove dan perikanan akibat adanya persoalan degradasi. Penjelasan tentang *stakeholders* dan kebutuhannya.

(iv). Formulasi Permasalahan

Formulasi permasalahan merupakan identifikasi dari kebutuhan *stakeholders* yang kontradiktif sehingga dapat menyebabkan kejadian konflik pada pencapaian tujuan pengelolaan mangrove dan perikanan yang berkelanjutan. Dari sisi pengelolaan mangrove, seperti telah diuraikan di atas bahwa degradasi mangrove merupakan masalah konversi lahan. dengan masalah utama (kunci) pengalihan hak dan penggunaan lahan/ tambak. Menurunnya luasan mangrove di tambak *silvofishery*, tambak rakyat dan sempadan pantai tidak terlepas dari masalah-masalah tersebut.

Tabel 9. Kebutuhan *stakeholders* untuk pengelolaan mangrove dan perikanan di Pantai Timur Sumatera Utara

No	Stakeholders	Kebutuhan
1.	Bapedalitbang	Implementasi tata ruang untuk mencapai pertumbuhan ekonomi dan kelestarian lingkungan
2.	Dinas Kelautan dan Perikanan	Peningkatan produksi perikanan, peningkatan pendapatan daerah (antara lain retribusi perikanan), tidak terjadi degradasi mangrove, Sumberdaya ikan (<i>stock</i>) tetap tersediasecara lestari dan tidak ada konflik <i>fishing ground (space conflicts)</i>
3.	Dinas Kehutanan	Tidak terjadi degradasi mangrove
4.	Badan Lingkungan Hidup Daerah (BLHD)	Tidak ada pencemaran terhadap lingkungan di wilayah Pesisir
5.	KSDA	Tidak terjadi degradasi mangrove dan sumberdaya ikan, dipertahankannya pola Silvofishery
6.	Forum DAS	Kelestarian mangrove di DAS
7.	Peguruan Tinggi	Tidak ada pencemaran terhadap lingkungan di wilayah pesisir, tidak terjadi degradasi mangrove dan sumberdaya ikan dan terlaksananya kegiatan penelitian

No	Stakeholders	Kebutuhan
8.	LSM/Masyarakat	Tidak adanya pencemaran terhadap lingkungan di wilayah pesisir, tidak terjadi degradasi mangrove dan ikan. Adanya pengawasan dan penegakan hukum dari pemerintah terhadap aktivitas yang merusak sumberdaya alam dan lingkungan pesisir. Kuantitas, kualitas dan harga ikan yang stabil. Lingkungan pesisir tetap terjaga.

Lemahnya pengawasan dan penegakan hukum menyebabkan masih banyak petambak yang mengkonversi mangrove dan tidak melakukan penanaman mangrove. Pengalihan hak pengusahaan lahan/ tambak dari petambak kontrak *silvofishery* kepada petambak lain (penyewa) menyebabkan kurangnya kepedulian terhadap mangrove. Kurangnya koordinasi antar instansi terkait menyebabkan tidak fokusnya perencanaan dan implementasi pengelolaan mangrove (misalnya pelaksanaan budidaya tambak wanamina, rehabilitasi lahan kritis di sempadan).

Dari sisi pengelolaan perikanan, keberadaan *stock* ikan tergantung dari tingkat eksploitasi (penggunaan *effort*) dan mangrove. Oleh karena itu permasalahan pengelolaan sebagai faktor konflik direpresentasikan dalam bentuk parameter luasan mangrove dan parameter jumlah *effort* yang digunakan nelayan, sehingga solusi masalah dilakukan untuk mencapai kelestarian mangrove dan keberlanjutan usaha perikanan dan usaha tambak. Dengan demikian, dari rumusan permasalahan yang telah disampaikan tentang masalah pengelolaan dapat disimpulkan bahwa hakekat permasalahan didasarkan pada luasan mangrove dan penggunaan *effort* seperti diuraikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Formulasi permasalahan pada pengelolaan agromarinepolitan

No.	Faktor konflik	Keterangan	Solusi untuk model
1.	Luas mangrove di tambak	Petambak menghendaki luas mangrove di tambak tidak terlalu banyak. Berpindahnya hak garapan menyebabkan rendahnya kepedulian terhadap mangrove. Lemahnya pengawasan dan penegakan hukum menyebabkan degradasi mangrove masih menggejala.	Perlunya pengawasan, peningkatan koordinasi dan penataan yang esensinya adalah mengatur proporsi luasan mangrove dan tambak. Jumlah mangrove yang ditanam di tambak perlu memperhatikan

No.	Faktor konflik	Keterangan	Solusi untuk model
		Apabila ada program penanaman mangrove di tambak baik di lahan KSDA maupun lahan perseorangan (private), maka luas areal untuk budidaya dapat berkurang.	usaha keberlanjutan budidaya tambak dengan mempertimbangkan aspek teknis, finansial, ekonomi, dan lingkungan.
2.	Jumlah <i>effort</i>	Tanpa ada pengelolaan perikanan, maka jumlah unit penangkapan (<i>effort</i>) akan terus meningkat. Apabila ada kebijakan pengurangan upaya penangkapan (unit) untuk menuju pemanfaatan sumberdaya berkelanjutan maka akan terjadi konflik sosial	Penggunaan <i>effort</i> optimal. Kebijakan rasionalisasi harus diimbangi dengan kebijakan lainnya yang mendukung keberlanjutan pendapatan, seperti program alternatif usaha.

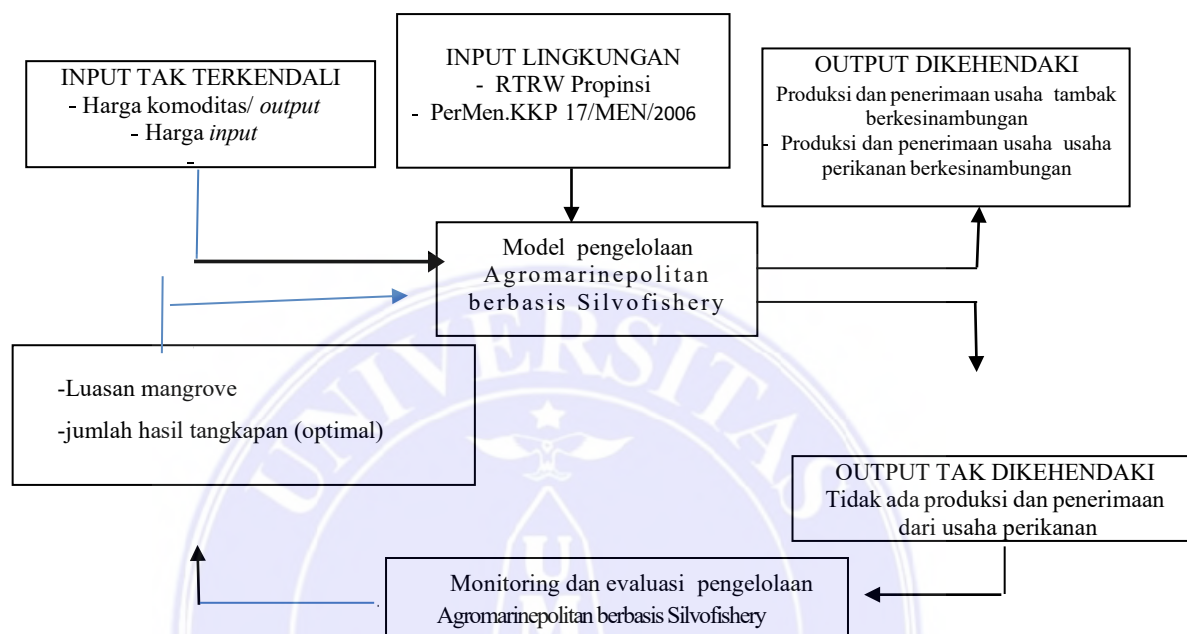
(vii). Identifikasi Sistem

Berdasarkan mekanisme sistem yang telah diidentifikasi, analisis kebutuhan, serta formulasi permasalahan yang dilakukan, maka pada tahap awal pengembangan model diperlukan pembatasan sistem yang dikaji. Ruang lingkup model ini difokuskan pada variabel luas ekosistem mangrove (ha), luas lahan tambak (ha), serta jumlah upaya penangkapan (*effort*) yang dioperasikan oleh nelayan (unit/tahun). Dengan demikian, variabel-variabel tersebut menjadi komponen utama dalam penyusunan model.

