

Estimasi Simpanan Karbon Vegetasi Mangrove di Kawasan Mangrove Center Balikpapan

Tsafita Zulfa, Rita Diana*, Rustam, Hastaniah
Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Tropis, Universitas Mulawarman

*ritadiana@fahutan.unmul.ac.id

Artikel diterima :13 Januari 2026. Revisi diterima :20 Maret 2026

ABSTRACT

Mangrove ecosystems play an important ecological role in absorbing and storing carbon in the form of biomass, thereby contributing to climate change mitigation efforts. This study aimed to estimate above-ground carbon stock and below-ground carbon stocks, as well as to determine the potential carbon dioxide absorption and oxygen production of mangrove vegetation in the Mangrove Center Balikpapan area. The study employed a purposive sampling method using three transects. Data collection focused on vegetation species, diameter, and height as the primary parameters, which were subsequently analyzed using allometric equations. In addition to the primary parameters, environmental parameters were also collected as supporting data within the mangrove ecosystem. The results showed that the Mangrove Center Balikpapan area had an above-ground carbon stock of 297.24 ton/ha, a below-ground carbon stock of 131.73 ton/ha, and a total carbon stock of 428.97 ton/ha. Furthermore, the mangrove vegetation in the Mangrove Center Balikpapan area demonstrated a total carbon dioxide absorption potential of 1572.88 ton/ha and an oxygen production potential of 1143.914 ton/ha. These findings indicate that the high carbon stock, carbon dioxide absorption potential, and oxygen production capacity of mangrove vegetation in the Mangrove Center Balikpapan area reflect the significant role of mangrove ecosystems in supporting climate change mitigation through their natural ability to absorb and store carbon.

Key words: Carbon Storage; CO₂ Absorption; Mangrove; Mangrove Center Balikpapan; O₂ Production.

ABSTRAK

Mangrove merupakan salah satu ekosistem yang memiliki peran ekologis dalam menyerap dan menyimpan karbon dalam bentuk biomassa sebagai upaya dalam memahami kontribusi ekosistem mangrove dalam mitigasi perubahan iklim. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengestimasi besarnya simpanan karbon di atas permukaan (above ground carbon) dan di bawah permukaan (below ground carbon), serta mengetahui potensi serapan karbondioksida dan produksi oksigen dari vegetasi mangrove di Kawasan Mangrove Center Balikpapan. Penelitian ini menggunakan metode purposive sampling dengan 3 transek. Pengambilan data jenis, diameter, dan tinggi vegetasi merupakan parameter utama dalam penelitian ini yang selanjutnya akan diolah dengan persamaan allometrik. Selain parameter utama, parameter lingkungan juga di ambil sebagai data pendukung dalam ekosistem mangrove. Hasil dari penelitian ini menunjukkan di Kawasan Mangrove Center Balikpapan memiliki simpanan karbon di atas permukaan sebesar 297,24 ton/ha, simpanan karbon di bawah permukaan sebesar 131,73 ton/ha, dan total simpanan karbon sebesar 428,97 ton/ha. Vegetasi Mangrove di Kawasan Mangrove Center memiliki total potensi serapan karbon sebesar 1572,88 ton/ha, dan potensi produksi oksigen di Kawasan Mangrove Center Balikpapan sebesar 1143,914 ton/ha. Dengan demikian, tingginya nilai simpanan karbon, potensi serapan karbondioksida, dan produksi oksigen yang diperoleh pada vegetasi mangrove di Kawasan Mangrove Center Balikpapan menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di kawasan tersebut memiliki peran penting dalam mendukung upaya mitigasi perubahan iklim melalui kemampuan menyerap dan menyimpan karbon secara alami.

Kata kunci: Mangrove; Mangrove Center Balikpapan; Serapan CO₂; Simpanan Karbon; Produksi O₂.

PENDAHULUAN

Persoalan lingkungan hidup yang tengah marak dibicarakan yakni perubahan iklim global. Meningkatnya gas-gas rumah kaca yang menyebabkan “Efek Rumah Kaca” yang

mengakibatkan suhu atmosfer meningkat. Hal ini dikaitkan dengan topik perubahan iklim. Maka dari itu, perlu upaya mitigasi perubahan iklim pada bidang yang rentan terhadap perubahan iklim, salah satunya adalah kehutanan, pesisir dan laut. Upaya tersebut berhubungan dengan ekosistem mangrove (Aldrian & Budiman, 2011).

Salah satu peran mangrove yang menjadi perhatian yakni mitigasi iklim sebagai komponen utama dari ekosistem karbon biru (Aprilita et al., 2024). Mangrove berfotosintesis, dengan proses tersebut karbondioksida dari atmosfer dapat diserap dan berubah menjadi karbon organik dalam bentuk biomassa yang terletak pada tubuhnya, seperti akar, batang, daun, dan bagian lainnya (Senoaji & Hidayat, 2017). Estimasi simpanan karbon di atas permukaan tanah sangat penting untuk memahami potensi mangrove dalam menyerap dan menyimpan karbon. Hal ini juga dapat menjadi perencanaan dan pengelolaan ekosistem mangrove yang berkelanjutan, serta untuk mendukung upaya pengurangan emisi gas rumah kaca.

Kalimantan Timur, Kota Balikpapan, Mangrove Center Balikpapan merupakan salah satu ekosistem mangrove yang menjadi tempat wisata ekologi, objek penelitian baik mengenai perairannya, sedimen, serta vegetasinya (Syafira et al., 2023). Kawasan Mangrove Center Balikpapan merupakan salah satu kawasan mangrove yang memiliki nilai konservasi di Kalimantan Timur. Oleh karena itu, estimasi simpanan karbon pada vegetasi mangrove di Kawasan Mangrove Center Balikpapan penting dilaksanakan sehingga data ini di kemudian hari dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan dalam pengelolaan dan konservasi mangrove, serta sebagai kontribusi untuk mengurangi dampak perubahan iklim.

Penelitian ini bertujuan menganalisis besarnya simpanan karbon pada vegetasi mangrove, serta

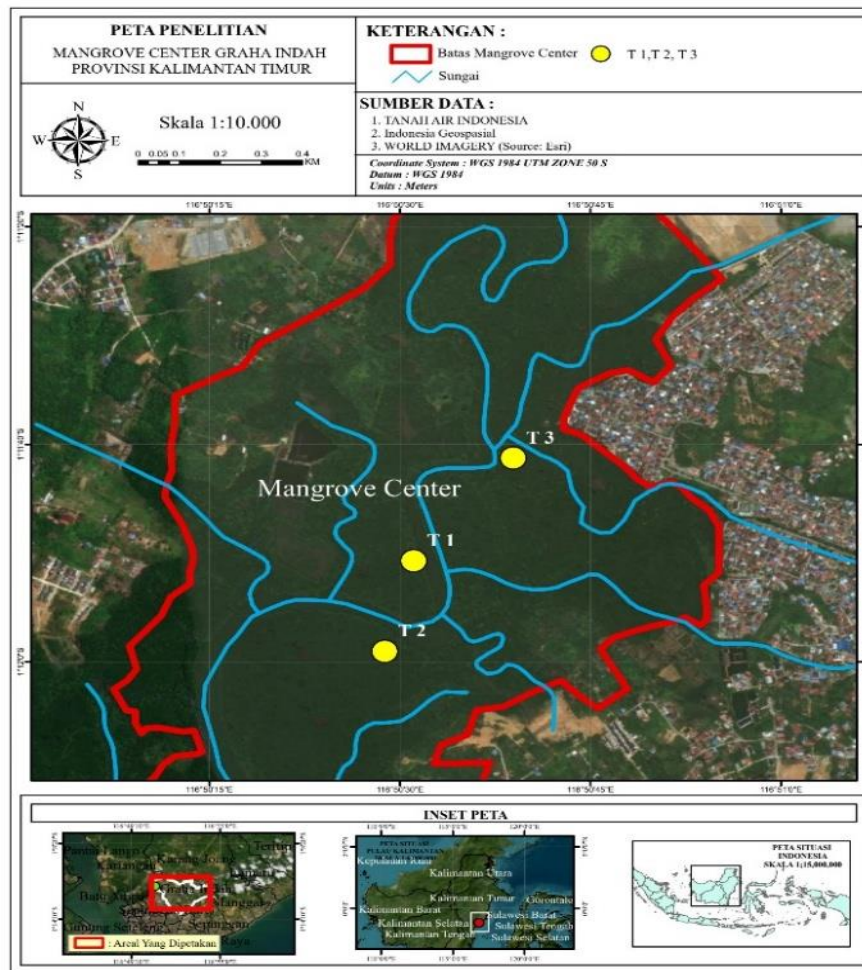
mengestimasi serapan karbon dioksida dan potensi produksi oksigen dari vegetasi mangrove di Kawasan Mangrove Center Balikpapan.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Kawasan Mangrove Center Balikpapan yang terletak di Gg. Mangrove VI Graha Indah, RT 14, Kecamatan Balikpapan Utara, Kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Mangrove Center Balikpapan berada pada koordinat 1°11'39" Lintang Selatan dan 116°50'42" Bujur Timur atau sekitar -1.194085, 116.844990. Berdasarkan fungsi kawasannya, Mangrove Center Balikpapan termasuk dalam kawasan mangrove dan konservasi pesisir yang berada di tepi Sungai Sember berdekatan dengan daerah Teluk Balikpapan. Mangrove Center Balikpapan mencakup kawasan mangrove dengan luas sekitar 150 hektar.

