

POTENSI KARBON MANGROVE SEBAGAI DASAR PENGELOLAAN DI MUARA SUNGAI KAWAL KABUPATEN BINTAN

ZULFIKAR



PROGRAM MAGISTER
PENGELOLAAN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul **“Potensi Karbon Mangrove Sebagai Dasar Pengelolaan di Muara Sungai Kawal”** 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 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, Januari 2026

Zulfikar
NIM C2501212016

RINGKASAN

ZULFIKAR. Potensi Karbon Mangrove Sebagai Dasar Pengelolaan di Muara Sungai Kawal Kabupaten Bintan. Dibimbing oleh MAJARIANA KRISANTI dan FERY KURNIAWAN.

Ekosistem mangrove berperan signifikan sebagai penyimpan karbon biru. Perubahan penggunaan lahan dan gangguan ekosistem memengaruhi struktur ekosistem dan menurunkan kapasitas penyimpanan karbon. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis kondisi ekosistem mangrove berdasarkan kualitas perairan, komposisi jenis, pola sebaran, dan struktur komunitas; (2) menghitung potensi stok karbon pada setiap pool karbon, yaitu biomassa di atas permukaan tanah (AGB), biomassa di bawah permukaan tanah (BGB), nekromassa, dan karbon organik sedimen (SOC); serta (3) menganalisis hubungan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dengan sebaran stok karbon.

Penelitian dilaksanakan pada Oktober 2024 di empat Stasiun yang merepresentasikan tingkat penggunaan lahan yang berbeda. Pendekatan penelitian menggunakan kombinasi pengukuran lapangan yang meliputi biomassa di atas permukaan tanah (AGB), biomassa di bawah permukaan tanah (BGB), nekromassa, dan karbon organik sedimen (SOC). Estimasi biomassa dilakukan menggunakan persamaan alometrik. Analisis karbon organik sedimen dilakukan hingga kedalaman 0–50 cm menggunakan metode *Walkley and Black*.

Kondisi ekosistem mangrove di Muara Sungai Kawal ditunjukkan oleh kualitas perairan, komposisi jenis, pola sebaran, dan struktur komunitas vegetasi. Parameter fisika–kimia perairan menunjukkan suhu berkisar antara 28,5–30,3 °C, pH 7,2–8,0, salinitas 20–25‰, serta oksigen terlarut (DO) 4,2–6,8 mg/L. Nilai DO terendah ditemukan pada kawasan penebangan. Komposisi vegetasi mangrove terdiri atas enam jenis, yaitu *Rhizophora apiculata*, *Xylocarpus granatum*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Excoecaria agallocha*, *Ceriops tagal*, dan *Lumnitzera littorea*. Pola sebaran jenis menunjukkan zonasi yang berbeda antar Stasiun. Jenis *Rhizophora apiculata* dan *Xylocarpus granatum* ditemukan pada seluruh Stasiun, sedangkan *Excoecaria agallocha* dan *Lumnitzera littorea* hanya ditemukan pada Stasiun tertentu.

Total stok karbon ekosistem mangrove berkisar antara 289,24–645,82 ton C/ha dengan nilai rata-rata 424,93 ton C/ha. Nilai tersebut setara dengan potensi karbon dioksida ekuivalen sebesar 1.061,52–2.370,15 CO₂-eq/ha dengan nilai rata-rata 1.559,49 CO₂-eq/ha. Karbon organik sedimen (SOC) memberikan kontribusi sebesar 66%, biomassa vegetasi sebesar 34%, dan nekromassa sebesar 0,2%. Stasiun dengan tingkat gangguan ekosistem mangrove yang rendah memiliki stok karbon tertinggi. Kawasan penebangan menunjukkan stok karbon terendah. Kondisi ini menegaskan bahwa integritas struktur tegakan dan stabilitas sedimen menjadi faktor utama penentu kapasitas penyimpanan karbon. Hubungan antara diameter batang dan biomassa tergolong sangat kuat dengan nilai $R^2 = 0,87$. Hubungan NDVI dengan biomassa bersifat moderat dengan nilai R^2 0,58–0,64. Temuan tersebut menunjukkan bahwa NDVI efektif untuk estimasi spasial stok karbon dengan kebutuhan kalibrasi lapangan.

