



POTENSI STOK KARBON EKOSISTEM MANGROVE DALAM PENGELOLAAN KARBON BIRU DI KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN SAWO-LAHEWA, PROVINSI SUMATERA UTARA

KHAIRUL MUKMIN LUBIS



**PROGRAM MAGISTER
PENGELOLAAN SUMBERDAYA PESISIR DAN LAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



PERNYATAAN MENGENAI PENELITIAN DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Potensi Stok Karbon Ekosistem Mangrove dalam Pengelolaan Karbon Biru di Kawasan Konservasi Perairan Sawo-Lahewa, Provinsi Sumatera Utara” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2025

Khairul Mukmin Lubis
NIM C2502211016

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

KHAIRUL MUKMIN. Potensi Stok Karbon Ekosistem Mangrove dalam Pengelolaan Karbon Biru di Kawasan Konservasi Perairan Sawo – Lahewa, Provinsi Sumatera Utara. Dibimbing oleh TARYONO, ARIO DAMAR dan ZULHAMSYAH IMRAN (Alm).

Mangrove merupakan salah satu ekosistem dari *Blue Carbon* atau karbon biru, Peran mangrove dalam kaitannya *blue carbon* lebih ditekankan pada kemampuan mangrove memanfaatkan CO₂ untuk proses fotosintesis dan menyimpan dalam bentuk biomassa dan sedimen. Kawasan Konservasi Perairan Wilayah Sawo-Lahewa, Provinsi Sumatera Utara memiliki luas mangrove pada tahun 2014 adalah 178,96 ha. Namun pada tahun 2016 luas mangrove di Kecamatan Sawo memiliki luas 92,31 ha, penurunan luasan mangrove di Kecamatan Sawo dipengaruhi aktivitas manusia dan dampak dari bencana alam seperti gempa tektonik yang menyebabkan naiknya daratan pesisir dan turunnya permukaan air laut di bagian utara Pulau Nias sehingga banyak kawasan mangrove yang tidak tergenangi air laut sehingga akan mempengaruhi stok dan penyerapan karbon yang ada di ekosistem mangrove. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan (1) Menentukan kondisi biofisik ekosistem mangrove, (2) Mengestimasi stok dan penyerapan karbon mangrove, (3) Mengidentifikasi Faktor dan Aktor yang memiliki interaksi dalam pengelolaan karbon biru, (5) Menentukan Strategi pengelolaan ekosistem mangrove dalam mendukung pengelolaan karbon biru.

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober sampai dengan November 2023 di Kawasan Konservasi Perairan Wilayah Sawo-Lahewa, Provinsi Sumatera Utara lokasi penelitian ditentukan pada kriteria mangrove jarang, mangrove sedang dan mangrove lebat. Kondisi biofisik ekosistem mangrove dianalisis menggunakan parameter kerapatan dan indeks nilai penting. Perhitungan simpanan karbon menggunakan metode non-destruktif pada tegakan dan bawah permukaan mangrove, sedangkan perhitungan karbon tanah menggunakan metode *loss on ignition* untuk menghitung kandungan C organik. Menganalisis faktor dan aktor dengan bantuan software *Matrix of Cross Impact Multiplication Applied to a Classification* (MICMAC) dan *Matrix of alliance, conflict, tactics objective and recommendations* (MACTOR), terakhir menyusun strategi pengelolaan karbon biru dengan bantuan software multi-criteria Policy (MULTIPOL).

Hasil penelitian ini kerapatan mangrove kelas pohon dari tiga lokasi pengamatan, area yang jarang masih dalam kategori mangrove sedang yakni dengan nilai 1.350 ind/ha, sementara untuk kriteria lokasi mangrove sedang dan lebat masuk dalam kategori mangrove padat. Indeks nilai penting paling tinggi adalah jenis *Rhizophora apiculata*. *Carbon pool* yang paling tinggi yakni pada stasiun mangrove sedang dapat diketahui total stok karbon pada stasiun tersebut sebesar 4.631,89 ton C ha⁻¹ diikuti dengan stasiun mangrove lebat sebesar 4.519,17 C ha⁻¹. Sedangkan yang paling rendah adalah stasiun dengan mangrove jarang yakni sebesar 697,52 ton C ha⁻¹. Spesies yang menyerap karbon tertinggi adalah *R. apiculata* dimana total serapan karbon pada dua daerah yang menjadi wilayah kajian terdapat 3.687,78 ton C ha⁻¹ sedangkan spesies yang menyerap karbon rendah yakni spesies *B. gymnorhiza* dan *L. littorea* masing masing total

penyerapannya adalah 93,06 ton C ha⁻¹ dan 81,62 ton C ha⁻¹. Pada tahun ke 20 nilai stok karbon sebesar 15.019,51 ton C ha⁻¹.

