

ESTIMATION OF CARBON RESERVED IN MANGROVE FOREST OF SUNGAI APIT DISTRICT, SIAK REGENCY, RIAU PROVINCE

Delviana Dewi^{1*}, Efriyeldi¹, Bintal Amin¹

¹Faculty of Fisheries and Marine, University of Riau, Indonesia

* vianadewi914@gmail.com

ABSTRACT

Mangrove forests can absorb and store carbon in large quantities and for a long time, so they can play a role in mitigating climate change. This research was conducted in February 2021 on the Mangrove Ecosystem in the Sungai Bersejarah Mangrove Tourism Area of Kayu Ara Permai Village, aiming to identify species and analyze mangrove density, mangrove biomass and carbon content, CO₂ uptake, as well as analyzing the relationship between mangrove density and biomass, carbon stock and CO₂ uptake. This study uses a survey method, the measurement of mangrove biomass using the allometric equation method. The results of the highest average mangrove density, potential estimates of carbon stock and CO₂ absorption are found on Transect 3 which shows an average mangrove density of 2166.66 ind/ha, mangrove carbon stock 91.9378 tons/ha and CO₂ absorption of 336.5667 tons/ha. The largest soil organic carbon was found in transect 3, which was 384.15 tons/ha. Density does not have a strong relationship with biomass, mangrove carbon content and carbon sequestration. Mangrove density between transects showed a significant difference ($p < 0.05$). Biomass, mangrove carbon and CO₂ uptake between transects were not significantly different ($p > 0.05$), while the estimated soil organic carbon stock was significantly different ($p < 0.05$) between transects.

Keywords: Biomass, Carbon Stock, Siak Regency, Mangrove Tourism

I. PENDAHULUAN

Pemanasan global (*global warming*) merupakan *trending topic* yang banyak diperbincangkan oleh masyarakat dunia. Pemanasan global dapat terjadi karena berbagai hal seperti pembakaran fosil berupa bahan bakar minyak, batu bara, alih fungsi hutan dan pembakaran hutan yang menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi karbondioksida (CO₂) di udara. Peningkatan CO₂ di udara memiliki dampak langsung yang bisa dirasakan oleh semua orang di dunia, seperti terjadinya perubahan iklim yang berdampak terhadap peningkatan permukaan air laut, peningkatan frekuensi dan intensitas kebakaran hutan, kekeringan dan gangguan

terhadap berbagai ekosistem yang dapat menyebabkan bencana.

Salah satu cara untuk mengendalikan perubahan iklim adalah dengan mengurangi emisi gas rumah kaca yaitu dengan mempertahankan keutuhan hutan alami dan meningkatkan kerapatan populasi pepohonan di hutan. Menurut UU Nomor 24 Tahun 2007, mitigasi dapat didefinisikan sebagai serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana [1].

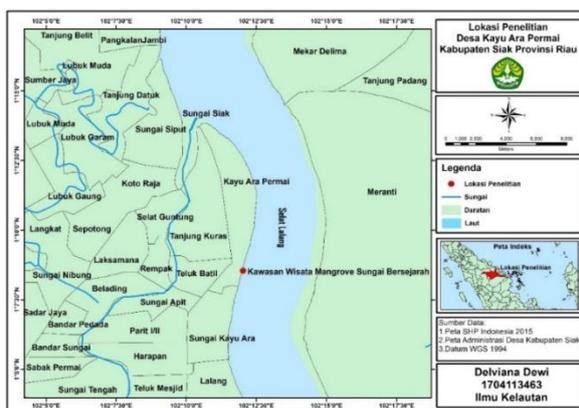
Mangrove melakukan mitigasi perubahan iklim dengan cara menyerap karbondioksida dari atmosfer dan

menyimpannya dalam bentuk Biomassa, maka dari itu perlu adanya kesadaran dalam pelestarian dan pengelolaan hutan mangrove. Kabupaten Siak merupakan daerah yang mempunyai kawasan mangrove di Provinsi Riau. Keberadaan hutan mangrove tentunya dimanfaatkan oleh masyarakat setempat atau pemerintah untuk meningkatkan ekonomi masyarakat. Salah satu kawasan yang memiliki ekosistem mangrove di Kabupaten Siak adalah Desa Kayu Ara Permai [2]. Hingga saat ini belum ada informasi mengenai besaran jumlah karbon yang dapat disimpan dan diserap oleh hutan mangrove pada kawasan tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Februari 2021 di Kawasan Wisata Sungai Bersejarah Desa Kayu Ara Permai Kecamatan Sungai Apit, Kabupaten Siak, Provinsi Riau.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode survey, dimana pengamatan dan pengambilan sampel dilakukan secara langsung di lokasi penelitian. Penentuan stasiun dilakukan dengan menggunakan metode *purposive*

sampling, yaitu dengan cara menentukan lokasi secara sengaja dengan mempertimbangkan serta memperhatikan kondisi lokasi penelitian di sekitarnya. Lokasi yang menjadi objek penelitian terdiri dari 3 transek di setiap transek terdapat 3 plot, setiap plot atau petakan kuadran terdiri dari plot 10m x 10m yang di dalamnya terdapat plot 5m x 5m, dan plot 2m x 2m yang di tarik dari bibir pantai ke arah darat.