Penelitian ini hanya berfokus pada simpanan karbon vegetasi (karbon di atas permukaan dan di bawah permukaan) yang mencakup kegiatan studi pustaka, orientasi lapangan, pengambilan data, pengolahan data, serta menganalisis data penelitian membutuhkan waktu selama enam bulan. Berikut merupakan peta wilayah penelitian yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Kawasan Mangrove Center Balikpapan, Kota Balikpapan, Kalimantan Timur.

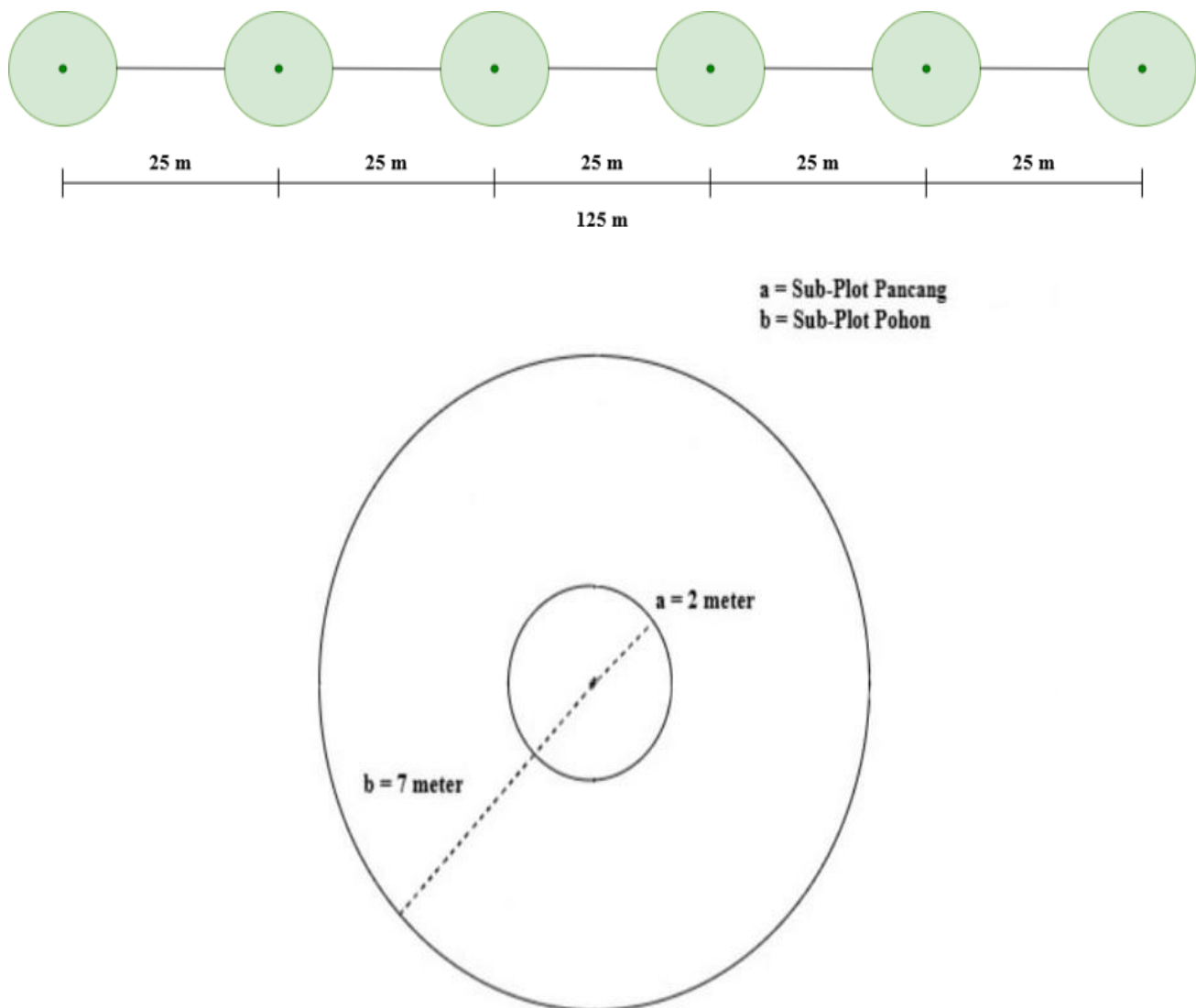
Prosedur Penelitian

Penelitian ini akan mengadopsi metode *purposive sampling* yang dimana dalam penentuan lokasi transek dilakukan secara *non-random* atau secara sengaja didasari keputusan yang dibuat oleh peneliti dengan memerhatikan serta mempertimbangkan kondisi suatu lokasi penelitian. Dalam pengambilan data pada penelitian ini, peneliti mempertimbangkan titik lokasi yang memiliki tingkatan pancang dan pohon, kondisi vegetasi yang rapat dan bagus, serta ditumbuhi oleh jenis-jenis mangrove yang lebih beragam jenisnya serta tumbuh dengan alami.

Plot penelitian di Kawasan Mangrove Center Balikpapan menerapkan metode transek kuadran yang dikutip dari Kauffman & Donato (2012). Setiap lokasi transek memiliki panjang 125 meter, dan di dalam transek tersebut, terdapat plot berbentuk diukur dalam penelitian ini meliputi

diameter dan tinggi pohon. lingkaran. Menurut Kauffman & Donato (2012) transek tegak lurus sepanjang 125 meter memberikan perkiraan yang baik tentang komposisi, struktur, dan kumpulan karbon ekosistem, rancangan ini juga memungkinkan pemeriksaan hubungan sepanjang gradien pasang surut dan elevasi, serta rancangan ini menguntungkan karena susunan plot linier menangkap banyak variasi mangrove sepanjang gradien dari tepi laut ke dataran tinggi. Plot melingkar relatif mudah dibuat dan efisien untuk diukur.

Plot ini berjarak 25 meter satu sama lain, dengan total 6 plot, masing-masing memiliki radius 7 meter untuk tingkat pohon, dan radius 2 meter untuk tingkat pancang. Untuk data pancang dan pohon yang akan diukur dalam penelitian ini meliputi diameter dan tinggi (Kauffman & Donato, 2012).



Gambar 2. Sketsa Transek dan Plot Penelitian (Kauffman & Donato, 2012)

Pengukuran dan Pengambilan Data Pancang

Pada pengambilan data pancang, dilakukan pada radius 2 meter pada setiap plot kuadran dengan kriteria yang memiliki tinggi di atas 1 meter hingga pohon muda dengan diameter < 5 centimeter. Pancang di ambil tinggi dan diameternya.

Pengukuran dan Pengambilan Data Pohon

Pada pengambilan data pohon, dilakukan pada radius 7 meter pada setiap plot kuadran yang memiliki kriteria yakni ketinggian $\geq 1,5$ meter dengan diameter ≥ 5 cm. Selanjutnya pengambilan tinggi dan diameter pohon dengan DBH (diameter at breast height) atau setinggi 1,3 meter dari permukaan tanah yang disesuaikan dengan kondisi pohon yang berada di lapangan.