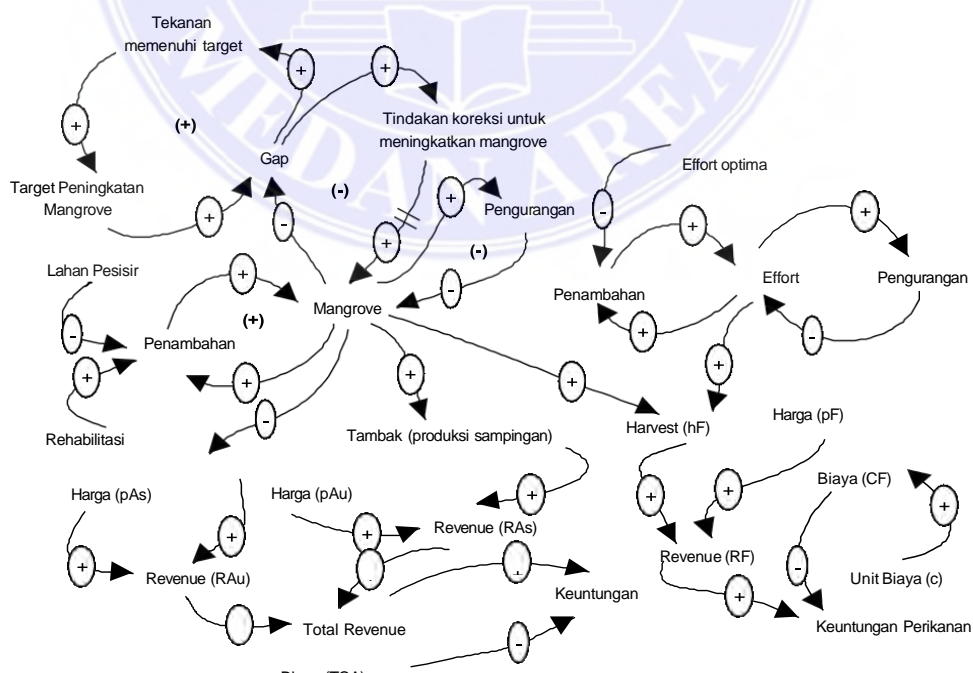
Model ini diasumsikan bahwa perubahan luas tutupan mangrove dari waktu ke waktu dipengaruhi oleh faktor penambahan dan pengurangan. Penambahan luas mangrove ditentukan oleh proses pertumbuhan alami dan program rehabilitasi, dengan batasan daya dukung lahan yang tersedia. Sementara itu, pengurangan luas mangrove disebabkan oleh faktor abrasi pantai, kematian alami, serta aktivitas penebangan.

Perubahan luas mangrove ini akan berdampak pada hasil tangkapan perikanan, yang selanjutnya juga dipengaruhi oleh tingkat upaya penangkapan hingga batas optimal (Effort Maximum Economic Yield / EMEY). Selain itu, dinamika perubahan mangrove akan memengaruhi tingkat produksi, pendapatan, dan keuntungan pada usaha tambak silvofishery maupun tambak non-silvofishery.

Adanya kesenjangan antara performa ekosistem mangrove yang diharapkan dengan kondisi aktual memerlukan intervensi kebijakan melalui penerapan model sasaran berubah (goal-seeking model). Diagram input-output serta diagram alir untuk sistem pengelolaan mangrove dan perikanan disajikan pada Gambar 24



Gambar 24. Diagram *input output* : model dinamik pengelolaan Agromarinepolitan.



Gambar 25. Model Dinamis Pengelolaan Agromarinepolitan Berbasis Silvofishery: Diagram Alir (*Causal Loop Diagram*)

VI. SIMPULAN DAN REKOMENDASI

2.1. Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagaia berikut:

1. Spesies mangrove yang terdapat di kawasan mangrove pantai timur Sumatera Utara, yaitu : *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Bruguiera cylindrica*, dan *Sonneratia alba*. Jenis mangrove yang memiliki nilai kerapatan jenis tertinggi adalah jenis *Rhizophora apiculata* (9008,34 ind/ha). Sedangkan jenis mangrove yang memiliki simpanan karvon tertinggi adalah jenis *Rhizophora mucronata* (2267,05 kg/m²)
Rerata kerapatan jenis pohon mangrove yang terdapat di kawasan mangrove pantai timur Sumatera Utara masih termasuk dalam kategori jarang. Wilayah dengan nilai kerapatan tertinggi yaitu Serdang Bedagai (9625,00 ind/ha) sedangkan yang terendah yaitu Deli Serdang (5283,33 ind/ha).
2. Hasil korelasinya Analisis menunjukkan bahwa kepadatan mangrove berkorelasi kuat dengan produksi udang (0,996) dan ikan (0,997). Rata-rata kepadatan mangrove tertinggi terdapat di Kabupaten Langkat (3208,33 ind ha-1), dan yang terendah ada di Kabupaten Deli Serdang (1761,11 ind ha-1) rata-rata produksi komoditas perikanan tertinggi terjadi pada tahun 2021. Kabupaten Langkat dengan udang 18500 ton dan ikan 10529 ton.
3. Nilai estimasi total biomassa dan stok karbon pada kawasan mangrove pantai timur Sumatera Utara yaitu 17545,757 kg/m² atau setara dengan dengan jumlah karbon tersimpan sebanyak 8452,51kg/m². Biomassa tertinggi terdapat pada daerah Serdang bedagai (7512,92 kg/m²) atau setara dengan jumlah karbon tersimpan sebanyak 3531,06 kg/m² . Nilai biomassa dan simpanan karbon tidak berbanding lurus dengan nilai kerapatannya, dikarenakan nilai biomassa dan simpanan karbon dipengaruhi oleh diameter pohon dan kondisi tegakan pohon mangrove yang dominan di lokasi tersebut. Selain itu karena pengukuran simpanan karbon pada penelitian ini hanya berdasarkan biomassa pohon bagian atas saja, maka simpanan karbon yang berada di bawah, tanaman mati dan

sedimen tidak terukur yang bisa saja memberikan nilai tambahan simpanan karbon yang signifikan.

4. Hasil simulasi model memperlihatkan bahwa pada skenario kondisi eksisting, dengan tingkat rehabilitasi mangrove yang hanya mencapai 0,7 ha per tahun, nilai total manfaat ekonomi ekosistem mangrove cenderung menurun, sehingga dinilai tidak berkelanjutan untuk jangka panjang. Sebaliknya, apabila laju rehabilitasi ditingkatkan setidaknya menjadi 2,27 ha per tahun, maka nilai ekonomi total ekosistem mangrove dapat dipertahankan dan ditingkatkan secara berkesinambungan. Peningkatan ini dimungkinkan karena pasokan serasah dan fungsi ekologis lainnya mampu mendukung produktivitas perikanan tangkap maupun budidaya secara optimal. Nilai kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada pengembangan model agromarenilipolitan, yang menjelaskan keterkaitan antara ekosistem mangrove dengan produksi perikanan di kawasan Pantai Timur Sumatera Utara.