Prosedur Penelitian

Pengambilan Data Jenis Mangrove

Identifikasi dilakukan dengan pemotretan bagian tanaman tersebut, yaitu akar, batang, daun, bunga dan buah serta lakukan pengambilan sampel untuk diidentifikasi lebih lanjut di laboratorium dengan bantuan literatur-literatur terkait [3].

Biomassa Mangrove

Pengambilan data biomassa mangrove dilakukan secara *non destructive method* dengan mengukur DBH (*Diameter at Breast Height*) pohon berdasarkan [4]. Pengukuran diameter pohon pada setiap plot yaitu hanya pohon. Hal ini dikarenakan penyerapan karbon yang diserap oleh anakan (*sapling*) dan semai (*seedling*) belum optimal.

Perhitungan biomassa mangrove pada penelitian ini menggunakan persamaan allometrik. Adapun persamaan allometrik yang digunakan mengacu pada [5] dapat dilihat pada Tabel 1. Perhitungan biomassa mangrove menggunakan persamaan allometrik.

Spesies yang menggunakan massa jenis kayu dalam menentukan nilai biomassa, dapat digunakan nilai massa jenis kayu berdasarkan [7], seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Perhitungan biomassa mangrove menggunakan persamaan allometrik

Nama Spesies	Above Ground Biomass (AGB)	Below Ground Biomass (BGB)
<i>Rhizophora apiculata</i>	$W_{top} = 0,235 \text{ DBH}^{2,42}$ [7]	$W_R = 0,00698 \text{ DBH}^{2,61}$ [7]
<i>Sonneratia alba</i>	$W_{top} = 0,251p \text{ DBH}^{2,46}$ [5]	$W_R = 0,199p^{0,899} \text{ DBH}^{2,22}$ [5]
<i>Xylocarpus granatum</i>	$W_{top} = 0,0823 \text{ DBH}^{2,59}$ [8]	$W_R = 0,145 \text{ DBH}^{2,55}$ [9]
<i>Lumnitzera littorea</i>	$W_{top} = 0,251p \text{ DBH}^{2,46}$ [5]	$W_R = 0,199p^{0,899} \text{ DBH}^{2,22}$ [5]
<i>Avicennia Alba</i>	$W_{top} = 0,308 \text{ DBH}^{2,11}$ [5]	$W_{top} = 1,28 \text{ DBH}^{1,17} \text{ m}$ [5]
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	$W_{top} = 0,186 \text{ DBH}^{2,31}$ [8]	$W_R = 0,199p^{0,899} \text{ DBH}^{2,22}$ [5]
<i>Excoecaria agallocha</i>	$W_{top} = 0,251p \text{ DBH}^{2,46}$ [5]	$W_R = 0,199p^{0,899} \text{ DBH}^{2,22}$ [5]
<i>Ceriops tagal</i>	$W_{top} = 0,189 \text{ DBH}^{2,59}$ [8]	$W_R = 0,159 \text{ DBH}^{1,95}$ [10]
<i>Avicennia marina</i>	$W_{top} = 0,308 \text{ DBH}^{2,11}$ [10]	$W_R = 1,28 \text{ DBH}^{1,1}$ [10]
<i>Rhizophora mucronata</i>	$W_{top} = 0,1466 \text{ DBH}^{2,3136}$ [5]	$W_{top} = 0,199 \text{ DBH}^{0,899}$ [5]

Keterangan: W_{top} : Biomassa atas (kg); W_R : Biomassa bawah (kg); DBH : Diameter pohon yang diukur setinggi dada; p : massa jenis kayu (g cm^{-3})

Tabel 2. Massa Jenis Kayu pada Beberapa Spesies Mangrove

Nama Spesies	Massa Jenis Kayu (g cm^{-3})
<i>Sonneratia alba</i>	0,078
<i>Lumnitzera littorea</i>	0,737
<i>Scyphiphora hydrophyllaceae</i>	0,884
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	0,860
<i>Excoecaria agallocha</i>	0,450

Stok Karbon pada Mangrove

Perhitungan karbon pada mangrove menggunakan rumus yang mengacu pada [4] yaitu:

$$C_b = B \times \%C \text{ Organik}$$

Keterangan :

C_b = Stok karbon biomassa (kg).