Analisis Data

Perhitungan Biomassa Atas Permukaan

Biomassa pohon dan pancang dihitung menggunakan persamaan allometrik, hasilnya lalu digunakan untuk menghitung simpanan karbon. Pada persamaan allometrik, syarat yang digunakan untuk menghitung karbon dengan menggunakan nilai kerapatan jenis kayu ditiap-tiap jenis yang ditemukan. Perhitungan karbon di atas permukaan menggunakan persamaan allometrik umum, hal tersebut dikarenakan beberapa persamaan allometrik ditiap jenis bervariasi dan ada beberapa persamaan allometrik yang tidak menggunakan data tinggi pohon. Dengan pertimbangan tersebut, maka digunakanlah persamaan allometrik umum untuk menghitung data karbon di atas agar dalam perhitungan dan analisis data karbon dapat memiliki hasil yang lebih selaras dan signifikan.

Berikut rumus persamaan allometrik umum yang digunakan untuk menghitung biomassa mangrove di atas permukaan tanah yang berupa pancang dan pohon (Kauffman & Donato, 2012):

$$\text{Bov} = 0,0509 \cdot \rho \cdot (D)^2 \cdot H$$

Keterangan:

Bov : Biomassa (Kg);

H : Tinggi (m);

ρ : Kerapatan jenis kayu (g/cm³);

D : Diameter setinggi dada (cm).

Tabel 1. Kerapatan Jenis Kayu

No	Jenis Mangrove	Wood Density (g/cm ³)
1.	<i>Aegiceras corniculatum</i> (L.) Blanco ⁼	0,71
2.	<i>Avicennia lanata</i> Ridley ⁺	0,65
3.	<i>Avicennia marina</i> (Forssk.) Vierh. ⁼	0,62
4.	<i>Brugueira parviflora</i> (Roxb.) Wight & Arn. Ex Griffth ⁺	0,77
5.	<i>Ceriops tagal</i> (Perr.) C.B. Rob ⁼	0,85
6.	<i>Ceriops decandra</i> (Griff.) Ding Hou ⁼	0,87
7.	<i>Lumnitzera littorea</i> (Jack) Voigt ⁺	0,69
8.	<i>Rhizophora apiculata</i> Blume ⁼	0,87
9.	<i>Rhizophora mucronata</i> Lam. ⁼	0,83
10.	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i> C.F. Gaertn ⁺	0,65

⁼: 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, ⁺: Understanding i-Tree – Appendix 11: Wood Density Values (2023)

Perhitungan Biomassa Bawah Permukaan

Biomassa di bawah permukaan tanah (akar) dilakukan secara tidak langsung. Untuk menentukan total biomassa akar vegetasi menggunakan data dari kerapatan jenis kayu serta diameter setinggi dada. Pada perhitungan biomassa akar, didapati dengan menggunakan rumus berikut (Komiyama et al., 2008):

$$\text{Boav} = 0,199 \times \rho^{0,899} \times (D)^{2,22}$$

Keterangan:

Boav : Total biomasa akar vegetasi (Kg);

ρ : Kerapatan jenis kayu (g/cm³)

D : Diameter setinggi dada (cm)

Perhitungan Karbon

Pada perhitungan karbon dari biomassa di atas permukaan tanah, didapati dengan menggunakan rumus berikut (SNI 7724:2019):

$$\text{Cv} = \text{Bov} \times \% \text{ C Organik}$$

Pada perhitungan karbon dari biomassa di bawah permukaan tanah, didapati dengan menggunakan rumus berikut (SNI 7724:2019):

$$\text{Cav} = \text{Boav} \times \% \text{ C organik}$$

Keterangan :

Cav : Kandungan karbon bahan organik akar vegetasi (Kg);

Bov : Total biomassa vegetasi (Kg);

Boav : Total biomassa/bahan organik akar vegetasi (Kg);

% C organik : Nilai persentase dari kandungan karbon tiap-tiap jenis, jika nilai presentase jenis tidak tersedia, digunakan nilai sebesar 0,47.

Perhitungan Simpanan Karbon Total dalam Plot

Pada perhitungan simpanan karbon total dalam plot, dilaksanakan penjumlahan total kandungan karbon di atas permukaan (total kandungan karbon pohon dan pancang) dan total kandungan karbon di bawah permukaan. Berikut perhitungan simpanan karbon dalam plot pengukuran menggunakan rumus berikut (SNI 7724:2019):

$$\text{Cplot} = (\text{Cbap} + \text{Cbbp})$$

Keterangan :

Cplot :Total kandungan karbon pada plot (Ton/Hektar);

Cbap :Total kandungan karbon di atas permukaan (Ton/Hektar);

Cbbp :Total kandungan karbon di bawah permukaan (Ton/Hektar).

Perhitungan Simpanan Karbon Per Hektar

Pada perhitungan simpanan karbon per hektar, dapat menggunakan rumus sebagai berikut (SNI 7724:2019):

$$Cn = Cx/1000 \times 10000/lplot$$

Keterangan :

Cn : Kandungan karbon per hektar pada tiap-tiap kolam karbon (Kg);

Cx : Kandungan karbon pada tiap-tiap kolam karbon (Kg);

lplot : Luasan suatu plot pada tiap-tiap kolam karbon (m²).

Perhitungan Kemampuan Vegetasi Mangrove Dalam Menyerap Karbon Dioksida (CO₂)

Pada perhitungan kemampuan vegetasi dalam menyerap CO₂, digunakan rumus sebagai berikut (JIFRO & JOPP, 2001; Morika et al., 2003; Diana, 2020):

CO₂ = (44/12) × Simpanan Karbon di Atas Permukaan Tanah

Perhitungan Potensi Vegetasi dalam Memproduksi Oksigen (O₂)

Pada perhitungan kemampuan vegetasi dalam memproduksi O₂, digunakan rumus sebagai berikut (JIFRO & JOPP, 2001; Morika et al., 2003; Diana, 2020):

$$O_2 = (32/44) \times CO_2$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Jenis Vegetasi

Berdasarkan hasil pengambilan data yang telah dilaksanakan pada tingkatan pancang dan pohon di 3 transek berbeda dengan total 18, ditemukan 10 jenis dalam 5 suku yaitu Rhizophoraceae, Acanthaceae, Primulaceae, Combretaceae, dan Rubiceae di Kawasan Mangrove Center Balikpapan.

Tabel 2. Jumlah Pohon dan pancang di Kawasan Mangrove Center Balikpapan

No	Jenis Mangrove	Suku	Transek		
			1	2	3
1.	<i>Aegiceras corniculatum</i> (L.) Blanco [#]	Primulaceae	-	-	2
2.	<i>Avicennia lanata</i> Ridley ^{*"}	Acanthaceae	12	1	9
3.	<i>Avicennia marina</i> (Forssk.) Vierh ^{*"}	Acanthaceae	4	-	-
4.	<i>Brugueira parviflora</i> (Roxb.) Wight & Arn. Ex Griffth ^{*"}	Rhizophoraceae	-	1	11
5.	<i>Ceriops tagal</i> (Perr.) C.B. Rob ^{*"}	Rhizophoraceae	21	16	8
6.	<i>Ceriops decandra</i> (Griff.) Ding Hou ^{*"}	Rhizophoraceae	-	-	1
7.	<i>Lumnitzera littorea</i> (Jack) Voigt ^{*"}	Combretaceae	2	4	-
8.	<i>Rhizophora apiculata</i> Blume ^{*"}	Rhizophoraceae	92	95	95
9.	<i>Rhizophora mucronata</i> Lam. ^{*"}	Rhizophoraceae	4	-	2
10.	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i> C.F. Gaertn [#]	Rubiaceae	-	1	-
Total			135	118	126

[#] = *Habitus Semak*, ^{*} = *Habitus Pohon*, ["] = *Mangrove Mayor*, ['] = *Mangrove Minor*

Pada hasil pengamatan dan pengambilan data yang telah dilakukan pada transek 1,2, dan 3 di Kawasan Mangrove Center Balikpapan, secara umum tingkat pertumbuhan vegetasi masih didominasi oleh *Rhizophora apiculata* dengan 270 individu pohon, dan 25 individu pancang, yang menjelaskan bahwa jenis tersebut merupakan penyusun utama vegetasi mangrove di kawasan tersebut. Secara keseluruhan, hasil ini menjelaskan jika struktur Kawasan Mangrove Center Balikpapan di dominasi oleh suku Rhizophoraceae. Dari suku tersebut, *Rhizophora apiculata* sebagai jenis yang mendominasi dan adaptif dengan kondisi lingkungan setempat. Dominannya jenis ini diduga karena faktor tempat tumbuh yang memang cocok untuk jenis *Rhizophora apiculata* yang umumnya di tanah berlempung dan berhumus dengan aerasi

yang baik seperti kondisi alam di daerah Balikpapan (Warsidi & Endayani, 2017).