2.2. Rekomendasi

1. Nilai biomassa dan simpanan karbon sangat dipengaruhi oleh kondisi tegakan pohon mangrove, maka dari itu dalam hal penanganan efek gas rumah kaca sebaiknya memelihara pohon mangrove dan tidak memanfaatkan kayunya sebagai komoditas ekonomi. Dalam hal ini SKPD Dinas Kehutanan sangat diharapkan dapat mempersempit izin pemanfaatan hutan mangrove yang berupa HHK dialihkan menjadi HHBK, silvofishery, pariwisata, dll. Kemudian memberikan pemahaman kepada masyarakat tentang pentingnya hutan mangrove sebagai penyerap emisi gas penyebab efek rumah kaca. Bersama dengan Dinas kelautan dan Perikanan dapat memberikan pelatihan mengenai Silvofishery, pembuatan rumah ikan, atau membudidayakan lebah di hutan mangrove tersebut.
2. Melihat hubungan spesies mangrove dengan nilai kerapatan dan nilai simpanan karbonnya, maka jenis yang lebih baik adalah jenis *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*. Maka kegiatan reboisasi mangrove, sebaiknya menggunakan jenis tersebut karena kemampuan adaptasinya lebih baik. Selain itu lokasi penanam juga sebaiknya dipilih wilayah pantai yang landai karena

akan memberikan ruang lebih pada mangrove untuk tumbuh dan memudahkan pohon mangrove untuk berkembangbiak.

3. Nilai rerata kerapatan jenis untuk ketiga lokasi penelitian ini tergolong pada kategori sangat padat, namun ada beberapa daerah yang memerlukan prioritas reboisasi karena kondisi mangrovenya termasuk pada kriteria jarang,
4. Maka dari itu kami merekomendasikan kepada OPD Dinas Kehutanan dan Kelautan bahwa perlu dilakukan reboisasi mangrove sebagai usaha menekan jumlah emisi gas CO₂ dan mengimbangi produksi perikanan, pertumbuhan perekonomian dan industri di Sumatera Utara agar efek gas rumah kaca dapat diminimalisir.
5. Kebijakan rehabilitasi ekosistem mangrove perlu dirancang tidak hanya menekankan pada peningkatan luas area, tetapi juga mempertimbangkan komposisi jenis mangrove yang ditanam. Pemilihan komposisi spesies yang tepat, terutama spesies dengan produksi serasah yang tinggi seperti *Sonneratia alba*, akan mendukung potensi perikanan tangkap secara optimal. Dengan demikian, kebijakan ini diharapkan mampu memaksimalkan nilai total pemanfaatan ekosistem mangrove secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kohar Mudzakir, Agus Suherman, 2019. Determinants That Affect The Welfare Level Of Small Fishermen In Pekalongan Nfp. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan* Vol. 10 No. 2 November 2019: 205-215
- Anjas Fahmi Mustafa, Papia J.C Franklin, Cynthia E.V. Wuisang, 2019. Evaluasi Kebijakan Pemerintah Di Bagian Infrastruktur Untuk Mendukung Kota Tidore Kepulauan Sebagai Kota Jasa Berbasis Agromarine. *Jurnal Spasial* Vol 6. No. 3, 2019 ISSN 2442-3262.
- Antonius P. Rumengan, 2019. Penerapan Teknologi Budidaya Ikan (*Silvofishery*) Di Kawasan Hutan Mangrove Bagi Masyarakat Pesisir Bolaang Mongondow Selatan. *Jurnal Ilmiah Tatengkorang, Volume 3, November 2019, hlm. 45-51*
- Asri Setianingrum, Kenyo Handadari, Tri Edhi Budhi Soesilo & Widodo Setiyo Pranowo, 2018 Analysis of Marine and Coastal Resources Sustainability in Benoa Bay Reclamation Site, *Jurnal Kelautan Nasional*.
- BAKOSURTANAL (Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional), 1996. Pengembangan Prototipe Wilayah Pesisir dan Marine Kupang Nusatenggara Timur. Puslitbang-Inderasig, Bakosurtanal, Cibinong.
- Bengen, D. G., 2000. Sinopsis: Teknik Pengambilan Contoh dan Analisis Data Biofisik Sumberdaya Pesisir. PKSPL-IPB. Bogor. Indonesia. 86 p
- Bengen, D. G., 2002a. Sinopsis: Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut Serta Prinsip Pengelolaannya. PKSPL-IPB. Bogor. Indonesia. 66 p.
- Bengen, D. G., 2002b. Pengembangan Konsep Daya Dukung Dalam Pengelolaan Lingkungan Pulau-Pulau Kecil.
- Bengen, D.G., 2003. Studi Valuasi Ekonomi dan Konservasi Mangrove di Wilayah Pesisir Kabupaten Berau Kalimantan Timur.
- Bengen, D.G., 2005. Pentingnya Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu Berbasis Kesesuaian Lingkungan Bagi Keberlanjutan Pembangunan Kelautan. *Perspektif Keterpaduan Dalam Penataan Ruang Darat-Laut*. Merajut Inisiatif Lokal Menuju Kebijakan Nasional. Mitra Pesisir (CRMP II). Jakarta.
- BPS, 2022. Sumatera Utara dalam angka 2022. Badan Pusat Statistik Sumatera Utara

- Dahuri, R., J. Rais, S.P. Ginting, dan M.J. Sitepu, 2001. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. PT. Pradnya Paramita, Jakarta. 328p.
- FAO, 1995. Code of conduct for responsible fisheries, FAO, Rome, 41pp.
- Fitria Naimatu Sadiyah, 2021. Title Impact Of The Covid-19 Pandemic On Economic Growth And Agricultural Commodity Trade-In Indonesia. Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis (JEPA) Volume 5, Nomor 3 (2021): 950-961
- Indardi, 2016, Pengembangan Model Komunikasi dalam Pemberdayaan Masyarakat Tani, AGRARIS: Journal of Agribusiness and Rural Development Research
- In Sumbada Sulistyorini, et al, 2017. Silvofishery Di Taman Nasional Kutai Kalimantan Timur. Jurnal AGRIFOR Volume XVI Nomor 2, Oktober 2017
- I Nyoman Radiarta, Erlania, dan Joni Haryadi, 2015. Analysis of Aquaculture Development Based on Blue Economy Concept Using Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach. Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan.
- Kementerian PPN/Bappenas. (2023). *Indonesia Blue Economy Roadmap*.
- Kitamura S, Anwar C, Chaniago A, Baba S (1997) Handbook of Mangrove in Indonesia: bali dan Lombok, Medit, Tokyo, Japan
- MENKLH, 1988. Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Nomor, Kep/02/MENKLH/1995. Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan untuk Budidaya Tambak. Jakarta.
- Mongabay. (2016). Ada Konflik Sosial-Budaya, AMDAL Reklamasi Teluk Benoa Belum Bisa Putus. [http:// www.mongabay.co.id/2016/07/21/ada-konflik-sosial-budaya-amdal-reklamasi-teluk-benoa-belumbisa-putus/](http://www.mongabay.co.id/2016/07/21/ada-konflik-sosial-budaya-amdal-reklamasi-teluk-benoa-belumbisa-putus/) 14 Feruari 2018 pk. 20.35
- Nyayu Lathifah Tirdasari, Andina Oktariani, Dikky Indrawan , and Nur Hasanah, 2021 Critical Factors In Developing Sustainable Food Packaging, Jurnal Manajemen & Agribisnis, Vol. 18 No. 1, March 2021 Permalink/DOI: <http://dx.doi.org/10.17358/jma.18.1.45> Available online at <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jmagr>