B = Total Biomassa (kg).

$\%C$ = Nilai persentase cadangan karbon sebesar 0,47.

Perhitungan stok karbon per hektar untuk biomassa dapat menggunakan rumus yang mengacu [4], yaitu :

$$C_{bh} = \frac{C_x}{1000} \times \frac{10000}{L_{plot}}$$

Keterangan:

C_{bh} = Stok karbon per hektar dari biomassa (ton/ha).

C_x = Stok karbon pada masing-masing *carbon pool* pada tiap plot (kg).

L_{plot} = Luas plot pada masing-masing *carbon pool* (m^2).

Stok Karbon Organik Tanah

Perhitungan karbon pada tanah menggunakan rumus yang mengacu [4] yaitu:

$$C_t = K_d \times p \times \%C \text{ Organik}$$

Keterangan :

C_t = Stok karbon organik tanah (sedimen) (gr/cm^2).

C_x = Stok karbon pada masing-masing *carbon pool* pada tiap plot (kg).

L_{plot} = Luas plot pada masing-masing *carbon pool* (m^2).

K_d = Kedalaman pengambilan tanah (cm)

p = Kerapatan lindak (*bulk density*), dimana merupakan perbandingan massa kering tanah terhadap volumenya (g/cm^3).

$\%C$ = Nilai persentase cadangan karbon sebesar 0,47.

Perhitungan stok karbon pada tanah per hektar menggunakan rumus yang mengacu [4], yaitu :

$$C_{th} = C_t \times 100$$

Keterangan:

C_{th} = Stok karbon per hektar pada tanah (ton/ha).

C_t = Stok karbon organik tanah (sedimen) (gr/cm^2).

100 = Faktor konversi gr/cm^2 ke ton/ha.

Stok Karbon Total

Perhitungan stok karbon total dapat menggunakan rumus yang mengacu [4], yaitu :

$$C_{tot} = C_{bh} + C_{th}$$

Keterangan :

C_{tot} = Stok karbon total (ton/ha).

C_{bh} = Stok karbon per hektar dari biomassa (ton/ha).

C_{th} = Stok karbon per hektar pada tanah (ton/ha)

Serapan Gas Karbon Dioksida (CO₂)

Perhitungan serapan gas karbondioksida dapat menggunakan rumus yang mengacu [11], yaitu

$$S_{CO_2} = \frac{Mr_{CO_2}}{Ar_C} \times K_c$$

Keterangan :

S_{CO_2} = Serapan gas karbondioksida, (kg).

Mr_{CO_2} = Massa molekul relatif atom C sebesar 44.

Ar_C = Atom relatif atom C sebesar 12.

K_c = Kandungan karbon (kg).

Perhitungan serapan gas karbondioksida per hektar dapat menggunakan rumus berikut.

$$S_n = \frac{S_{CO_2}}{1000} \times \frac{10000}{L_{plot}}$$

Keterangan :

S_n = Serapan gas karbondioksida per hektar pada tiap plot (ton/ha)

S_{CO_2} = Serapan gas karbondioksida

(kg).

L_{plot} = Luas plot pada masing-masing carbon pool (m²).

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan dan hasil analisis di laboratorium diolah dengan menggunakan di *Microsoft Excel* untuk mendapatkan hasil estimasi biomassa, stok karbon dan serapan karbondioksida antar transek, kemudian di lakukan Uji ANOVA untuk melihat perbedaan nyata atau tidak nyata, apabila berbeda nyata maka dilakukan uji lanjut LSD untuk membandingkan hasil antar transek. Untuk mengetahui hubungan antara kerapatan tegakan mangrove dengan biomassa, stok karbon dan serapan CO₂ digunakan uji regresi linier sederhana. Untuk mengetahui hubungan korelasi antara kerapatan tegakan mangrove dengan variabel lainnya (biomassa, stok karbon dan serapan CO₂).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN
Komposisi Vegetasi Mangrove dan kerapatan Tegakan Mangrove

Vegetasi mangrove tingkat pohon yang ditemukan di Kawasan Wisata Sungai Bersejarah dengan 3 transek penelitian terdiri atas 10 spesies dengan total kerapatan 2166,67 ind/ha dapat dilihat pada Tabel 3. Spesies Vegetasi mangrove tingkat pohon, jumlah individu, dan kerapatan yang ditemukan yaitu:

Tabel 3. Spesies Vegetasi mangrove tingkat Pohon, Jumlah Individu dan Kerapatan

Transek	Jumlah spesies yang di temukan										Total	Kerapatan (ind/ha)
	<i>A.a</i>	<i>A.m</i>	<i>B.g</i>	<i>C.t</i>	<i>E.a</i>	<i>L.i</i>	<i>R.a</i>	<i>R.m</i>	<i>S.a</i>	<i>X.g</i>		
1	15	4	0	12	0	8	8	10	0		57	1900
2	0	0	9	0	6	0	7	26	9	7	64	2133,33
3	0	0	0	4	0	0	34	7	11	18	74	2466,67
	Total										195	2166,67

Terlihat pada transek 3 memiliki rata-rata kerapatan tegakan mangrove yang

tertinggi, yaitu 2466,67 ind/ha, sedangkan kerapatan terendah terdapat pada transek 1,

yaitu 1900 ind/ha. Hasil uji Anova menunjukkan kerapatan tegakan mangrove antar transek berbeda nyata ($p < 0,05$), dari hasil Uji LSD menunjukkan kerapatan tidak berbeda nyata pada transek 1 dan transek 2, sedangkan untuk transek 3 terhadap 1 hasil kerapatan berbeda nyata, namun untuk transek 3 terhadap 2 hasil kerapatan tidak berbeda nyata.

Vegetasi Mangrove Tingkat Anakan

Vegetasi mangrove tingkat anakan yang ditemukan di Kawasan Ekowisata Mangrove Sungai Bersejarah dengan 3 transek penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesies Vegetasi mangrove tingkat Anakan, Jumlah Individu dan Kerapatan

Transek	Jumlah Spesies yang ditemukan							Total	Kerapatan (ind/ha)
	<i>A.a</i>	<i>A.m</i>	<i>B.g</i>	<i>C.t</i>	<i>S.a</i>	<i>L.i</i>	<i>R.m</i>		
1	4	1	0	2	0	2	2	11	1466,66
2	0	0	2	0	0	0	6	8	1066,66
3	0	0	0	0	2	0	0	2	266,66
Total								21	933,33

Hasil penelitian menunjukkan spesies yang ditemukan di Kawasan Wisata Mangrove Sungai Bersejarah terdiri atas 7 spesies dengan total kerapatan 933,33 ind/ha.

Vegetasi Mangrove Tingkat Semai

Vegetasi mangrove tingkat semai yang ditemukan di Kawasan Ekowisata Mangrove Sungai Bersejarah dengan 3 transek penelitian terdiri atas 6 spesies dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Spesies Vegetasi mangrove tingkat Semai

Transek	Jumlah Spesies yang ditemukan						Total	Kerapatan ind/ha
	<i>B.g</i>	<i>C.t</i>	<i>L.i</i>	<i>R.a</i>	<i>R.m</i>	<i>S.a</i>		
1	0	12	4	9	10	0	35	29166,67
2	0	0	0	6	22	2	33	27500,00
3	0	0	0	40	10	3	53	44166,67
Total							121	33611,11

Hasil penelitian menunjukkan spesies tingkat semai yang ditemukan di Kawasan Wisata Mangrove Sungai Bersejarah terdiri atas 6 spesies, hanya jenis *R.apiculata*, *R.mucronata* yang di temukan di setiap transek dengan total kerapatan 33611,11 ind/ha.

Kerapatan tegakan mangrove pada transek 3 lebih tinggi dibandingkan transek 1, begitu juga di transek 2 lebih tinggi dari pada transek 1, hal ini terjadi karena karakteristik yang berbeda pada ketiga transek penelitian, dimana transek 3 merupakan wilayah hutan mangrove yang berada cukup jauh dari pemukiman penduduk sehingga pemanfaatan hutan

yang terjadi pada wilayah tersebut tergolong sedikit, dan jarang disentuh oleh masyarakat setempat, bagi peneliti atau pelancong yang memasuki kawasan ini harus di temani oleh pemuda atau penanggung jawab wilayah mangrove, sedangkan di transek 2 merupakan wilayah *central* kawasan ekowisata mangrove sungai bersejarah, dimana di wilayah ini cukup banyak dilakukan konservasi, sebelum dibuka untuk ekowisata wilayah mangrove di sini juga dimanfaatkan oleh masyarakat, pemanfaatan kayu sebagai bahan bangunan atau dimanfaatkan untuk kegiatan *antropogenik* lainnya, dan transek 1 merupakan kawasan mangrove yang baru

dikonservasi, hal itu terlihat dari ukuran pohon mangrove yang ada di transek 1 lebih kecil-kecil dan ketinggian pohon yang terlihat lebih pendek dibandingkan di transek 1 dan 2, hal tersebut diduga sebagai penyebab kerapatan tegakan mangrove di transek 1 tersebut lebih rendah dibandingkan transek 2 dan 3.