Secara umum, delapan jenis yang tercatat termasuk dalam kelompok mangrove mayor, yaitu jenis-jenis yang secara ekologis hanya dapat tumbuh dan berkembang di ekosistem mangrove, serta memiliki adaptasi morfologi dan fisiologi khas terhadap kondisi salinitas tinggi, genangan air, dan aerasi tanah rendah. Dua jenis lainnya yakni *Aegiceras corniculatum* dan *Scyphiphora hydrophyllacea* merupakan mangrove minor yakni jenis mangrove yang memiliki persebaran yang lebih terbatas dan tidak mendominasi komunitas vegetasi. Berdasarkan habitusnya, sebagian besar jenis yang ditemukan berupa pohon, kecuali *Aegiceras corniculatum* dan *Scyphiphora hydrophyllacea* yang memiliki habitus semak. Dengan demikian kehadiran suatu jenis

menunjukkan sebuah parameter jenis untuk mengenali distribusi dan persebaran individu yang hadir pada tingkat pertumbuhan (Yolanda et al., 2024).

Simpanan Karbon di Atas Permukaan

Dalam mengetahui simpanan karbon di atas permukaan dapat dihitung menggunakan data dari tinggi dan diameter. Persamaan allometrik merupakan syarat yang digunakan untuk menghitung karbon dengan menggunakan nilai kerapatan jenis kayu ditiap-tiap jenis yang ditemukan. Perhitungan karbon di atas permukaan menggunakan persamaan allometrik umum, hal tersebut dikarenakan beberapa persamaan

allometrik ditiap jenis bervariasi dan ada beberapa persamaan alometrik yang tidak menggunakan data tinggi. Dengan pertimbangan tersebut, maka digunakanlah persamaan allometrik umum untuk menghitung data karbon di atas agar dalam perhitungan dan analisis data karbon dapat memiliki hasil yang lebih selaras dan signifikan. Dengan adanya data-data tersebut, kemudian diolah dan dianalisa.

Simpanan karbon pada vegetasi tingkat pancang dan pohon menggunakan metode non destructive (tanpa pemanenan). Dalam pengambilan data ini, dilakukan pendekatan data tinggi pancang dan diameter setinggi dada yang selanjutnya dihitung dengan persamaan allometrik umum.

Tabel 3. Estimasi Simpanan Karbon di Atas Permukaan Mangrove Tingkat Pancang

Transek	Jenis Mangrove	Jumlah	Rata-Rata Diameter (cm)	Biomassa (Kg)	Karbon (Kg)
1	<i>A. lanata</i>	3	1,40	0,30	0,14
	<i>C. tagal</i>	6	1,80	2,34	1,10
	<i>R. apiculata</i>	11	1,61	2,71	1,27
	<i>R. mucronata</i>	4	2,40	5,51	2,59
	Total			10,87	5,11
2	Total Ton/ha			1,44	0,68
	<i>C. tagal</i>	12	3,23	45,39	21,33
	<i>R. apiculata</i>	7	0,86	1,30	0,61
	Total			46,69	21,94
	Total Ton/ha			6,21	2,92
3	<i>A. corniculatum</i>	1	4,30	1,40	0,66
	<i>A. lanata</i>	2	1,10	0,19	0,09
	<i>B. parviflora</i>	9	1,04	0,80	0,38
	<i>C. decandra</i>	1	4,10	2,16	1,01
	<i>C. tagal</i>	1	2,10	0,80	0,38
	<i>R. apiculata</i>	7	1,53	2,81	1,32
	<i>R. mucronata</i>	1	1,90	0,24	0,11
	Total			8,41	3,95
	Total Ton/ha			1,12	0,53

Hasil perhitungan simpanan biomassa dan karbon yang berada di atas permukaan pada tingkat pancang, didapatkan jika transek 2 mencatatkan total biomassa sebesar 6,21 ton/ha dan simpanan karbon sebesar 2,92 ton/ha yang sebagian besar disumbangkan oleh *Ceriops tagal*. Besarnya biomassa dan karbon yang berada di transek 2 dipengaruhi oleh banyaknya individu, kerapatan jenis kayu serta rata-rata diameter pohon yang lebih besar. Hal ini selaras dengan penelitian Rahim et al. (2018) yang menyatakan bahwa perbedaan nilai biomassa akan dipengaruhi oleh diameter pohonnya, sehingga semakin besar diameter suatu pohon maka biomassa yang terkandung akan

semakin besar pula karbon yang tersimpan di dalamnya. Selain faktor diameter batang, banyaknya individu dan kerapatan jenis kayu (*wood density*) juga berperan besar dalam menentukan besarnya simpanan biomassa dan karbon suatu tegakan mangrove. Jenis seperti *Ceriops tagal* memiliki densitas kayu yang tergolong tinggi sehingga mampu menyimpan karbon lebih besar per satuan volume dibandingkan jenis lain yang berdensitas lebih rendah. Kondisi ini menjelaskan mengapa transek 2 memiliki simpanan karbon tertinggi meskipun jumlah individunya tidak sebanyak transek lain.

Tabel 4. Estimasi Simpanan Karbon di Atas Permukaan Mangrove Tingkat Pohon

Transek	Jenis Mangrove	Jumlah	Rata-Rata Diameter (cm)	Biomassa (Kg)	Karbon (Kg)
1	<i>A. lanata</i>	9	18,20	1183,38	556,19
	<i>A. marina</i>	4	18,85	1025,74	482,10
	<i>C. tagal</i>	15	10,94	923,08	433,85
	<i>L. littorea</i>	2	23,75	208,04	97,78
	<i>R. apiculata</i>	81	13,48	11891,90	5589,19
	Total			15232,15	7159,11
	Total Ton/ha			168,92	77,51
2	<i>A. lanata</i>	1	36,20	875,79	411,62
	<i>B. parviflora</i>	1	18,00	247,62	116,38
	<i>C. decandra</i>	4	7,08	109,75	51,58
	<i>L. littorea</i>	4	17,28	730,12	343,16
	<i>R. apiculata</i>	95	15,71	20613,62	9688,40
	<i>S. hydrophyllacea</i>	1	7,20	8,23	3,87
	Total			22585,13	10615,01
	Total Ton/ha			244,52	114,93
3	<i>A. corniculatum</i>	1	8,10	12,09	5,68
	<i>A. lanata</i>	7	22,14	2178,68	1023,98
	<i>B. parviflora</i>	2	14,25	332,86	156,44
	<i>C. tagal</i>	7	8,00	227,20	106,78
	<i>R. apiculata</i>	94	14,55	16842,61	7916,03
	<i>R. mucronata</i>	1	16,00	192,51	90,48
	Total			19785,95	9299,40
	Total Ton/ha			214,22	100,68

Hasil perhitungan simpanan biomassa dan karbon yang berada di atas permukaan pada tingkat pohon didapatkan jika transek 2 mencatatkan total biomassa sebesar 244,52 ton/ha dan simpanan karbon sebesar 114,93 ton/ha yang sebagian besar disumbangkan oleh *Rhizophora apiculata*. Hal ini membuktikan, semakin banyak individu, besarnya diameter, dan besarnya kerapatan jenis kayu, maka semakin besar pula biomassa dan simpanan karbon. Menurut Rezekiah et al. (2014), tinggi rendahnya potensi biomassa pada suatu ekosistem mangrove dipengaruhi oleh keragaman, tingkat kesuburan tanah dan kerapatan pohon serta cara pengelolaan pada ekosistem yang ada di kawasan tersebut. Nilai biomassa selain dipengaruhi oleh kerapatan pohon juga di pengaruhi oleh besarnya diameter pohon itu sendiri, hal ini dikarenakan semakin besar diameter suatu pohon maka nilai biomassanya juga akan semakin besar. Tingginya nilai diameter batang berpengaruh terhadap nilai biomassa suatu tegakan pohon sangat besar dibanding dengan kerapatan bahwa terdapat hubungan erat antara dimensi pohon (diameter dan tinggi) dengan biomassanya terutama dengan diameter pohon.