- Nadia, L.A.R, Abdullah, Takwir, A, dan Balubi. 2016. Pengelolaan Rumpon Berbasis POKJAMAS Untuk Meningkatkan Stok Ikan dan Penguatan UMKM Nelayan. Prosiding Seminar Nasional ISBN 978-979-796-223-4. Hal 168-177.
- Pangsapan D.S, Rachmansyah, Magawe A.G., 2001. Pemanfaatan bahan baku lokal untuk formulasi pakan bandeng yang dipelihara dalam karamba jaring apung di laut. Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Perikanan Pantai, Maros.
- Sofyan, 2016, Pemodelan Keragaan Sektor Perikanan Untuk Pengembangan Ekonomi Sumberdaya Dan Regional Pesisir: Suatu Analisis Model Hybrid Disertasi Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor (IPB).
- World Bank. 2020. A shock like no other: The impact of covid-19 on commodity markets. Commodity Markets Outlook April 2020:7-15. Washington (US): World Bank.
- Yurnita, A., Trisutomo, S., & Ali, M. (2017). Model reklamasi Pantai Secara Berkelanjutan, Kasus: Pantai Kota Makassar. Tata Loka Volume 19 Nomor 4. ISSN 0852- 7458 Doi:doi.org/10.14710/tataloka.19.4.339-35.
- Yudhi Amrial et al, 2015. Pengelolaan Ekosistem Mangrove Berbasis *Silvofishery* Di Kecamatan Cibuaya, Kabupaten Karawang. *J. Kebijakan Sosek KP Vol. 5 No. 1 Tahun 2015*
- Murat Bilecenoğlu and Melih Ertan Çınar, 2021. Alien Species Threat across Marine Protected Areas of Turkey—An Updated Inventory. *J. Mar. Sci. Eng.* **2021**, *9*, 1077. <https://doi.org/10.3390/jmse9101077>
<https://www.mdpi.com/journal/jmse>.
- Nadia, L.A.R, Abdullah, Takwir, A, dan Balubi. 2016. Pengelolaan Rumpon Berbasis POKJAMAS Untuk Meningkatkan Stok Ikan dan Penguatan UMKM Nelayan. Prosiding Seminar Nasional ISBN 978-979-796-223-4. Hal 168-177.
- Ramli, 2017. Analysis Of Value Added From Results Of Catfish Fishing Trawling Kite In The Village Of Bagan Percut District Percut Sei Tuan Regency Deli Serdang. *Advances in Economics, Business and Management Research (AEBMR)*, volume 46. 1st Economics and Business International Conference 2017 (EBIC 2017).
- Razladova, O., & Nyoko, A. E.L. (2022). BLUE ECONOMY DEVELOPMENT IN INDONESIA. *JOURNAL OF MANAGEMENT Small and Medium Enterprises*, *15*(1), 89-105.
<https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/JEM/article/view/6516/3534>

- Sabrina Lo Brutto, et al, 2021. First Assessment of Plasticizers in Marine Coastal Litter-Feeder Fauna in the Mediterranean Sea. *Toxics* **2021**, 9, 31. <https://doi.org/10.3390/toxics9020031><https://www.mdpi.com/journal/toxics>.
- Sri Fatkhiati et al, 2015. Sustainable agropolitan management model in the highland of tropical rainforest ecosystem: the case of Selupu Rejang agropolitan area, Indonesia. Article in *Procedia Environmental Sciences* · December 2015 DOI: 10.1016/j.proenv.2015.07.072
- Suhaidi, et al, 2018. The Readiness Of North Sumatraregional Government In The Field Of Marine Environment To Realize The World's Maritime Axis On East Coast. **International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)** Volume 9, Issue 10, October 2018, pp. 1695–1705, Article ID: IJCIET_09_10_169 Available online at <http://www.iaeme.com/ijciет/issuеs.asp?JType=IJCIET&VType=9&IType=10> ISSN Print: 0976-6308 and ISSN Online: 0976-6316
- Yudhi Amrial et al, 2015. Pengelolaan Ekosistem Mangrove Berbasis *Silvofishery* Di Kecamatan Cibuaya, Kabupaten Karawang. *J. Kebijakan Sosek KP Vol. 5 No. 1 Tahun 2015*
- Woro Kusumaningtyas Perwitasari et al, 2021. Budidaya Silvofishery Di Desa Mororejo Kabupaten Kendal Untuk Mendukung Program Budidaya Berkelanjutan. *Jurnal Pengabdian Perikanan Indonesia* Volume 1, Nomor 3 Oktober 2021. <http://journal.unram.ac.id/index.php/jppi/index>. ISSN : 2776-0847
- Widigdo, B., dan K. Soewardi., 1999. Kelayakan lahan tambak di Proyek Pandu TIR- Karawang untuk budidaya udang windu: Dalam hubungannya dengan kadar logam berat dan pestisida. *Jurnal Pesisir dan Lautan* Vol 2, No.3:17-26.
- Widigdo, B., 2000. Diperlukan pembakuan kriteria eko-biologis untuk menentukan “Potensi Alami” kawasan pesisir untuk budidaya udang. Prosiding. Pelatihan Untuk Pelatih Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu. PKSPL-IPB. Bogor, 21- 26 Februari 2000.
- Widigdo, B., 2001. Perencanaan Dan Pengelolaan Budidaya Perairan Wilayah Pesisir. Makalah disampaikan pada Pelatihan Perencanaan dan Pengelolaan Wilayah Pesisir Secara Terpadu (ICZPM); Hotel Bidakara, Jakarta 8 – 16 Oktober 2001.

Widigdo, B., 2002. Perkembangan dan Peranan Perikanan Budidaya dalam Pembangunan, Makalah Dalam Seminar Penetapan Standar Kualitas Air Buangan Tambak, Ditjen Perikanan Budidaya, Puncak, 7 – 9 Agustus 2002.

Widigdo, B., dan J. Pariwono, 2003. Daya Dukung Perairan Pantai Utara Jawa Barat untuk Budidaya Udang (Studi Kasus di Kabupaten Subang, Teluk Jakarta, dan Serang), Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia, 10 – 17.

Widigdo, B., 2003. Permasalahan dalam Budidaya Udang dan alternatif solusinya, Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia, 18 – 23.

The ocean – the world's greatest ally against climate change | United Nations. (n.d.). the United Nations. Retrieved March 25, 2024, from <https://www.un.org/en/climatechange/science/climate-issues/ocean>

Youssef, M. (2023). Blue Economy Literature Review. *International Journal of Business and Management*, 18(3), 12-18. <https://doi.org/10.5539/ijbm.v18n3p12>



LAMPIRAN



Medan, Juli 2023

Kepada yth :

Bapak / Ibu.....

Desa

Di – Tempat

Dengan hormat,

1. Bersama ini terlampir 1 (satu) berkas kuesioner / angket disampaikan kepada Bapak / ibu, mohon diisi dengan yang sebenarnya
2. Maksud dan tujuan pembuatan kuesioner ini adalah dalam rangka penyusunan disertasi sebagai mahasiswa tahun akhir pada program Doktor Universitas Medan Area (UMA) Program Studi Ilmu Pertanian.
3. Harapan saya kepada Bapak / Ibu kiranya dapat mengisi kuesioner tersebut dengan sebenarnya untuk mendukung keakuratan data yang diperlukan
4. Apapun jawaban Bapak/Ibu, tidak a
5. kan mempengaruhi hal – hal yang tidak diinginkan, karena jawaban Bapak/Ibu tersebut hanya semata – mata tujuan ilmiah dan sebagai bahan masukan dalam rangka mengetahui tingkat peran serta masyarakat dalam pelestarian hutan mangrove.
6. Demikian disampaikan atas peran serta dan kerjasama yang baik dari Bapak/Ibu saya ucapkan terima kasih.