Kata kunci: Mangrove, stok karbon, biomassa, karbon organik sedimen, NDVI

SUMMARY

ZULFIKAR. Mangrove Carbon Potential as a Basis for Management in the Kawal River Estuary. Supervised by MAJARIANA KRISANTI and FERY KURNIAWAN.

Mangrove ecosystems function as crucial blue carbon reservoirs, whose carbon storage capacity is increasingly threatened by land-use change and anthropogenic pressures that alter ecosystem structure. This study addresses these issues through three objectives, (1) assessing mangrove ecosystem condition based on water quality, species composition, distribution patterns, and community structure, (2) quantifying carbon stocks across the principal carbon pools, including aboveground biomass (AGB), belowground biomass (BGB), necromass, and sediment organic carbon (SOC), and (3) examining the relationship between the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and carbon stocks.

Fieldwork was conducted in October 2024 at four stations representing different land-use intensities. Data collection integrated field measurements of AGB, BGB, necromass, and SOC. Biomass was estimated using allometric equations. Sediment organic carbon was analyzed to a depth of 0–50 cm using the Walkley and Black method. The condition of the mangrove ecosystem in the Kawal River Estuary was evaluated using physico-chemical water parameters, including temperature (28,5–30,3 °C), pH (7,2–8,0), salinity (20–25‰), and dissolved oxygen (4,2–6,8 mg/L). The lowest dissolved oxygen values occurred in logged areas. Six mangrove species were recorded, *Rhizophora apiculata*, *Xylocarpus granatum*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Excoecaria agallocha*, *Ceriops tagal*, and *Lumnitzera littorea*. Species distribution exhibited distinct zonation patterns. *R. apiculata* and *X. granatum* were present at all stations, whereas other species showed more restricted distributions.

Total ecosystem carbon stocks ranged from 289,24 to 645,82 tons C/ha, with an average of 424,93 tons C/ha. These values corresponded to carbon dioxide equivalents of 1,061,52–2,370,15 CO₂-eq/ha, averaging 1,559,49 CO₂-eq/ha. Sediment organic carbon contributed 66%, vegetation biomass contributed 34%, and necromass contributed approximately 0,2%. Stations experiencing minimal anthropogenic disturbance stored the highest carbon stocks. Logged areas exhibited the lowest carbon values. This pattern highlights the importance of maintaining stand structural integrity and sediment stability for sustaining mangrove carbon storage capacity. The relationship between stem diameter and biomass was strong ($R^2 = 0,87$). The correlation between NDVI and biomass was moderate ($R^2 = 0,58–0,64$). These results suggest that NDVI is suitable for spatial estimation of mangrove carbon stocks, but calibration with field measurements is required.

Keywords: *Mangroves, Carbon stocks, Biomass, Sedimentary organic carbon, NDVI.*



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 2026

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 KARBON MANGROVE SEBAGAI DASAR PENGELOLAAN DI MUARA SUNGAI KAWAL KABUPATEN BINTAN

ZULFIKAR

Tesis
diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
Magister pada
Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan
Institut Pertanian Bogor

**PROGRAM MAGISTER
PENGELOLAAN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



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



Judul Tesis : Potensi Karbon Mangrove Sebagai Dasar Pengelolaan di Muara Sungai
Kawal Kabupaten Bintan

Nama : Zulfikar

NIM : C2501212016

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Majariana Krisanti, S.Pi., M.Si.



Pembimbing 2:
Dr. Fery Kurniawan, S.Kel., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi
Pengelolaan Sumberdaya Perairan:
Dr. Majariana Krisanti, S.Pi., M.Si.
NIP 196910311995122001



Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc.
NIP 196307311988031002



Tanggal Ujian Tesis: 5 Januari 2026

Tanggal Lulus:

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.