Secara keseluruhan, hasil perhitungan menunjukkan bahwa transek dengan individu yang banyak, diameter rata-rata lebih besar dan jumlah individu yang melimpah menghasilkan simpanan

karbon yang lebih besar pula. Temuan ini menegaskan hubungan positif antara parameter struktur vegetasi dengan kapasitas penyerapan dan penyimpanan karbon di atas permukaan pada ekosistem mangrove. Demikian simpanan karbon yang tersimpan di atas permukaan pada vegetasi mangrove di tingkat pancang dan pohon memiliki nilai yang berbeda. Vegetasi tingkat pancang lebih rendah jika dibandingkan dengan pohon, dimana penyimpanan karbon pada tingkatan pohon lebih besar.

Simpanan Karbon di Bawah Permukaan

Perhitungan biomassa di bawah permukaan tanah sangat penting. Biomassa di bawah permukaan tanah merupakan komponen penting dalam hutan mangrove karena proporsinya yang relatif tinggi dibandingkan dengan hutan dataran tinggi (Kauffman & Donato, 2012). Simpanan karbon di bawah permukaan pada vegetasi tingkat pancang dan pohon menggunakan metode non destructive (tanpa pemanenan). Pengambilan data ini, dilakukan pendekatan data dengan diameter setinggi dada dan kerapatan jenis kayu yang selanjutnya akan dimasukkan ke dalam rumus dari Komiyama et al. (2008).

Tabel 5. Estimasi Simpana Karbon di Bawah Permukaan Tingkat Pancang

Transek	Jenis Mangrove	Jumlah	Rata-Rata Diameter (cm)	Biomassa (Kg)	Karbon (Kg)
1	<i>A. lanata</i>	3	1,40	0,87	0,41
	<i>C. tagal</i>	6	1,80	4,79	2,25
	<i>R. apiculata</i>	11	1,61	6,18	2,91
	<i>R. mucronata</i>	4	2,40	6,37	2,99
	Total			18,20	8,56
	Total Ton/ha			2,42	1,14
2	<i>C. tagal</i>	12	3,23	32,01	15,04
	<i>R. apiculata</i>	7	0,86	1,29	0,61
	Total			33,30	15,65
	Total Ton/ha			4,43	2,08
3	<i>A. corniculatum</i>	1	4,30	3,73	1,75
	<i>A. lanata</i>	2	1,10	1,09	0,51
	<i>B. parviflora</i>	9	1,04	1,65	0,78
	<i>C. decandra</i>	1	4,10	4,03	1,89
	<i>C. tagal</i>	1	2,10	0,89	0,42
	<i>R. apiculata</i>	7	1,53	4,72	2,22
	<i>R. mucronata</i>	1	1,90	0,70	0,33
	Total			16,81	7,90
	Total Ton/ha			2,23	1,05

Hasil penelitian dari perhitungan simpanan karbon di bawah permukaan tingkat pancang menunjukkan jika transek 2 memiliki hasil biomassa dan karbon yang besar yakni 4,43 ton/ha dan karbon sebesar 2,08 ton/ha. Sama seperti perhitungan karbon di permukaan tanah, *Ceriops tagal* pada transek 2 yang sebagian besar menyumbangkan biomassa dan karbon dengan

diameter rata-rata 3,23 dengan jumlah keseluruhan sebanyak 12 individu. Menurut Komiyama *et al.* (2005) *Ceriops tagal* hampir 50% dari total biomassa dialokasikan ke akarnya. Besarnya biomassa dan karbon di permukaan bawah yang berada di transek 2 diduga dipengaruhi oleh kerapatan jenis kayu, serta rata-rata diameter pohon yang lebih besar.

Tabel 6. Estimasi Simpanan Karbon di Bawah Permukaan Tingkat Pohon

Transek	Jenis Mangrove	Jumlah	Rata-Rata Diameter (cm)	Biomassa (Kg)	Karbon (Kg)
1	<i>A. lanata</i>	9	18,20	811,18	381,25
	<i>A. marina</i>	4	18,85	452,24	212,55
	<i>C. tagal</i>	15	10,94	448,97	211,02
	<i>L. littorea</i>	2	23,75	344,18	161,77
	<i>R. apiculata</i>	81	13,48	4935,73	2319,79
	Total			6992,30	3286,38
	Total Ton/ha			75,70	35,58
2	<i>A. lanata</i>	1	36,20	389,94	183,27
	<i>B. parviflora</i>	1	18,00	96,27	45,25
	<i>C. decandra</i>	4	7,08	62,58	29,41
	<i>L. littorea</i>	4	17,28	390,90	183,72
	<i>R. apiculata</i>	95	15,71	8457,93	3975,23
	<i>S. hydrophyllacea</i>	1	7,20	0,33	0,16
	Total			9408,43	4421,96
	Total Ton/ha			101,86	47,88
3	<i>A. corniculatum</i>	1	8,10	15,20	7,15
	<i>A. lanata</i>	7	22,14	1123,03	527,82
	<i>B. parviflora</i>	2	14,25	149,35	70,19
	<i>C. tagal</i>	7	8,00	128,98	60,62

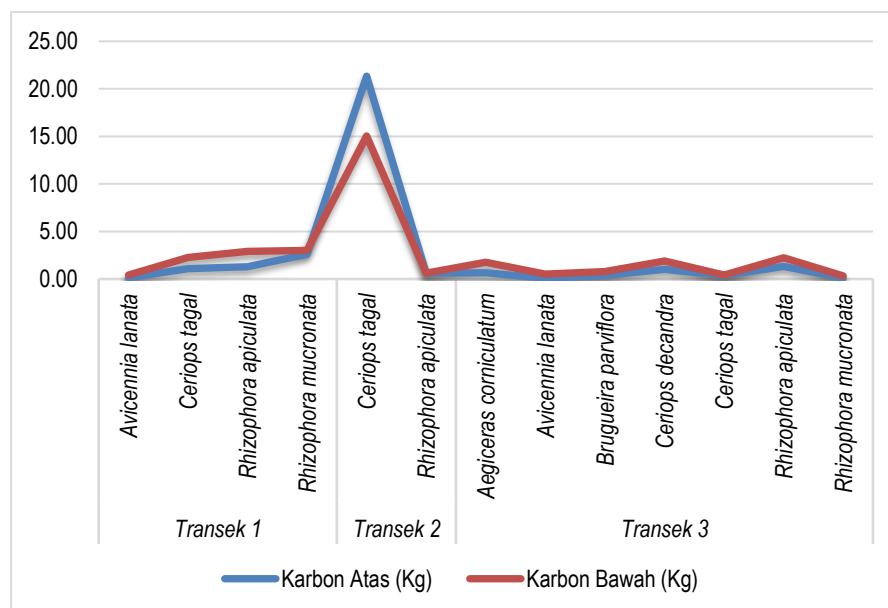
Transek	Jenis Mangrove	Jumlah	Rata-Rata Diameter (cm)	Biomassa (Kg)	Karbon (Kg)
	<i>R. apiculata</i>	94	14,55	7152,22	3361,55
	<i>R. mucronata</i>	1	16,00	79,30	37,27
	Total			8648,08	4064,60
	Total Ton/ha			93,63	44,01

Hasil penelitian dari perhitungan simpanan karbon di bawah permukaan tingkat pancang menunjukkan jika transek 2 memiliki hasil biomassa dan karbon yang besar yakni 101,86 ton/ha dan karbon sebesar 47,88. *Rhizophora apiculata* pada transek 2 yang sebagian besar menyumbangkan biomassa dan karbon dengan diameter rata-rata 15,71 dengan jumlah keseluruhan sebanyak 95 individu. Besarnya biomassa dan karbon di permukaan bawah yang berada di transek 2 dipengaruhi oleh banyaknya individu, kerapatan jenis kayu, serta rata-rata diameter pohon yang lebih besar.