Menyusun Rencana Aksi pengelolaan karbon biru dan Penguatan Dasar Hukum di daerah tentang Pembayaran Jasa Lingkungan yang kuat secara langsung terhadap pengelolaan karbon biru di Kawasan Konservasi Perairan Sawo-Lahewa, Provinsi Sumatera Utara. DKP Sumatera Utara dan BAPELITBANG Sumatera Utara memiliki tingkat aktor yang paling kuat. Hal ini berarti ketika kedua aktor komitmen membangun dan bekoordinasi maka besar kemungkinan keberhasilan pengelolaan ekosistem mangrove dapat tercapai. Masyarakat yang memanfaatkan hasil hutan kayu mangrove berorientasi pada keuntungan dari hasil penebangan kayu yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari dan diperjual belikan untuk menjadi bahan baku arang. Sementara tujuan pengelolaan ekosistem mangrove yang dilakukan oleh DKP Sumatera Utara berorientasi meningkatkan pendapatan dari jasa lingkungan yang berkelanjutan seperti Pembayaran berbasis kinerja dari upaya konservasi ekosistem mangrove.

Skenario pendanaan dalam pengelolaan karbon biru dapat dilakukan dengan skenario *Climate Impact Fund* dapat mendukung kebijakan dalam restorasi, reforestasi, ada enam program atau aksi yang dapat dilakukan yaitu aksi menentukan model rehabilitasi, penguatan dasar hukum di daerah tentang pembayaran jasa lingkungan, menyusun Dokumen Rencana Aksi Mitigasi (DRAM) dan mendaftarkan aksi mitigasi ke Sistem Register Nasional (SRN), memulihkan mangrove yang jarang, Memproteksi mangrove yang lebat sebagai penyimpanan karbon yang besar, melakukan pemantauan mekanisme pembayaran jasa lingkungan. Berikutnya untuk strategi pengawasan pada skenario *Climate Impact Fund*, aksi yang dijalankan yakni menentukan nilai pembayaran jasa lingkungan melalui teknik valuasi dan membangun keterkaitan antara ekosistem dengan pelaku utama. Sementara Skenario kemitraan dapat dijalankan dengan melakukan Peningkatan kapasitas dan ekonomi masyarakat. Aksi dalam strategi tersebut meliputi melatih kegiatan rehabilitasi dan monitoring penanaman dan melatih keterampilan masyarakat dalam pengelolaan mangrove.

Kata Kunci : Mangrove, Kerapatan, Aktor, Ekonomi karbon, Strategi, Rencana aksi

SUMMARY

KHAIRUL MUKMIN. Carbon Stok Potential of Mangrove Ecosystems in the Management of Blue Carbon in the Conservation of the Sawo-Lahewa Waters, North Sumatra Province. Supervised by TARYONO and ARIO DAMAR and ZULHAMSYAH IMRAN (Alm).

Mangroves are one of the ecosystems of Blue Carbon, or blue carbon, where the role of mangroves in blue carbon is more emphasized on their ability to utilize CO₂ for the photosynthesis process and store it in the form of biomass and sediment. The Conservation Area in the Sawo-Lahewa Waters of North Sumatra Province had a mangrove area of 178.96 ha in 2014. However, in 2016, the mangrove area in Sawo Subdistrict decreased to 92.31 ha. This reduction in mangrove area in Sawo Subdistrict was influenced by human activities and the impacts of natural disasters such as tectonic earthquakes, which caused the coastal land to rise and the sea level to drop in the northern part of Nias Island, leading to many mangrove areas no longer being submerged by seawater, which affects the carbon stocks and sequestration in the mangrove ecosystem. Therefore, this study aims to: (1) Determine the bio-physical condition of the mangrove ecosystem, (2) Estimate the carbon stocks and sequestration in mangroves, (3) Calculate the valuation of carbon sequestration services in the mangrove ecosystem, (4) Identify the factors and actors involved in blue carbon management, and (5) Determine strategies for mangrove ecosystem management to support blue carbon management.

This research was conducted in October-November 2023 in the Conservation Area of the Sawo-Lahewa Waters, North Sumatra Province. The research sites were selected based on mangrove density criteria, categorized as sparse, moderate, and dense mangroves. The bio-physical condition of the mangrove ecosystem was analyzed using density and important value index parameters. Carbon storage calculations were performed using non-destructive methods for above-ground and below-ground mangrove stands, while soil carbon was calculated using the loss on ignition method to determine organic carbon content. The economic valuation of mangrove carbon services was based on references used in the Forest Carbon Partnership Facility (FCPF) - World Bank Carbon Fund, Social Cost, and domestic carbon prices under Law No. 7 of 2021 on Tax Regulation Harmonization. Factors and actors were analyzed using the software Matrix of Cross Impact Multiplication Applied to a Classification (MICMAC) and Matrix of Alliance, Conflict, Tactics Objective and Recommendations (MACTOR), and finally, blue carbon management strategies were developed using multi-criteria policy software (MULTIPOL).