PRAKATA

Alhamdulillah hirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala atas semua rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "Potensi Karbon Mangrove sebagai Dasar Pengelolaan di Muara Sungai Kawal, Kabupaten Bintan". Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Keberhasilan penyusunan tesis ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh penghargaan penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor atas kesempatan dan fasilitas akademik yang diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan pada Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan.
2. Dr. Majariana Krisanti, M.Si. selaku Ketua Komisi pembimbing dan Dr. Fery Kurniawan, M.Si. selaku Anggota Komisi Pembimbing, atas arahan, kesabaran, serta bimbingan ilmiah yang diberikan secara konsisten sejak tahap perencanaan hingga penyelesaian tesis ini. Ketelitian dan komitmen beliau menjadi teladan penting dalam proses pembelajaran akademik penulis.
3. (Alm) Dr. Zulhamsyah Imran, M.Si. yang telah memberikan bimbingan, arahan ilmiah, dan inspirasi akademik pada tahap awal penyusunan tesis ini. Kontribusi dan dedikasi beliau menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari proses penelitian ini.
4. Dr. Ir. Gatot Yulianto, M.Si. selaku Penguji Luar Komisi Pembimbing dan Prof. Dr. Ir. Ario Damar, M.Si. selaku Perwakilan Program Studi yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tesis.
5. Prof. Dr. Ir. Yusli Wardiatno, M.Sc. selaku Dosen Kolokium dan Dr. Ali Mashar, M.Si. selaku Dosen Seminar yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tesis.
6. Laboran Agrikultur PT Mutu Agung Lestari, Tbk atas bantuan dan dukungan dalam proses analisis dan pengumpulan data penelitian.
7. Ayah Mahjur, Ibu Mariani, serta (kakak) Lia, Rio Setiawan dan (adik) Naura Azzahra yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan keteguhan hati sehingga penulis mampu menyelesaikan perjalanan akademik ini dengan baik.
8. Dr. Mazlan, M.Si. Abiyulwan Sismawafi, M.Si. Lalu Nurrahman R, M.Si. Ricky Andryan, M.Si. Farah Nilamsari K, M.Si. dan Susi Anggraeni, S.Pi. atas kebersamaan, dukungan moral, dan ruang berbagi yang menguatkan penulis selama penyusunan tesis. Kebersamaan tersebut menjadi sumber semangat dan penopang konsistensi penulis dalam menyelesaikan setiap tahapan penelitian.

Demikian tesis ini disusun, semoga bermanfaat.

Bogor, 1 Januari 2026

Zulfikar

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiii
PENDAHULUAN	13
1.1 Latar Belakang	13
1.2 Rumusan Masalah	15
1.3 Tujuan	15
1.4 Manfaat	15
1.5 Ruang Lingkup	16
1.6 Kerangka Pemikiran	16
1.7 Kerangka Penelitian	17
II METODE	18
2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	18
2.2 Penentuan Area Pengamatan	18
2.3 Alat dan Bahan	19
2.4 Metode Penelitian dan Pengumpulan Jenis Data	19
2.5 Analisis Data	23
III HASIL DAN PEMBAHASAN	33
3.1 Hasil	33
3.2 Pembahasan	43
IV SIMPULAN DAN SARAN	55
4.1 Simpulan	55
4.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	64
RIWAYAT HIDUP	69

DAFTAR TABEL

1 Titik koordinat lokasi penelitian	18
2 Alat bahan penelitian	19
3 Tujuan, jenis data dan analisis data	19
4 Karakteristik citra sentinel-2A	22
5 Prosedur pengolahan citra	22
6 Persamaan alometrik tegakan beberapa jenis mangrove	25
7 Persamaan densitas tegakan beberapa jenis mangrove	26
8 Kategori kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI	31
9 Interpretasi koefisien korelasi	32
10 Hasil pengukuran kualitas perairan di Muara Sungai Kawal	33
11 Sebaran jenis mangrove Muara Sungai kawal	34
12 Indeks Nilai Penting kategori pohon tiap spesies mangrove	34
13 Indeks Nilai Penting kategori pancang tiap spesies mangrove	35
14 Kandungan karbon tanah per interval Muara Sungai Kawal	37
15 Kategori kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI	39
16 Nilai biomassa AGB dan BGB	39
17 Stok karbon atas dan stok karbon bawah permukaan setiap plot	42