Menurut Susanto *et al.* (2013), sedikitnya jumlah kerapatan mangrove

pada suatu kawasan disebabkan besarnya pengaruh antropogenik yang mengubah habitat mangrove untuk kepentingan lain seperti pembukaan lahan untuk pemukiman dan pertambangan, serta penebangan pohon untuk bahan bangunan dan arang, sehingga ekosistem mangrove mengalami tekanan dan kondisinya mengalami penurunan.

Tabel 6. Kerapatan Mangrove di Kawasan Wisata Sungai Bersejarah

Transek	Kerapatan (Ind/ha)	Kriteria	Kondisi
1	1900	Baik	Padat
2	2133,33	Baik	Padat
3	2466,67	Baik	Padat

Berdasarkan kriteria baku kerusakan mangrove yang ditetapkan oleh [12], yaitu kerapatan padat ≥ 1500 ind/ha, sedang $\geq 1000 - < 1500$ ind/ha dan jarang < 1000 ind/ha, maka dapat disimpulkan bahwa ketiga transek penelitian di Kawasan Ekowisata Mangrove Sungai Bersejarah Desa Kayu Ara Permai memiliki kerapatan tegakan mangrove dalam kategori padat.

Kerapatan mangrove pada wilayah penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh [13]. Di Kawasan Mempawah Mangrove Park (MMP) Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat tergolong jarang. Berdasarkan hal tersebut, maka tingkat kerapatan mangrove di MMP tergolong jarang (379,21 ind/ha). Hal ini dikarenakan kawasan MMP mulanya merupakan kawasan abrasi yang pada bulan maret 2013 dilakukan upaya konservasi oleh masyarakat setempat bersama Kebun Bibit Rakyat (KBR), sehingga belum banyak tegakan yang berukuran besar (kategori pohon).

Estimasi Biomassa Mangrove, Karbon Mangrove dan Serapan karbon mangrove

Hasil perhitungan estimasi kandungan biomassa pada ketiga transek

penelitian menunjukkan bahwa rata-rata total biomassa tertinggi terdapat pada transek 3, yaitu sebesar 246,75 ton/ha, sedangkan total biomassa terendah terdapat pada transek 1, yaitu sebesar 97,60 ton/ha. Hasil estimasi kandungan karbon mangrove pada ketiga transek penelitian menunjukkan bahwa total rata-rata karbon tertinggi terdapat pada transek 3, yaitu sebesar 115,97 ton/ha, sedangkan total karbon terendah terdapat pada transek 1, yaitu sebesar 45,87 ton/ha.

Estimasi penyerapan CO₂ pada ketiga transek penelitian menunjukkan bahwa rata-rata serapan CO₂ tertinggi terdapat di transek 3, yaitu sebesar 422,62 ton/ha, sedangkan yang terendah terdapat di transek 1, yaitu sebesar 168,19 ton/ha. Berdasarkan uji ANOVA dapat diketahui bahwa jumlah biomassa mangrove antar transek tidak berbeda nyata $P (0.099) > 0.05$, begitupun dengan karbon mangrove dan serapan CO₂, hasil uji anovanya menunjukkan hasil yang tidak berebeda nyata antar transek. Hasil penelitian yang dilakukan pada hutan mangrove di Kawasan Wisata Sungai Bersejarah, didapatkan hasil pengolahan data estimasi biomassa mangrove pada Tabel 7.

Tabel 7. Estimasi Biomassa, Karbon Mangrove dan Serapan CO₂ mangrove Stok Karbon Total, Stok karbon Organik Tanah, dan Stok Karbon Total

Transek	Biomassa Mangrove (ton/ha)	Karbon Mangrove (ton/ha)	Serapan CO ₂ (ton/ha)	Stok Karbon Mangrove (ton/ha)	Stok Karbon Tanah (ton/ha)	Stok Karbon Total (ton/ha)
1	97,60 ± 25,65	45,87 ± 12,06	168,19 ± 44,22	45,87	1632,65	1678,65
2	242,48 ± 104,49	113,96 ± 49,11	418,88 ± 181,79	113,96	1911,52	2025,48
3	246,75 ± 83,77	115,97 ± 39,37	422,62 ± 146,46	116,30	2218,08	2334,38

Perbedaan antara transek 1, transek 3 diduga karena perbedaan ukuran pohon antara transek 1, dan transek 3, sehingga nilai biomassa di transek 3 lebih tinggi begitu juga dengan nilai serapan CO₂-nya. Menurut [14] penyerapan CO₂ memiliki hubungan dengan biomassa tegakan, dari hasil pengolahan data terlihat perbedaan yang cukup jauh antara transek 1 dan transek 3, hal ini diduga karena ukuran pohon mangrove di transek 1 lebih berukuran kecil di dibandingkan dengan transek 2 dan transek 3.