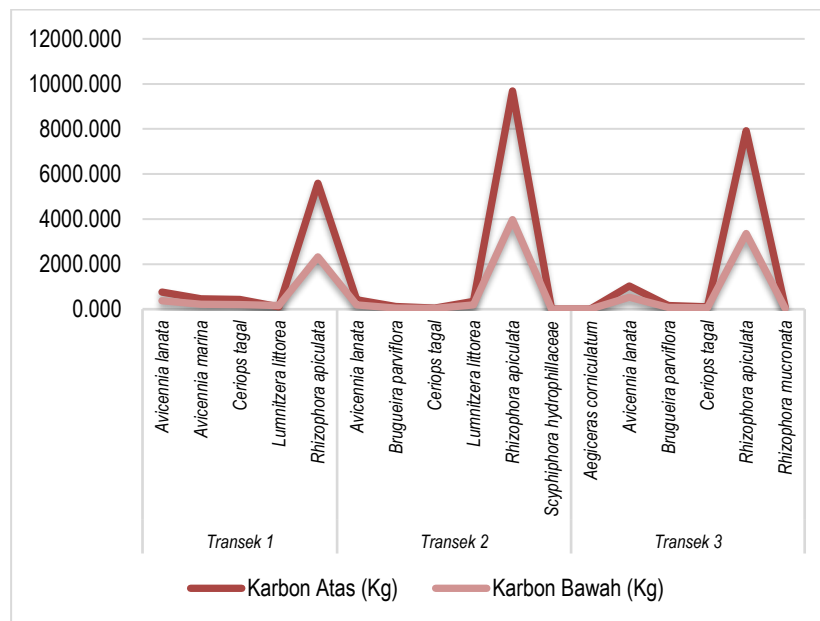
Akar mangrove yang besar dan kokoh di desain untuk dapat berdiri kokoh di tanah berlumpur yang lunak, dengan kata lain semakin besar bagian atas pohonnya, semakin besar pula akarnya. Menurut Komiyama et al. (2005) berat akar memiliki hubungan yang kuat dengan berat bagian atas tanaman pada semua jenis mangrove. Semakin besar biomassa di permukaan atas, maka makin besar pula biomassa dan simpanan karbon di bawah permukaan.

Total Simpanan Karbon pada Masing-Masing Transek

Karbon dan biomassa merupakan unsur yang tidak terpisahkan (Yolanda et al., 2024). Simpanan karbon pada ekosistem mangrove dapat berasal dari berbagai strata vegetasi, mulai dari tingkat pancang hingga tingkat pohon. Setiap tingkatan memiliki kontribusi yang berbeda terhadap total karbon yang tersimpan, bergantung pada ukuran, umur, serta biomassa yang dihasilkan oleh masing-masing individu. Untuk mengetahui bagaimana distribusi karbon pada struktur tegakan mangrove di lokasi penelitian, dilakukan perhitungan simpanan karbon pada dua tingkatan utama, yaitu pancang dan pohon. Data simpanan karbon yang telah dihitung kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik yang bertujuan untuk memperjelas perbedaan kontribusi karbon dari setiap tingkatan vegetasi serta memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai struktur penyimpanan karbon pada ekosistem mangrove di lokasi penelitian. Gambar 3 dan 4 menyajikan perbandingan total simpanan karbon pada tingkat pancang dan tingkat pohon.



Gambar 3. Estimasi Simpanan Karbon di Atas dan Bawah Permukaan Tingkat Pancang



Gambar 4. Estimasi Simpanan Karbon di Atas dan Bawah Permukaan Tingkat Pohon

Grafik simpanan karbon pada tingkat pancang menunjukkan jika simpanan karbon di atas permukaan tanah memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan simpanan karbon di atas permukaan, terutama pada transek dua yang didominasi oleh *Rhizophora apiculata* dan *Ceriops tagal* yang memiliki kerapatan kayu yang besar.

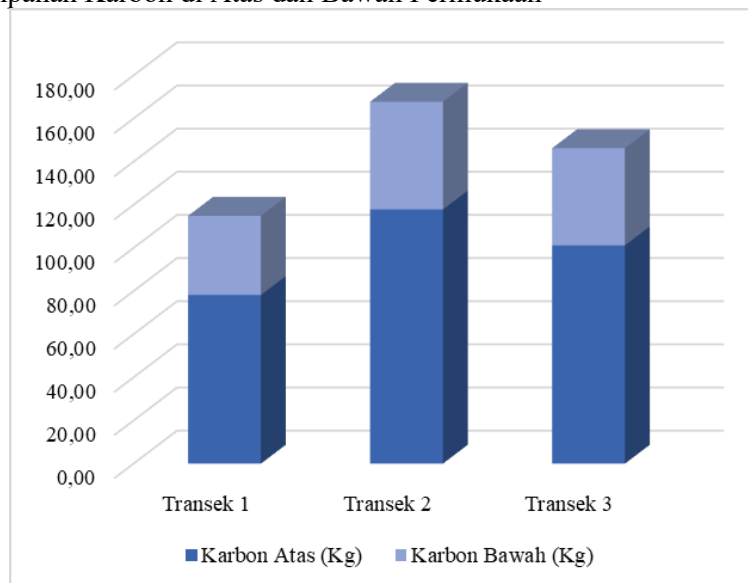
Grafik simpanan karbon pada tingkat pohon menunjukkan jika simpanan karbon di atas permukaan tanah memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan simpanan karbon di bawah permukaan, terutama pada transek dua yang didominasi oleh *Rhizophora apiculata* yang unggul dalam banyaknya individu, diameter yang besar, serta memiliki kerapatan kayu yang tinggi.

Menurut Heriyanto *et al.* (2020) biomassa mangrove berasal dari vegetasi mangrove yang terdiri dari biomassa daun, biomassa cabang, biomassa batang dan biomassa akar. Biomassa yang ditemukan pada komponen pohon berasal dari proses yang kompleks sebelum didistribusikan dan

disimpan oleh tanaman, yakni melalui proses fotosintesis, CO₂ di udara diserap oleh tanaman dan diubah menjadi karbohidrat, kemudian disebarkan ke seluruh tubuh tanaman dan akhirnya ditimbun dalam tubuh tanaman berupa daun, batang, ranting, bunga dan buah. Tingginya nilai simpanan karbon di atas permukaan dikarenakan banyak sumber simpanan karbon yakni batang, cabang, dan daun, dimana cadangan karbon pada batang lebih tinggi dari pada cadangan karbon pada daun dan cabang, sedangkan nilai simpanan karbon di bawah rendah karena sumber cadangan karbonnya hanya berasal dari akar.

Total simpanan pada masing-masing transek merupakan hasil penjumlahan dari tingkatan pancang dan pohon dari dua kolam karbon, baik di atas permukaan maupun di bawah permukaan. Berikut tabel dan gambar dari total estimasi simpanan karbon di Kawasan Mangrove Center Balikpapan.

Transek	Simpanan Karbon di Atas Permukaan (Ton/ha)	Simpanan Karbon di Bawah Permukaan (Ton/ha)	Total Simpanan karbon (Ton/ha)
1	78,19	36,72	114,91
2	117,84	49,96	167,80
3	101,21	45,06	146,26
Total	297,24	131,73	428,97

Tabel 7. Estimasi Simpanan Karbon di Atas dan Bawah Permukaan**Gambar 1.** Estimasi Simpanan Karbon di Atas dan Bawah Permukaan di Tiap-Tiap Transek

Grafik menunjukkan jika karbon di atas permukaan memiliki jumlah yang lebih besar jika dibandingkan dengan karbon di bawah permukaan. Total karbon yang berada di karbon di atas permukaan sebesar 297,24 ton/ha, sedangkan total karbon di bawah permukaan sebesar 131,73 ton/ha. Total simpanan vegetasi karbon merupakan hasil penjumlahan karbon di atas permukaan dan di bawah permukaan, di dapatkan hasilnya sebesar 428,97 ton/ha.

Hasil dari grafik simpanan karbon pada kawasan tersebut menunjukkan jika transek 2 memiliki jumlah karbon yang tinggi, yakni sebesar 167,80 ton/ha, lalu disusul oleh transek 2 sebesar 146,26 ton/ha, dan yang terakhir yakni transek 1 sebesar 114,91 ton/ha. Jumlah karbon yang tinggi pada transek 2, dikarenakan faktor simpanan karbon di atas permukaan tanah tingkat pohon merupakan penyumbang karbon terbesar yakni 114,93 ton/ha.