Hormat saya

Peneliti

BAMBANG HENDRA SISWOYO

NIM : 211901002

Lampiran 1 Kuesioner

MOHON DIISI SESUAI DENGAN KEADAAN SEBENARNYA
LINGKARILAH HURUF SESUAI DENGAN PENDATAAN BAPAK/IBU

I. KARAKTERISTIK INDIVIDU

1. Nama Responden :
2. Alamat :
3. Umur / Tanggal Lahir :
4. Jumlah Anggota Keluarga :
5. Jenis Kelamin :
6. Suku Bangsa/Etnis :
7. Agama :
8. Lama Tinggal di Desa :
9. Pekerjaan :
10. Pendidikan
 - a. Tidak Sekolah
 - b. SD/Sederajat : Sampai Kelas.....
 - c. SLTP/Sederajat : Sampai Kelas.....
 - d. SLTA/Sederajat : Sampai Kelas.....
 - e. Akademi/Universitas/Perguruan Tinggi
11. Berapa penghasilan Bapak/Ibu rata – rata dalam 1 bulan.
 - a. > Rp. 2.000.000,-
 - b. Rp 1.500.000.- - Rp.2.000.000,-
 - c. Rp 1.000.000.- - Rp.1.500.000,-
 - d. Rp 500.000.- - Rp.1.000.000,-
 - e. Rp < 500.000

II. KARAKTERISTIK KELOMPOK

1. Bagaimana penilaian bapak/ibu tentang kegiatan yang dilaksanakan di desa yang berkaitan dengan penyuluhan, penanaman, dan pemeliharaan hutan mangrove?
 - a. Sangat Baik
 - b. Baik
 - c. Tidak Tahu
 - d. Kurang Baik
 - e. Sangat Tidak Baik
2. Bagaiman penilaian/pendapat bapak/ibu mengenai kondisi hutan mangrove di desa ini?
 - a. Sangat Baik
 - b. Masih Baik
 - c. Kurang Baik
 - d. Mulai Rusak
 - e. Rusak Sama Sekali
3. Selain lembaga pemerintah desa, apakah ada kelembagaan lain yang mengadakan kegiatan mengenai penyuluhan, penanaman, dan pemeliharaan mangrove?
 - a. Ada
 - b. Tidak Ada
4. Kalau ada, apakah lembaga tersebut sering melakukan kegiatan yang berkaitan dengan hutan mangrove

- a. Sering
 - b. Agak Jarang
 - c. Jarang
 - d. Tidak Pernah
 - e. Tidak Tahu
5. Apakah juga dilakukan kegiatan penanaman mangrove?
- a. Sering
 - b. Agak Jarang
 - c. Jarang
 - d. Tidak Pernah
 - e. Tidak Tahu
6. Bila pernah/sering diadakan kegiatan penanaman tersebut, siapa saja yang terlibat dalam kegiatan tersebut?
- a. Seluruh anggota masyarakat dengan staf lembaga
 - b. Sebagian anggota masyarakat dengan staf lembaga
 - c. Seluruh anggota masyarakat saja
 - d. Sebagian anggota masyarakat saja
 - e. Tidak melibatkan masyarakat (hanya staf lembaga saja)
7. Selain kelembagaan yang ada di desa ini apakah ada lembaga sosial lainnya di luar desa ini yang pernah mengadakan kegiatan baik penyuluhan, penanaman, serta memelihara hutan mangrove?
- a. Sering
 - b. Agak Jarang
 - c. Jarang

- d. Tidak Pernah
 - e. Tidak Tahu
8. Bagaimana penilaian bapak/ibu tentang kegiatan yang dilakukan oleh lembaga – lembaga tersebut dalam upaya pelestarian hutan mangrove?
- a. sangat baik/berhasi
 - b. Baik/berhasil
 - c. Kurang baik/berhasil
 - d. Tidak Baik/berhasil
 - e. Tidak tahu
9. Apakah dengan mengikuti kegiatan – kegiatan tersebut dan mengetahui fungsi dan manfaat hutan mangrove, dapat mendorong bapak/ibu untuk melestarikan hutan mangrove?
- a. Ya
 - b. Tidak
10. Apakah bapak/ibu sering memanfaatkan potensi hutan mangrove baik kayunya, maupun kegiatan – kegiatan lainnya di sekitar hutan mangrove?
- a. Sering
 - b. Agak Jarang
 - c. Jarang
 - d. Tidak Pernah
 - e. Tidak Tahu
11. Apakah bapak/ibu sering mencari ikan/biota lainnya disekitar hutan mangrove?
- a. Iya

- b. Tidak
12. Bila ya, berapa kali dalam 1 minggu bapak/ibu menangkap ikan/biota lainnya dipantai sekitar hutan mangrove?
- a. Sering (setiap hari)
- b. Agak Jarang (3 x 1 minggu)
- c. Jarang (1 x 1 minggu)
- d. Tidak Pernah
- e. Tidak Tahu
13. Bagaimana pendapat bapak/ibu mengenai manfaat hutan mangrove?
- a. Sangat bermanfaat
- b. bermanfaat
- c. Kurang bermanfaat
- d. Tidak bermanfaat
- e. Tidak tahu\
14. Mengingat ekosistem mangrove sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia maupun bagi kelestarian biota perairan lainnya, maka hutan mangrove perlu dijaga dan dilestarikan, bagaimana pendapat bapak/ibu tentang hal ini?
- a. Sangat setuju
- b. Setuju
- c. Kurang setuju
- d. Tidak setuju
- e. Tidak tahu

III. PERAN SERTA MASYARAKAT

1. Apakah didaerah ini sering dilakukan penyuluhan tentang mangrove?
 - a. Sering (2 kali dalam 1 minggu)
 - b. Agak Jarang (1 kali dalam 1 minggu)
 - c. Jarang (1 kali dalam 3 bulan)
 - d. Tidak pernah
 - e. Tidak tahu
2. Berapa kali bapak/ibu mengikuti kegiatan tersebut?
 - a. Sering
 - b. Agak Jarang
 - c. Jarang
 - d. Tidak pernah
 - e. Tidak tahu
3. Apakah bapak/ibu pernah mengikuti kegiatan – kegiatan yang berhubungan dengan lingkungan mangrove?
 - a. Sering
 - b. Agak Jarang
 - c. Jarang
 - d. Tidak pernah
 - e. Tidak tahu
4. Selain kegiatan penyuluhan, apakah diadakan pula kegiatan penanaman mangrover?
 - a. Sering
 - b. Agak Jarang

- c. Jarang
 - d. Tidak pernah
 - e. Tidak tahu
5. Apakah bapak/ibu terlibat dalam kegiatan tersebut?
- a. Sering
 - b. Agak Jarang
 - c. Jarang
 - d. Tidak pernah
 - e. Tidak tahu
6. Menurut bapak/ibu apakah kegiatan tersebut berhasil
- a. Sangat berhasil
 - b. Berhasil
 - c. Tidak tahu
 - d. Kurang berhasil
 - e. Tidak berhasil
7. Setelah penanaman, apakah dilakukan pula kegiatan pemeliharaan/ perlindungan?
- a. Sering
 - b. Agak Jarang
 - c. Jarang
 - d. Tidak pernah
 - e. Tidak tahu
8. Apakah bapak ibu ikut dalam kegiatan tersebut?
- a. Sering

- b. Agak Jarang
 - c. Jarang
 - d. Tidak pernah
 - e. Tidak tahu
9. Apakah kegiatan yang dilaksanakan melibatkan seluruh anggota masyarakat?
- a. Melibatkan seluruh masyarakat
 - b. Belum melibatkan seluruh masyarakat
 - c. Tidak melibatkan seluruh masyarakat
10. Dalam melaksanakan kegiatan penanaman/pemeliharaan, dari mana bapak/ibu memperoleh bibit mangrove?
- a. lembaga Pemerintah Desa/instansi terkait
 - b. LSM/ lembaga social lainnya
 - c. Mengusahakan sendiri
11. Apakah bapak/ibu pernah melakukan kegiatan penanaman atas kehendak bapak/ibu sendiri?
- a. Sering
 - b. Agak Jarang
 - c. Jarang
 - d. Tidak pernah
 - e. Tidak tahu
12. Pernahkah bapak/ibu mendiskusikan masalah pelestarian hutan mangrove dengan warga desa lainnya?
- a. Sering
 - b. Agak Jarang

- c. Jarang
- d. Tidak pernah
- e. Tidak tahu

13. Pernahkah bapak/ibu mengusulkan untuk dilakukan kegiatan pelestarian hutan mangrove didesa ini kepada aparat desa maupun instansi terkait lainnya?