Pernyataan tersebut juga diperkuat oleh [15], semakin besar diameter pohon dan umur pohon juga turut meningkatkan biomassa dan cadangan karbon. Semakin besar diameter tumbuhan maka semakin besar juga biomasannya, demikian sebaliknya. sejalan dengan pendapat [16] bahwa terdapat hubungan erat antara dimensi pohon diameter dengan biomasannya, terutama dengan diameter pohon. Diameter suatu vegetasi memiliki korelasi dengan biomasannya. Diameter tumbuhan dipengaruhi oleh hasil fotosintesis. Hasil fotosintesis tersebut mempengaruhi pertumbuhan organ tumbuhan termasuk diameter batangnya.

Menurut [17], kandungan karbon pada vegetasi hutan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu diantaranya iklim, topografi, karakteristik lahan, umur, komposisi dan jenis tanaman dan perbedaan siklus pertumbuhan tanaman. Umur tegakan berhubungan dengan besar luas daun, dan ukuran pohon hal ini meningkatkan besarnya CO₂ yang diserap oleh tegakan. Luas daun akan bertambah banyak sejalan dengan bertambahnya umur

tegakan, begitu juga dengan batang akan bertambah besar seiring umurnya bertambah. Oleh karena itu, dapat diduga bahwa umur tegakan akan berpengaruh terhadap biomassa dan jumlah karbon yang tersimpan pada suatu tegakan [18]. Biomassa tegakan juga akan terus meningkat sampai umur tertentu yang dinyatakan oleh perwakilan kelas diameter dan kemudian akan menurun sampai produktivitasnya terhenti (mati) [17].

Rata-rata kandungan karbon mangrove sebesar 275,80 ton/ha. Kandungan karbon mangrove pada wilayah penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh [14]. Di Kawasan Pantai Berpasir Desa Kawal Kabupaten Bintan dengan rata-rata karbon mangrove yaitu sebesar 18,28 ton/ha dengan kondisi vegetasi mangrove sedikit atau sangat jarang. Rata-rata serapan CO₂ sebesar 336.5667 ton/ha. Jumlah serapan CO₂ pada wilayah penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh [19] di Sulawesi Utara dengan rata-rata serapan CO₂ 4.290 ton/ha, dengan luas hutan mangrove mencapai 11,691 ha, diduga terjadi karena perbedaan luas wilayah mangrove, jenis dan keadaan mangrove. Sebagai perbandingan global ekosistem karbon biru diestimasi bisa menyerap 42 billion t, ekosistem biru Korea 1.01 juta t CO₂, ekosistem biru Abu Dhabi 39.16 juta t CO₂ dan 138.23 juta t CO₂ untuk ekosistem karbon biru Indonesia.

Karbon Tanah

Rata-rata karbon tanah tertinggi terdapat pada transek 3, hasil yang terendah

terdapat pada transek 1, yaitu sebesar 326,53 ton/ha, diduga terjadi karena tingkat kerapatan vegetasi mangrove di transek 3 dan transek 2 lebih padat dari pada di transek 1. Hasil Uji ANOVA karbon tanah antar transek berbeda nyata ($p < 0,05$). Hasil uji LSD diketahui estimasi karbon tanah berbeda nyata hanya pada transek 1 terhadap 3.

Menurut [14], semakin baik pertumbuhan mangrove maka semakin banyak pula stok karbon yang terdapat di dalam tanah, potensi kandungan karbon organik tanah ini akan semakin meningkat atau semakin tinggi seiring dengan penambahan biomassa tanaman artinya semakin besar vegetasi pada hutan mangrove akan memiliki kemampuan besar untuk menghasilkan seresah organik yang merupakan penyusun utama bahan organik dalam tanah. Kemudian menurut [20] dengan terjadinya akumulasi karbon/bahan organik dalam kurun waktu lama dan tingginya kerapatan vegetasi memungkinkan lahan mangrove memiliki kandungan karbon lebih tinggi dibanding dengan lahan yang terdapat sedikit vegetasi di atasnya.

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa rata-rata stok karbon tanah Kawasan Wisata Sungai Bersejarah Desa

Kayu Ara Permai Kab. Siak dengan tiga transek Penelitian adalah sebesar 384,15 ton/ha. Jumlah stok karbon tanah pada wilayah penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh [22] di Teluk Kaba dan Muara Teluk Pandan Taman Nasional Kutai dengan rata-rata stok karbon sebesar 245 ton/ha, hal ini diduga dapat terjadi karena ada pengaruh, luas wilayah kerapatan vegetasi dan jenis vegetasi mangrove yang berbeda. Kawasan mangrove TN-Kutai merupakan dataran rendah dengan kelerengan 0-5% yang menghadap selat Makasar dengan luas sekitar 4.446,6 hektar, terdapat berbagai aktivitas manusia di sekitar mangrove termasuk pemanfaatan lahan untuk tambak.