Total individu pada transek 1 memiliki jumlah yang banyak yakni 135 individu, diurutkan kedua transek 3 dengan total individu 134, dan transek 2 sebanyak 125 individu. Walaupun transek 1 memiliki jumlah individu terbanyak, namun transek 2 memiliki jumlah karbon yang lebih besar dikarenakan transek 2 didominasi oleh *Rhizophora apiculata* sebanyak 102 individu dengan kerapatan jenis kayu sebesar 0,87 dan *Ceriops tagal* sebanyak 16 individu dengan kerapatan jenis kayu 0,83 g/cm³. Transek 2 didominasi oleh jenis yang memiliki kerapatan jenis yang lebih besar, jika dibandingkan dengan transek 1 dan 3. Selain banyaknya individu dan kerapatan jenis kayu, peran diameter juga sangat berpengaruh yang dimana menurut Lestariningsih *et al.* (2018) ukuran diameter batang

berbanding lurus dengan nilai biomassa, semakin tinggi DBH (*Diameter at Breast Height*) maka mengindikasikan semakin tua pohon tersebut dan mempunyai cadangan karbon yang lebih banyak. Faktor-faktor diatas menunjukkan bahwa transek 2 merupakan lokasi yang memiliki banyak simpanan karbon jika dibandingkan dengan transek 1 dan 3.

Jumlah simpanan karbon di Kawasan Mangrove Center Balikpapan sebesar 428,97 ton/ha lebih besar jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yolanda *et al.* (2024) yang dilakukan di Desa Salo Sumbala Muara Badak Kutai Kartanegara dengan total simpanan mangrove sebesar 299,84 ton/ha. Simpanan karbon di Kawasan Mangrove Center juga lebih besar apabila dibandingkan dengan penelitian Arifin (2025) di ekosistem mangrove Pulau Labu-Labu dengan total simpanan mangrove sebesar 393,53 ton/ha.

Penelitian Yolanda (2024) menghitung dan menganalisis komponen karbon di atas permukaan (semai, pancang, dan pohon) dan nekromassa (pohon mati berdiri dan pohon mati rebah) yang memiliki sedikit perbedaan dengan perhitungan dan analisis komponen karbon di penelitian ini, yang berupa karbon di atas permukaan tanah (hanya pancang dan pohon), serta karbon di bawah permukaan (pancang dan pohon). Hasil simpanan karbon pada penelitian Yolanda lebih rendah dibandingkan dengan Mangrove Center Balikpapan karena penempatan titik transek yang digunakan tidak melibatkan pengulangan, melainkan perbandingan lokasi, sehingga nilai biomassa dan karbon yang dihasilkan cenderung lebih rendah. Menurut Yolanda (2024), perbedaan antar-transek dalam satu lokasi dapat menunjukkan variasi diameter, kerapatan, dan komposisi jenis yang

signifikan, sehingga estimasi total karbon menjadi lebih kecil dibandingkan kawasan Mangrove Center Balikpapan yang pengambilan datanya menggunakan tiga transek ulangan.

Penelitian Arifin (2025) menghitung dan menganalisis komponen karbon di atas permukaan (semai, pancang, dan pohon) dan karbon di bawah permukaan (semai, pancang, dan pohon) yang lebih beragam jika dibandingkan dengan penelitian ini yang hanya menghitung dan menganalisis karbon di atas permukaan tanah (hanya pancang dan pohon), serta karbon di bawah permukaan (hanya pancang dan pohon). Rendahnya simpanan karbon pada penelitian Arifin (2025) dibandingkan dengan Mangrove Center Balikpapan dapat disebabkan oleh komposisi jenis yang berbeda meskipun menggunakan metode pengulangan yang sama. Lokasi penelitian tersebut didominasi oleh *Avicennia alba*, *Bruguiera sexangula*, dan *Excoecaria agallocha*, yang secara umum memiliki diameter, bentuk tajuk, dan densitas kayu lebih rendah dibandingkan jenis-jenis dominan di Mangrove Center seperti *Rhizophora apiculata* dan *Ceriops tagal*. Jenis-jenis dari genus *Avicennia* dan *Excoecaria* diketahui memiliki berat jenis kayu yang lebih rendah dibandingkan genus *Rhizophora*, sehingga kapasitas penyimpanan karbonnya juga lebih kecil meskipun jumlah individunya tinggi. Perbedaan komposisi jenis ini secara langsung memengaruhi biomassa dan simpanan karbon total, sehingga wajar jika nilai karbon pada Pulau Labu-

Labu lebih rendah dibandingkan Kawasan Mangrove Center Balikpapan.

Estimasi Serapan Karbondioksida (CO₂) dan Potensi Vegetasi dalam Memproduksi Oksigen (O₂)

Sebagian besar energi ini disimpan oleh tumbuhan dalam bentuk biomassa dan dengan kemampuannya menyerap karbon dioksida melalui proses fotosintesis merupakan upaya alternatif mengatasi permasalahan pemanasan global (Diana, 2020). Serapan karbon yang berada di Mangrove Center Balikpapan bisa kita ketahui dengan menghitung berdasarkan nilai karbon yang telah tersimpan pada vegetasi mangrove, lalu akan dikalikan dengan angka ekuivalen atau konversi kedalam unsur karbon (C) ke karbondioksida (CO₂) yaitu 44/12 atau 3,67.

Tumbuhan menyerap CO₂ dari udara dan mengkonversinya menjadi senyawa organik melalui proses fotosintesis (Yolanda *et al.*, 2024). Dalam proses tersebut, vegetasi memproduksi O₂ dari atmosfer dan mengubahnya menjadi bahan organik sambil melepaskan oksigen ke udara. Dalam perhitungan produksi O₂ ke udara oleh vegetasi diperoleh O₂ ke udara oleh vegetasi melalui konversi massa atom relatif dan dibagi dengan massa molekul CO₂ (Diana, 2020). Berikut hasil perhitungan dari serapan CO₂ dan produksi O₂ yang di tampilkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 7. Estimasi Serapan Karbondioksida dan Potensi Vegetasi Dalam Memproduksi Oksigen Di Kawasan Mangrove Center Balikpapan

Transek	Total Simpanan karbon (Ton/ha)	Estimasi Serapan CO ₂ (Ton/ha)	Potensi Produksi O ₂ (Ton/ha)
1	114,91	421,34	306,427
2	167,80	615,26	447,461
3	146,26	536,29	390,027
Total	428,97	1572,88	1143,914

Berdasarkan Tabel 8, tabel CO₂ terserap pada ekosistem mangrove di Kawasan Mangrove Center Balikpapan sebesar 1572,88 ton/ha. Hasil estimasi menunjukkan bahwa transek 2 memiliki serapan CO₂ tertinggi, yaitu sebesar 615,26 ton/ha, diikuti oleh transek 3 sebesar 536,29 ton/ha. Sedangkan transek 1 memiliki nilai serapan terendah, yaitu 421,34 ton/ha. Menurut Amanda *et al.* (2021) salah satu faktor lainnya yang memengaruhi variasi biomassa, stok karbon dan serapan CO₂ yaitu ukuran diameter pohon. Semakin besar ukuran diameter pohon, maka semakin besar pula

biomassa, stok karbon dan serapan CO₂. Menurut (Mardliyah *et al.*, 2019) perbedaan diameter pohon yang ada pada lokasi penelitian mempengaruhi simpanan karbon. Semakin besar diameter pohon, maka semakin besar nilai biomassa, stok karbon dan serapan CO₂. Sehingga diduga pengaruh dari besarnya diameter pohon terhadap nilai biomassa, stok karbon dan serapan CO₂ sangat besar.

Total serapan CO₂ vegetasi mangrove di Kawasan Mangrove Center mencapai 1572,88 ton/ha yang menunjukkan ekosistem mangrove di kawasan ini berperan penting bagi mitigasi

perubahan iklim. Jika dibandingkan dengan penelitian (Yolanda *et al.*, 2024) di ekosistem mangrove di Desa Salo Sumbala, Muara Badak, Kutai Kartanegara, Serapan CO₂ vegetasi mangrove di Kawasan Mangrove jauh lebih besar. Pada penelitian Yolanda, serapan CO₂ yang didapatkan sebesar 843,39 ton/ha. Serapan CO₂ di Kawasan Mangrove Center juga lebih besar apabila dibandingkan dengan penelitian Arifin (2025) di ekosistem mangrove Pulau Labu-Labu dengan total serapan CO₂ mangrove sebesar 1444,47 ton/ha.