- a. Sering
- b. Agak Jarang
- c. Jarang
- d. Tidak pernah
- e. Tidak Lampiran 1



Lampiran 2. Hasil Analisis Ekosistem Mangrove di masing-masing lokasi penelitian

	Deli serdang						
Jenis Mangrove	Kerapatan	KR	Frekuensi	FR	Dominansi	DR	INP
<i>Rhizophora apiculata</i>	2359	44.64	0.67	25	0.00001105	40.25	109.89
<i>Rhizophora mucronata</i>	1617	30.60	0.67	25	0.00000520	18.93	74.52
<i>Avicennia alba</i>	842	15.93	0.67	25	0.00000656	23.89	64.82
<i>Avicennia marina</i>	467	8.84	0.67	25	0.00000465	16.93	50.77
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>		0.00	0	0		0.00	
<i>Bruguiera cylindrica</i>		0.00	0	0		0.00	
<i>Sonneratia alba</i>		0.00	0	0		0.00	
	5285	100.00	2.67	100	0.00002746	100.00	300.00

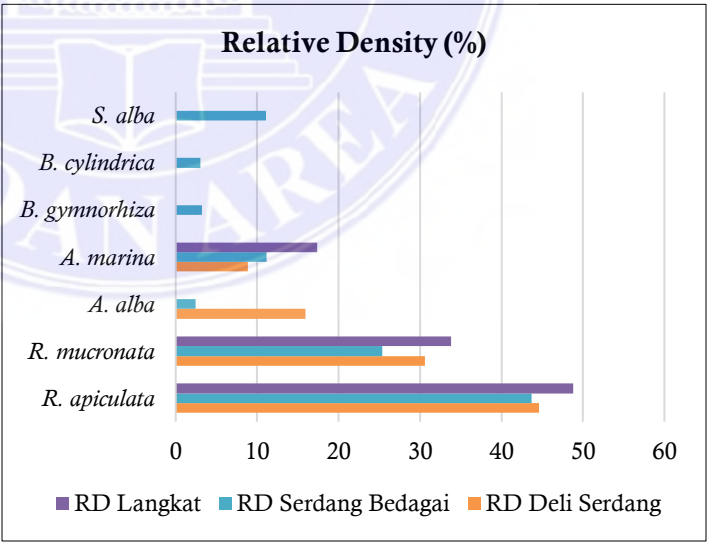
	Serdang Bedagai						
Jenis Mangrove	Kerapatan	KR	Frekuensi	FR	Dominansi	DR	INP
<i>Rhizophora apiculata</i>	4208	43.72	1.00	28.57	0.000010287	23.07	95.36
<i>Rhizophora mucronata</i>	2442	25.37	1.00	28.57	0.000005197	11.66	65.60
<i>Avicennia alba</i>	233	2.42	0.33	9.52	0.000004035	9.05	21.00
<i>Avicennia marina</i>	1075	11.17	0.33	9.52	0.000008728	19.58	40.27
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	308	3.20	0.33	9.52	0.000005186	11.63	24.36
<i>Bruguiera cylindrica</i>	292	3.03	0.33	9.52	0.000004572	10.25	22.81
<i>Sonneratia alba</i>	1067	11.09	0.17	4.76	0.000006578	14.75	30.60
	9625	100	3.5	100.00	0.000044582	100.00	300.00

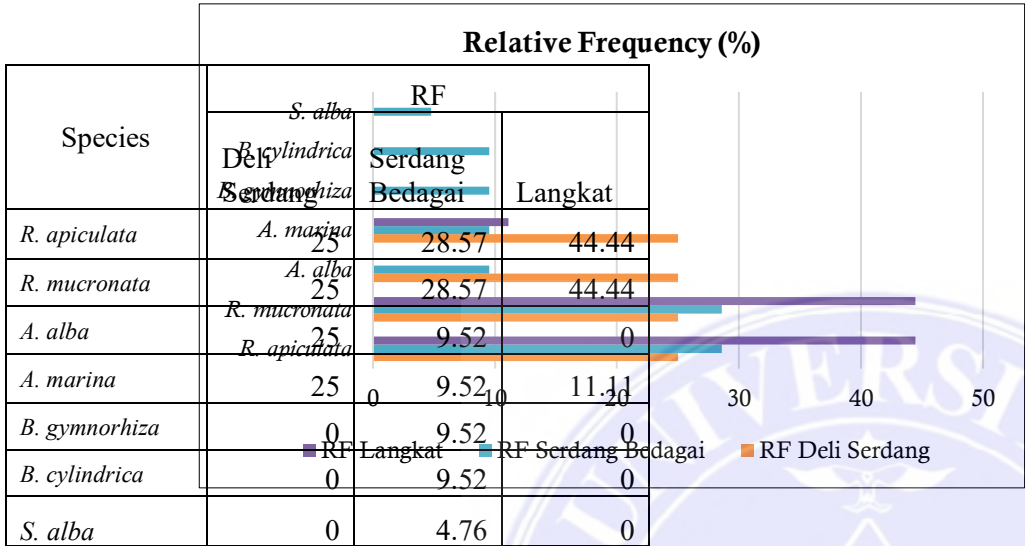
Jenis Mangrove	Langkat						
	Kerapatan	KR	Frekuensi	FR	Dominansi	DR	INP
<i>Rhizophora apiculata</i>	2442	48.83	0.67	44.44	0.000010272	37.28	130.56
<i>Rhizophora mucronata</i>	1692	33.83	0.67	44.44	0.000009802	35.57	113.85
<i>Avicennia alba</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.000000000	0.00	0.00
<i>Avicennia marina</i>	867	17.34	0.17	11.11	0.000007479	27.14	55.59
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
<i>Bruguiera cylindrica</i>	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
<i>Sonneratia alba</i>	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
	5001	100.00	1.50	100.00	0.000027553	100	300.00

	KLL	diameter			lbs
<i>Rhizophora mucronata</i>	27	8.598726	0.00086	0.000000739	0.000000580
<i>Rhizophora mucronata</i>	31	9.872611	0.00099	0.000000975	0.000000765
<i>Rhizophora mucronata</i>	50	15.92357	0.00159	0.000002536	0.000001990
<i>Rhizophora mucronata</i>	22	7.006369	0.00070	0.000000491	0.000000385
<i>Rhizophora mucronata</i>	22	7.006369	0.00070	0.000000491	0.000000385
<i>Rhizophora mucronata</i>	37	11.78344	0.00118	0.000001388	0.000001090
<i>Rhizophora apiculata</i>	35	11.1465	0.00111	0.000001242	0.000000975
<i>Rhizophora apiculata</i>	20	6.369427	0.00064	0.000000406	0.000000318
<i>Rhizophora apiculata</i>	42	13.3758	0.00134	0.000001789	0.000001404
<i>Rhizophora apiculata</i>	36	11.46497	0.00115	0.000001314	0.000001032
<i>Rhizophora apiculata</i>	27	8.598726	0.00086	0.000000739	0.000000580
<i>Rhizophora apiculata</i>	31	9.872611	0.00099	0.000000975	0.000000765
<i>Rhizophora apiculata</i>	42	13.3758	0.00134	0.000001789	0.000001404
<i>Rhizophora apiculata</i>	34	10.82803	0.00108	0.000001172	0.000000920