Stok Karbon Total

Hasil penelitian yang telah dilakukan, maka estimasi rata-rata stok karbon total pada hutan mangrove dapat dilihat pada Tabel 8.

Berdasarkan data di atas, maka terlihat bahwa transek 3 memiliki rata-rata stok karbon total terbesar, yaitu 2334,38 ton/ha. Sedangkan rata-rata stok karbon total terendah terdapat pada Transek 1, yaitu sebesar 1678,65 ton/ha.

Tabel 8. Estimasi Rata-rata Stok Karbon Mangrove, Karbon Tanah dan Karbon Total

Transek	Stok Karbon Mangrove (ton/ha)	Stok Karbon Tanah (ton/ha)	Stok Karbon Total (ton/ha)
1	45,87	1632,65	1678,65
2	113,96	1911,52	2025,48
3	116,30	2218,08	2334,38

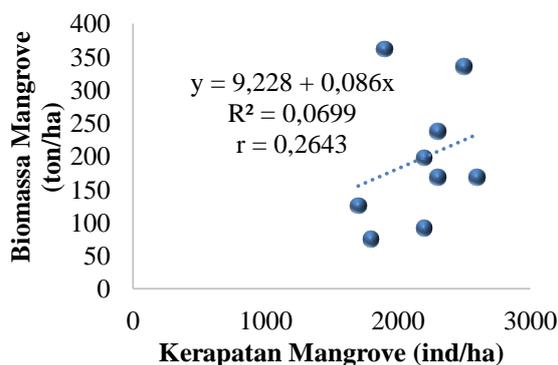
Hubungan Kerapatan Tegakan Mangrove terhadap Jumlah Biomassa, Karbon Mangrove dan Serapan CO₂

Tidak terdapat hubungan yang kuat antara kerapatan tegakan mangrove dengan biomassa mangrove, hubungan antara kerapatan tegakan mangrove dengan biomassa dan kandungan karbon dan

serapan CO₂ dapat dilihat pada Gambar 2, 3 dan 4.

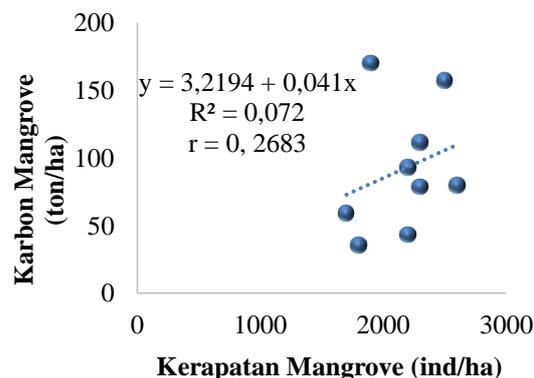
Hasil analisis masing-masing hubungan antara kerapatan terhadap jumlah biomassa menunjukkan 6,99 %, 7,2 %, 6,92 % dipengaruhi oleh kerapatan, sedangkan 93,01 % dipengaruhi oleh faktor lain. Menurut [23], simpanan karbon pada hutan tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor

antara lain umur tanaman, tingkat kesuburan tanah atau habitat tempat tumbuh, dan jarak tanam atau kerapatannya. Adapun untuk kerapatan

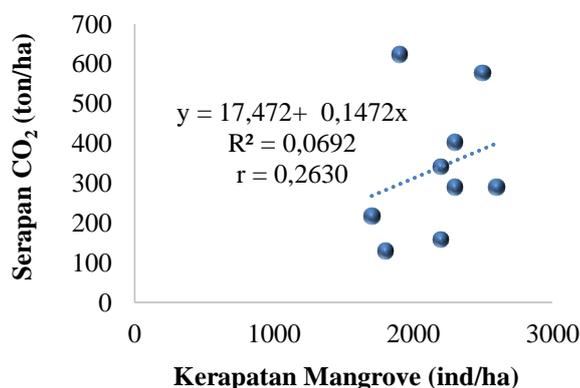


Gambar 2. Hubungan Kerapatan dengan Biomassa Mangrove

pada penelitian ini tidak memberikan hubungan yang kuat terhadap, biomassa, kandungan karbon mangrove dan serapan CO₂.