The results of this study show that the density of mangroves in the tree class from three observation sites indicates that sparsely distributed areas are still categorized as moderately dense mangroves, with a value of 1,350 individuals/ha. Meanwhile, for areas classified as moderately dense and densely vegetated mangroves, they fall under the category of dense mangroves. The highest importance index value was found in the species *Rhizophora apiculata*. The highest carbon pool is at the medium mangrove station, it can be seen that the total carbon stock at the station is 4.631,89 tons C ha⁻¹ followed by the dense mangrove station at 4.519,17 C ha⁻¹. While the lowest is the station with sparse mangroves, which is

697,52 tons C ha⁻¹. The species that absorbs the highest carbon is *R. apiculata* where the total carbon absorption in the two areas that are the study area is 3,687.78 tons C ha⁻¹ while the species that absorb low carbon are the species *B. gymnorhiza* and *L. littorea*, each with a total absorption of 93,06 tons C ha⁻¹ and 81,62 tons C ha⁻¹. In the 20th year, the carbon stock value was 15,019.51 tons C ha⁻¹.

The action plan for blue carbon management and strengthening the legal framework at the local level regarding Environmental Services Payments that directly support blue carbon management in the Conservation Area of the Sawo-Lahewa Waters, North Sumatra Province, is crucial. The North Sumatra Marine and Fisheries Department North Sumatra Province and the North Sumatra Development Planning Agency North Sumatra Province have the strongest actor involvement. This means that if both actors are committed to building and coordinating, the success of mangrove ecosystem management is highly likely. Local communities who benefit from mangrove timber use it for daily needs or sell it as raw material for charcoal production. On the other hand, mangrove ecosystem management by DKP Sumut focuses on increasing income from sustainable environmental services, such as performance-based payments for mangrove conservation efforts.

The funding scenario in blue carbon management can be done with the Climate Impact Fund scenario to support policies in restoration, reforestation, there are six programs or actions that can be done, namely the action of determining the rehabilitation model, Strengthening the legal basis in the region regarding environmental service payments, compiling the Mitigation Action Plan Document (DRAM) and registering mitigation actions to the National Register System (SRN), restoring sparse mangroves, Protecting dense mangroves as large carbon storage, monitoring or monitoring the environmental service payment mechanism. Next for the monitoring strategy in the Climate Impact Fund scenario, the actions carried out are Determining the value of environmental service payments through valuation techniques and building linkages between ecosystems and key actors. While the Partnership Scenario can be carried out by increasing the capacity and economy of the community. Actions in this strategy include training rehabilitation activities and monitoring planting and training community skills in mangrove management.

Keywords: Mangrove, Density, Actors, Carbon Economy, Strategy, Action Plan.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

**POTENSI STOK KARBON EKOSISTEM MANGROVE
DALAM PENGELOLAAN KARBON BIRU DI KAWASAN
KONSERVASI PERAIRAN WILAYAH SAWO-LAHEWA,
PROVINSI SUMATERA UTARA**

KHAIRUL MUKMIN LUBIS

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister
Sains pada
Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan

**PROGRAM MAGISTER
PENGELOLAAN SUMBERDAYA PESISIR DAN LAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
1. Dr. Ir. Gatot Yulianto M.Si.
2. Dr. Ali Mashar S.Pi., M.Si.

Judul Tesis : Potensi Stok Karbon Ekosistem Mangrove dalam Pengelolaan Karbon Biru di Kawasan Konservasi Perairan Sawo-Lahewa, Provinsi Sumatera Utara

Nama : Khairul Mukmin Lubis

NIM : C2502211016

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Taryono S.Pi., M.Si.

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir Ario Damar, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi

Pengelolaan Sumber daya Pesisir dan Lautan:

Dr. Ir. Zairion, M.Sc.

NIP. 19640703 199103 1003

Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:

Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc.

NIP. 19630731 198803 1002

Tanggal Ujian: 23 Mei 2025

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga Tesis ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam Tesis ini adalah “Potensi Stok Karbon Ekosistem Mangrove dalam Pengelolaan Karbon Biru di Kawasan Konservasi Perairan Sawo-Lahewa, Provinsi Sumatera Utara”.