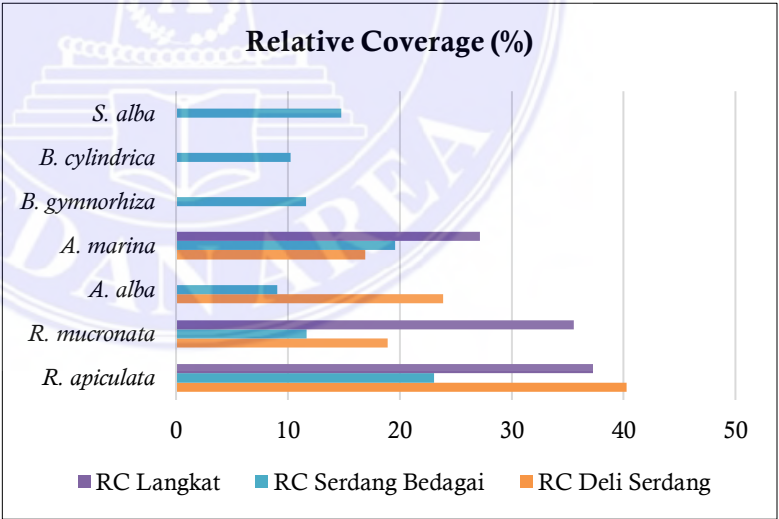
<i>Rhizophora apiculata</i>	40	12.73885	0.00127	0.000001623	0.000001274
<i>Rhizophora apiculata</i>	36	11.46497	0.00115	0.000001314	0.000001032
<i>Rhizophora apiculata</i>	27	8.598726	0.00086	0.000000739	0.000000580
<i>Rhizophora apiculata</i>	31	9.872611	0.00099	0.000000975	0.000000765
<i>avicenia alba</i>	42	13.3758	0.00134	0.000001789	0.000001404
<i>avicenia alba</i>	34	10.82803	0.00108	0.000001172	0.000000920
<i>avicenia alba</i>	40	12.73885	0.00127	0.000001623	0.000001274
<i>avicenia alba</i>	34	10.82803	0.00108	0.000001172	0.000000920
<i>avicenia alba</i>	40	12.73885	0.00127	0.000001623	0.000001274
<i>avicenia alba</i>	31	9.872611	0.00099	0.000000975	0.000000765
<i>avicenia marina</i>	42	13.3758	0.00134	0.000001789	0.000001404
<i>avicenia marina</i>	34	10.82803	0.00108	0.000001172	0.000000920
<i>avicenia marina</i>	34	10.82803	0.00108	0.000001172	0.000000920
<i>avicenia marina</i>	42	13.3758	0.00134	0.000001789	0.000001404

Species	RD		
	Deli Serdang	Serdang Bedagai	Langkat
<i>R. apiculata</i>	44.64	43.72	48.83
<i>R. mucronata</i>	30.6	25.37	33.83
<i>A. alba</i>	15.93	2.42	0
<i>A. marina</i>	8.84	11.17	17.34
<i>B. gymnorhiza</i>	0	3.2	0
<i>B. cylindrica</i>	0	3.03	0
<i>S. alba</i>	0	11.09	0





Species	RC		
	Deli Serdang	Serdang Bedagai	Langkat
R. apiculata	40.25	23.07	37.28
R. mucronata	18.93	11.66	35.57
A. alba	23.89	9.05	0
A. marina	16.93	19.58	27.14
B. gymnorhiza	0	11.63	0
B. cylindrica	0	10.25	0
S. alba	0	14.75	0



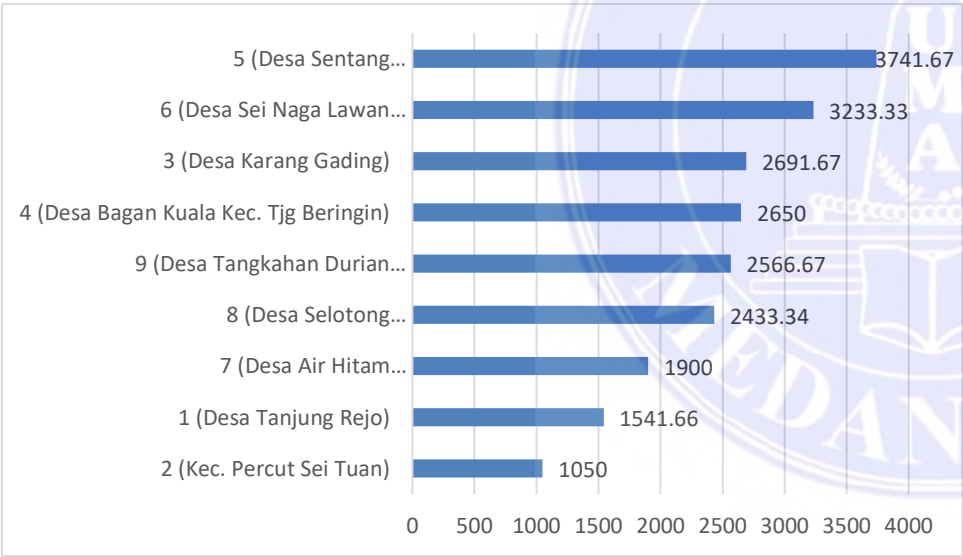
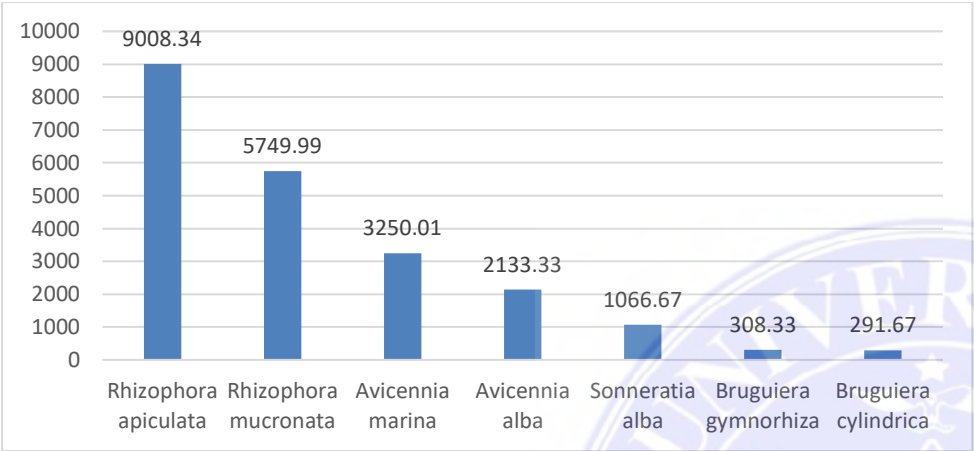
Lampiran 3. Nilai Kerapatan Ekosistem Mangrove Berdasarkan Jenis

Jenis Mangrove	Stasiun									Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Rhizophora apiculate</i>	658.33		1700	466.67	1466.67	2275		1391.67	1050	9008.34
<i>Rhizophora mucronate</i>	883.33		733.33	275	1208.33	958.33		1041.67	650	5749.99
<i>Avicennia alba</i>		625	216.67	233.33			1058.33			2133.33
<i>Avicennia marina</i>		425	41.67	1075			841.67		866.67	3250.01
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>				308.33						308.33
<i>Bruguiera cylindrica</i>				291.67						291.67
<i>Sonneratia alba</i>					1066.67					1066.67
<i>total/ kabupaten</i>	5283.33				9625			6900.01		21808.34
<i>total/stasiun</i>	1541.66	1050	2691.67	2650	3741.67	3233.33	1900	2433.34	2566.67	

Jenis Mangrove	Total Kerapatan
<i>Rhizophora apiculate</i>	9008.34
<i>Rhizophora mucronate</i>	5749.99
<i>Avicennia marina</i>	3250.01
<i>Avicennia alba</i>	2133.33
<i>Sonneratia alba</i>	1066.67
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	308.33
<i>Bruguiera cylindrica</i>	291.67
<i>Total</i>	21808.34

Stasiun	Total Kerapatan
2 (Kec. Percut Sei Tuan)	1050

1 (Desa Tanjung Rejo)	1541.66
7 (Desa Air Hitam Kec. Gebang)	1900
8 (Desa Selotong Kec. Secanggang)	2433.34
9 (Desa Tangkahan Durian Kec. Pangkalan Brandan)	2566.67
4 (Desa Bagan Kuala Kec. Tjg Beringin)	2650
3 (Desa Karang Gading)	2691.67
6 (Desa Sei Naga Lawan Kec. Perbaungan)	3233.33
5 (Desa Sentang Kec. Sialang Buah)	3741.67
Total	21808.34
<hr/>	
Lokasi	Total Kerapatan (ind/ha)
Deli Serdang	5283.33
Serdang Bedagai	9625
Langkat	6900.01