DAFTAR GAMBAR

1 Kerangka penelitian	17
2 Peta lokasi penelitian	18
3 Ilustrasi transek dan plot penelitian	20
4 Ilustrasi pengukuran DBH untuk pohon mangrove yang tidak beraturan	20
5 Tahapan estimasi biomassa dan stok karbon mangrove	23
6 Estimasi biomassa mangrove	35
7 Stok karbon vegetasi AGB dan BGB	36
8 Nekromassa di Muara Sungai Kawal	36
9 Soil Organic Carbon (SOC) di Muara Sungai Kawal	37
10 Total stok karbon organik di biomassa, nekromassa dan SOC	38
11 Diagram lingkaran kontribusi (%) setiap pool karbon	38
12 Grafik regresi DBH dengan AGB	40
13 Grafik regresi DBH dengan BGB	40
14 Grafik regresi NDVI dan AGB	41
15 Grafik regresi NDVI dan BGB	41
16 Hasil stok karbon kombinasi alometrik dan spasial	43

DAFTAR LAMPIRAN

1 Aktivitas, kondisi ekosistem, dan pengambilan data	65
2 Identifikasi jenis mangrove	66
3 Aktivitas pengujian C-organik di laboratorium	67
4 Aktivitas pengujian C-organik di laboratorium (lanjutan)	68

DAFTAR ISTILAH

<i>Aboveground Biomass (AGB)</i>	: Biomassa vegetasi mangrove yang berada di atas permukaan tanah, meliputi batang, cabang, dan daun.
<i>Belowground Biomass (BGB)</i>	: Biomassa vegetasi mangrove yang berada di bawah permukaan tanah, terutama sistem perakaran.
<i>Blue Carbon</i>	: Karbon yang diserap dan disimpan oleh ekosistem pesisir dan laut, khususnya mangrove, lamun, dan rawa pasang surut.
<i>Bulk Density (BD)</i>	: Massa kering tanah per satuan volume untuk menghitung stok karbon organik sedimen
<i>Carbon Pool</i>	: Kompartemen atau penyimpan karbon dalam suatu ekosistem, yang pada ekosistem mangrove meliputi biomassa atas permukaan, biomassa bawah permukaan, nekromassa, dan karbon organik sedimen.
<i>Carbon Stock</i>	: Jumlah total karbon yang tersimpan dalam suatu ekosistem pada satuan luas tertentu yang dinyatakan dalam ton C per hektar.
<i>Irrecoverable Carbon</i>	: Karbon yang apabila dilepaskan akibat degradasi atau konversi ekosistem tidak dapat dipulihkan kembali dalam skala waktu mitigasi perubahan iklim.
<i>Nekromassa</i>	: Komponen biomassa mati dalam ekosistem mangrove, berupa pohon mati berdiri dan kayu mati rebah yang masih berada di lokasi penelitian.
<i>Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)</i>	: Indeks vegetasi berbasis penginderaan jauh yang menggambarkan tingkat kehijauan dan kepadatan vegetasi berdasarkan perbandingan reflektansi spektrum merah dan inframerah dekat.
<i>Sentinel-2A</i>	: Satelit penginderaan jauh resolusi menengah yang digunakan untuk memperoleh data spektral dalam pemetaan vegetasi.
<i>Soil Organic Carbon (SOC)</i>	: Karbon organik yang tersimpan di dalam sedimen mangrove hingga kedalaman tertentu dan merupakan komponen terbesar dalam stok karbon ekosistem mangrove.