Keberhasilan penulisa dalam menyelesaikan Tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan kepada :

1. Institut Pertanian Bogor yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melanjutkan studi Pasca Sarjana di Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Tahun 2021.
2. Dr. Taryono, S.Pi., M.Si., dan Prof. Dr. Ir. Ario Damar, M.Si., serta doa khusus kepada Dr. Zulhamsyah Imran S.Pi., M.Si. (Alm) yang telah membimbing, memberi saran dan mengantarkan penulis hingga menyelesaikan Tesis ini.
3. Dr. Ir. Gatot Yulianto M.Si. dan Dr. Ali Mashar S.Pi., M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyempurnaan Tesis ini.
4. Kepada Dr. Ir. Zairion, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Lautan IPB, serta seluruh civitas akademika Dapertemen Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK-IPB dalam pikiran, ilmu dan bantuan selama perkuliah.
5. Penghargaan khusus penulis sampaikan kepada almarhum ayah saya, Drs. Azharuddin Lubis, dan ibu saya, Halimatussa'diah. Tak lupa, ucapan terima kasih juga ditujukan kepada ibu mertua, Nursawaliah Sari, yang senantiasa memberikan nasihat, motivasi, serta doa tulusnya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi ini.
6. Seseorang yang selalu hadir menemani dalam kondisi apapun istri saya, Nurmasniar Elvaradina, terima kasih atas support dan doa yang kuat hingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini.
7. Kepada adik-adik penulis, terima kasih atas dukungan kalian; teruslah belajar dan mencari pengalaman sebagai bekal kehidupan.
8. BAPELITBANG Provinsi Sumatera Utara, Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sumatera Utara, serta pemerintah daerah kabupaten Nias Utara dalam hal ini BAPEDA Nias Utara dan Dinas Perikanan Kabupaten Nias Utara, dan teman-teman dari NGO yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian serta turut membantu selama proses pengumpulan data

Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi yang membutuhkan dan berkontribusi pada kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2025

Khairul Mukmin Lubis



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	4
1.5. Ruang Lingkup	4
1.6. Kerangka Pemikiran	4
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Kawasan Konservasi Perairan Sawo-Lahewa	6
2.2. Rencana Pengelolaan Kawasan Konservasi	6
2.3. Ekosistem Mangrove	7
2.4. Klasifikasi Zonasi Mangrove	8
2.5. Kebijakan Karbon di Indonesia	9
2.6. Ekosistem Karbon Biru	10
2.7. Karbon Biru dalam <i>Nationally Determined Contribution</i>	11
2.8. <i>Stakeholder</i>	12
2.9. Variabel dalam Pengelolaan Karbon Biru dengan MICMAC	13
2.10. <i>Matrix Alliance Conflict Tactic Operation and Responses</i>	14
2.11. Konsep Perlindungan Ekosistem Di Kawasan Konservasi	15
2.12. Analisis Multipol	15
III METODE PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Jenis dan Sumber Data Penelitian	20
3.4 Pengumpulan Data	21
3.4.1 Pengumpulan Data Bio-Ekologi dan Diameter batang	21
3.4.2 Pengumpulan Data <i>Stakeholder</i>	21
3.4.3 Pengumpulan Data Skunder	22
3.5 Analisis Data	23
3.5.1 Analisis Vegetasi Mangrove	23
3.5.2 Analisis Biomassa <i>Aboveground</i> dan <i>Bellowground</i>	24
3.5.3 Analisis Cadangan Stok Karbon	25
3.5.5 Analisis Karbon Tanah	25
3.5.6 Uji Beda Nyata	26
3.5.7 Identifikasi Faktor yang berpengaruh dengan Pendekatan MICMAC	26
3.5.8 Identifikasi <i>Stakeholder</i> dengan MACTOR	29

3.5.9 Analisis strategi yang dilakukan untuk pengelolaan karbon biru ekosistem mangrove di Kawasan Konservasi perairan wilayah Sawo-Lahewa Provinsi Sumatera	34
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian	37
4.2. Kondisi Pasang Surut pada Ekosistem mangrove	38
4.3 Kondisi Biofisik Ekosistem Mangrove	38
4.4 Biomassa dan Stok Karbon Kawasan Konservasi Perairan Sawo-Lahewa	42
4.5 Keterkaitan Faktor dan Aktor Pengelolaan Karbon Biru di kawasan konservasi perairan Sawo-Lahewa	50
4.7. Strategi Pendanaan dalam Pengelolaan Karbon Biru di Kawasan Konservasi Periran Sawo-Lahewa	64
V SIMPULAN DAN SARAN	70
5.1 Simpulan	70
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN	79
RIWAYAT HIDUP	107