Lampiran 4. Kofisien Mangrove di Tiga Kabupaten

Jenis Mangrove	Deli Serdang				Sergai				Langkat			
	1	2	3	Σ Species	4	5	6	Σ Species	7	8	9	Σ Species
<i>Rhizophora apiculata</i>	658.33		1700	2358.33	466.67	1466.67	2275	4208		1391.67	1050	2442
<i>Rhizophora mucronata</i>	883.33		733.33	1616.66	275	1208.33	958.33	2442		1041.67	650	1692
<i>Avicennia alba</i>		625	216.67	841.67	233.33			233	1058.33			0
<i>Avicennia marina</i>		425	41.67	466.67	1075			1075	841.67		866.67	867
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>					308.33			308				0
<i>Bruguiera cylindrica</i>					291.67			292				0
<i>Sonneratia alba</i>						1066.67		1067				0

Lampiran 5. Data Hubungan kerapatan Mangrove dengan Produksi Perikanan

	Kerapatan Mangrove	Shrimp Production
Deli Serdang	1761.11	34555
Serdang Bedagai	3208.33	157
Langkat	2300	6769

Regency	production of fisheries in the fishing sector around mangroves (ton)									Total
	Shrimp			Fish			others			
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021	
Langkat	0	968	0	0	94	0	0	5,707	0	6769
Deli Serdang	0	1,209	1,804	0	24,771	443	0	6,211	117	34555
Serdang Bedagai	0	20	0	0	137	0	0	0	0	157
			25,214							

Regency	Fisheries Resource Production around Mangrove (ton)								Grand Total
	Shrimp				Fish				
	2019	2020	2021	Total	2019	2020	2021	Total	
Langkat	17,477	17,310	20,712	55,499	1,606	4,041	3,961	9,608	65,107
Deli Serdang	1,255	3,363	2,608	7,226	2,006	26,820	443	29,269	36,495
Serdang Bedagai	9,696	9,716	9,696	29,108	2,031	2,168	2,033	6,232	35,340

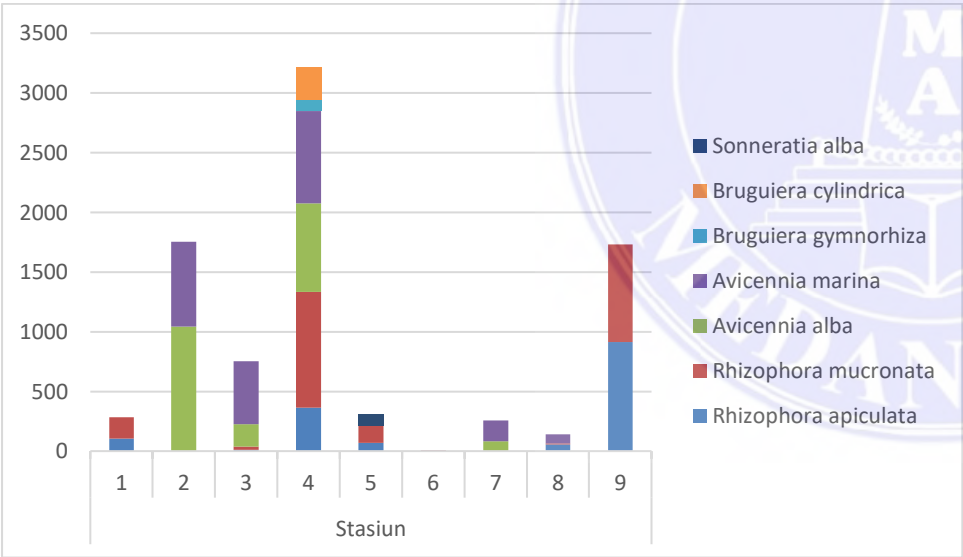
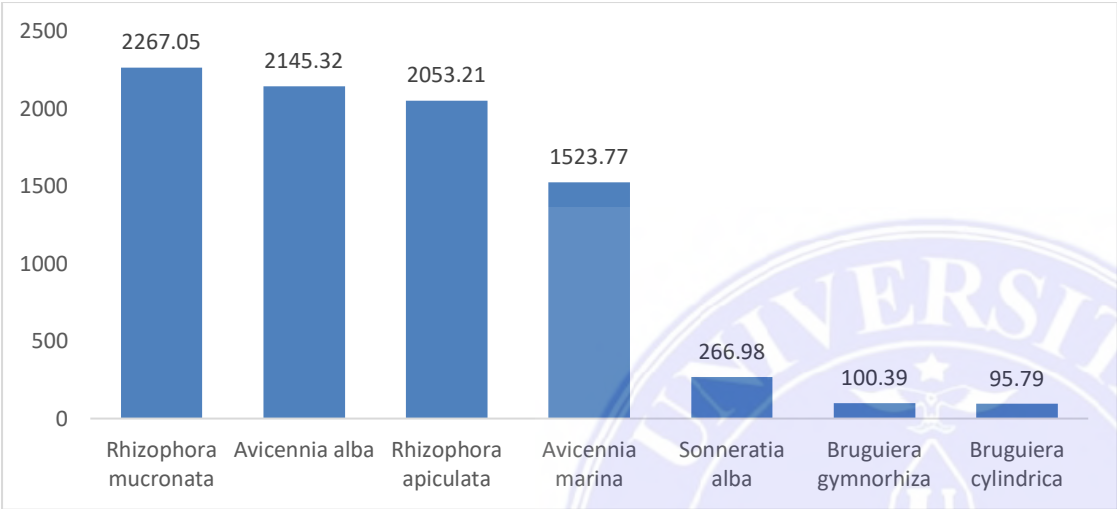
Regency	Aquaculture production around mangroves (ton)								
	Shrimp			Milk Fish			Other Fishes		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Langkat	17,477	16,342	20,712	1,606	3,906	2,974	4,240	41	987
Deli Serdang	1,255	2,154	804	904	911	1,245	1,102	1,138	1,074
Serdang Bedagai	9,696	9,696	9,696	11	11	11	2,020	2,020	2,022

Regency	Fisheries Resource Production around Mangrove (ton)									
	Shrimp					Fish				
	2019	2020	2021	Total	Average	2019	2020	2021	Total	Average
Langkat	17,477	17,310	20,712	55,499	18,500	2,006	26,820	2,762	31,588	10,529
Deli Serdang	1,255	3,363	2,608	7,226	2,409	2,031	2,168	2,033	6,232	2,077
Serdang Bedagai	9,696	9,716	9,696	29,108	9,703	5,846	4,041	3,961	13,848	4,616

Lampiran 6. Data Hubungan Kerapatan Mangrove dengan Nilai Karbon

Jenis Mangrove	Stasiun									Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Rhizophora apiculate</i>	106.27		13.24	364.05	67.43	4.25		56.28	912.25	1523.77
<i>Rhizophora mucronate</i>	177.56		25.68	967.52	143.95	4.6		6.9	819.11	2145.32
<i>Avicennia alba</i>		1042.77	184.54	742.95			82.95			2053.21
<i>Avicennia marina</i>		709.19	530.61	773.15			175.63	78.47		2267.05
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>				95.79						95.79
<i>Bruguiera cylindrica</i>				266.98						266.98
<i>Sonneratia alba</i>				100.39						100.39
	283.83	1751.96	754.07	3210.44	311.77	8.85	258.58	141.65	1731.36	8452.51

Jenis Mangrove	Jumlah
<i>Rhizophora mucronate</i>	2267.05
<i>Avicennia alba</i>	2145.32
<i>Rhizophora apiculate</i>	2053.21
<i>Avicennia marina</i>	1523.77
<i>Sonneratia alba</i>	266.98
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	100.39
<i>Bruguiera cylindrica</i>	95.79
	8452.51



Lampiran 7. Dokumentasi