Produksi O₂ oleh vegetasi merupakan jumlah O₂ yang diproduksi selama berlangsungnya proses fotosintesis dikurangi dengan jumlah O₂ yang telah dikonsumsi atau digunakan pada proses respirasi pohon (Salisbury & Ross, 1978 ; Junaedi *et al.*, 2024). Berdasarkan Tabel 4.10, potensi dalam memproduksi O₂ pada ekosistem mangrove di Kawasan Mangrove Center Balikpapan sebesar 1143,914 ton/ha. Hasil potensi vegetasi dalam memproduksi oksigen menunjukkan bahwa transek 2 memiliki produksi O₂ tertinggi, yaitu sebesar 447,461 ton/ha, diikuti oleh transek 3 sebesar 390,027 ton/ha, sedangkan transek 1 memiliki produksi oksigen terendah, yaitu 306,427 ton/ha.

Total potensi produksi O₂ vegetasi mangrove di Kawasan Mangrove Center mencapai 1143,914 ton/ha yang menunjukkan ekosistem mangrove di kawasan ini berperan penting bagi menjaga kualitas udara di sekitarnya serta mendukung kebutuhan respirasi berbagai organisme, baik yang hidup di darat maupun di perairan. Jika dibandingkan dengan penelitian Diana (2020) di ekosistem mangrove Kawasan Industri PT Pupuk Kaltim, Kota Bontang, potensi produksi O₂ vegetasi mangrove di Kawasan Mangrove jauh lebih besar. Pada penelitian Diana, potensi produksi O₂ yang didapatkan hanya sebesar 88,68 ton/ha.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di Kawasan Mangrove Center Balikpapan memiliki peran yang cukup besar dalam menyimpan karbon. Berdasarkan hasil penelitian yang telah di dapatkan, total simpanan karbon di Kawasan Mangrove Center Balikpapan sebesar 428,97 ton/ha yang terdiri dari karbon di atas permukaan sebesar 297,24 ton/ha, dan di bawah permukaan tanah sebesar 131,73 ton/ha. Nilai ini berada dalam kisaran tinggi jika dibandingkan dengan penelitian Yolanda *et al.*, (2024) dan Arifin (2024).

Distribusi estimasi simpanan karbon menunjukkan bahwa transek 2 memiliki simpanan terbesar yakni 167,80 ton/ha, selanjutnya transek 3

sebesar 146,26 ton/ha, dan yang terakhir transek 1 dengan 114,91 ton/ha. Adanya hasil ini menunjukkan jika vegetasi di kawasan Mangrove Center Balikpapan menunjukkan kapasitas simpanan karbon yang tinggi, sehingga menggambarkan fungsi ekosistem mangrove yang bekerja dengan baik. Berdasarkan hasil penelitian, vegetasi mangrove yang berada di Kawasan Mangrove Center Balikpapan memiliki kemampuan menyerap karbondioksida sebesar 1572,88 ton/ha, dan potensi produksi oksigen di Kawasan Mangrove Center Balikpapan sebesar 1143,914 ton/ha yang menunjukkan peran penting ekosistem mangrove dalam mitigasi perubahan iklim.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan dalam pengelolaan dan upaya konservasi mangrove di Kawasan Mangrove Center Balikpapan, serta sebagai pendukung dalam pengembangan kerja sama dan skema pembayaran jasa lingkungan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan parameter vegetasi pada tingkat semai agar estimasi simpanan karbon yang diperoleh lebih lengkap. Selain itu, perlu dilakukan kajian terhadap kolam karbon lainnya, seperti karbon tanah, serasah, dan nekromassa, sehingga perhitungan total simpanan karbon dapat menggambarkan kondisi ekosistem secara lebih menyeluruh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh pendanaan mandiri. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Agus Bei selaku pihak pengelola Kawasan Mangrove Center Balikpapan atas izin dan bantuan selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E., & Budiman, M. (2011). Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia. Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara, Kedeputan Bidang Klimatologi, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Amanda, Y., Mulyadi, A., & Siregar, Y. I. (2021). Estimasi Stok Karbon Tersimpan Pada Hutan Mangrove di Muara Sungai Batang Apar Kecamatan Pariaman Utara Kota Pariaman Sumbar. *Ilmu Perairan (Aquatic Science)* 9(1), 38–48.
- Aprilita, D., Supratman, O., & Farhaby, A. M. (2024). Estimasi Stok Karbon Ekosistem Mangrove Sebagai Upaya Pengelolaan Blue Carbon di Desa Riding Panjang Kabupaten Bangka. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 7(3), 173–189.
- Arifin, M., A. (2025). Potensi Cadangan Karbon vegetasi mangrove di Pulau Labu-Labu Delta Mahakam. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* (unpublished).
- Diana, R. (2020). *Cadangan Karbon Pesisir*. Mulawarman Univeristy Press.
- Heriyanto, T., Amin, B., Rahimah, I., & Ariani, F. (2020). Analisis Biomassa dan Cadangan Karbon pada Ekosistem Mangrove di Kawasan Pantai Berpasir Desa Kawal Kabupaten Bintan. *Jurnal Maritim*, 2(1), 31–41.
- Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., & Troxler, TG (2014). *Suplemen 2013 Untuk Pedoman IPCC 2006 Untuk Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional: Lahan Basah*. IPCC, Swiss .
- Junaedi, A., Aruan, J., Yosep, Y., Penyang, P., Surasana, I. N., & Rizal, M. (2024). Komposisi Jenis, Serapan Karbon Dioksida dan Produksi Oksigen Vegetasi Berkayu di Hutan Kemasyarakatan Batu Bulan Kabupaten Gunung Mas Kalimantan Tengah. *Hutan Tropika*, 19(1), 19–26.
- Kauffman, J. B., & Donato, D. C. (2012). *Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests* (Vol. 86, p. 7). Bogor, Indonesia: Cifor.
- Komiyama, A., Pongpam, S., & Kato, S. (2005). Common Allometric Equations for Estimating The Tree Weight of Mangroves. *Journal of tropical ecology*, 21(4), 471–477.
- Komiyama, A., Ong, J. E., & Pongpam, S. (2008). Allometry, Biomass, And Productivity of Mangrove Forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 128–137.
- Lestariningsih, W. A., Soenardjo, N., & Pribadi, R. (2018). Estimasi Cadangan Karbon pada Kawasan Mangrove di Desa Timbulsloko, Demak, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(2), 121.
- Mardiyah, R., Ario, R., & Pribadi, R. (2019). Estimation of Carbon Storage in Mangrove Ecosystems in Pasar Banggi and Tireman Villages, Rembang District, Rembang Regency. *Journal of Marine Research*, 8(1), 62–68.
- Rahim, S., & Baderan, D. W. K. (2017). *Hutan mangrove dan pemanfaatannya*. Deepublish.
- Rezekiah, A. A., Fithria, A., Syam'ani, S. A., Shiba, Y. N., & Najla, S. (2014). Cadangan Karbon Pada Berbagai Tipe Tutupan Lahan di Kalimantan Selatan. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (Vol. 3, Issue 1).
- Senoaji, G., & Hidayat, M. F. (2017). Peranan Ekosistem Mangrove Di Kota Pesisir Bengkulu Dalam Mitigasi Pemanasan Global Melalui Penyimpanan Karbon (The Role of Mangrove Ecosystem in the Coastal City of Bengkulu in Mitigating Global Warming through Carbon sequestration). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 23(3), 327.
- Standar Nasional Indonesia. (2019). *Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon–Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting)*. Badan Standarisasi Indonesia. SNI, 7724, 2019.
- U.S. Forest Service. (2023). *Understanding i-Tree: Appendix 11 – Wood density values*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Yolanda, R., Diana, R., & Matius, P. (2024). Estimasi stok karbon tanah pada ekosistem mangrove di Muara Badak Ulu dan Salo Palai Kalimantan Timur. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 8(1), 255.