Gambar 3. Hubungan Kerapatan dengan Karbon Mangrove



Gambar 4. Hubungan Kerapatan dengan Serapan CO₂

Hal ini menunjukkan bahwa variasi ketiga aspek tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh tingkat kerapatan, melainkan masih terdapat faktor lainnya seperti ukuran diameter pohon. Menurut [23] wilayah mangrove yang memiliki kerapatan mangrove tertinggi memiliki total biomassa yang lebih rendah dibandingkan wilayah yang memiliki kerapatan yang sedang. 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 dibandingkan dengan kerapatan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Komposisi vegetasi mangrove tingkat pohon yang ditemukan di Kawasan Wisata Sungai Bersejarah Desa Kayu Ara Permai dengan 3 transek penelitian terdiri atas 10 spesies, sementara untuk tingkat anakan 7 spesies dan tingkat semai 6 spesies. Kondisi kerapatan tegakan mangrove pada ketiga transek penelitian dikategorikan baik (padat), kerapatan mangrove transek 3 memiliki kerapatan mangrove yang tertinggi, yaitu 2466,66 ind/ha, sedangkan kerapatan tegakan mangrove pada transek 1 dan transek 2, yaitu sebesar 1900 dan 2133,33 ind/ha. Estimasi rata-rata biomassa, stok karbon mangrove, serapan

mangrove dan stok karbon organik tanah pada kawasan hutan mangrove masing-masing sebesar 195,61 ton/ha, 275,80 ton/ha, 336,566 ton/ha dan 384,15 ton/ha.

Saran

Hubungan kerapatan dengan biomassa, stok karbon mangrove dan serapan CO₂ pada penelitian ini tidak memiliki hubungan yang kuat, selanjutnya peneliti menyarankan untuk mengkaji

seberapa hubungan kerapatan dengan variabel lain seperti faktor lingkungan yang ada di sekitar wilayah penelitian suhu, pH, salinitas, umur atau keadaan substrat kemudian perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai estimasi stok karbon pada bahan organik mati seperti pohon mati (*nekromassa*) serta estimasi stok karbon tanah berdasarkan interval kedalaman tanah yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

1. Niode, F.D., R.Yaulie, dan K. Stanley. (2016). Geographical Information System (GIS) untuk Mitigasi Bencana Alam Banjir di Kota Manado. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 5(2): 14-20.
2. Badan Pusat Statistik Kabupaten Siak. (2016). *Statistik Daerah Kecamatan Sungai Apit Siak*. Badan Pusat Statistik Provinsi Riau. Pekanbaru.
3. Noor, Y.R., M. Khazali, dan I.N.N. Suryadiputra. (2006). *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PHKA/WI-IP, Bogor.
4. [SNI] Standar Nasional Indonesia. (2011). *Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon-Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
5. Komiyama, A., J.E. Ong, dan S. Pongparn. (2008). *Allometry, Biomass, and Productivity of Mangrove Forest: A Review*. *Aquatic Botany*. 89: 128-137
6. Donato, C.D., J.B. Kauffman, D. Murdiyarso, S. Kurnianto, M. Stidham dan M. Kanninen. (2011). *Mangroves Among the Most Carbon-Rich Forests in the Tropics*. *Nature Geoscience*. 4: 293-297
7. Ong, C.S., Lai, J.Y. and Wang, Y.S. (2004) Factors Affecting Engineers' Acceptance of Asynchronous E-Learning Systems in High-Tech Companies. *Information and Management*, 41, 795-804. <http://dx.doi.org/10.1016/j.im.2003.08.012>
8. Clough, B.F., K. Scott. (1989). Allometric relationships for estimating above-ground biomass in six mangrove species. *Forest Ecology and Management*, 27(2): 117-127
9. Pongparn S, Komiyama A, Jintana V, Piriyaayaota S, Sangtiean T, Tanapermpool P, Patanaponpaiboon P, Kato S. (2002). A quantitative analysis on the root system of a mangrove, *Xylocarpus granatum* Koenig. *Tropics* 12:35-42
10. Comley, B., dan Mcguinness, K. (2005). Above- and below-ground biomass, and allometry, of four common northern Australian mangroves. *Australian Journal of Botany*, 53(5), 431-436.
11. Bismark, M., N.M. Heriyanto dan S. Iskandar. (2008). Biomassa dan Kandungan Karbon pada Hutan Produksi di Cagar Biosfer Pulau Siberut, Sumatera Barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(5):397- 407.
12. [KLH] Kementerian Lingkungan Hidup. (2004). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004 tentang Standar Baku Mutu air Laut dan Biota Laut. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, Jakarta
13. Hafiz, M., R. Suryantini, S. Siahaan, dan H. Darwati. (2020). Respon Pertumbuhan Bibit Api-Api (*Avicennia marina*) terhadap Cekaman Merkuri (Hg). *Jurnal Hutan Lestari*, 8(1): 156-161

14. Heriyanto, N. M., E. Subiandono. (2016). Peran Biomasa Mangrove dalam Menyimpan Karbon di Kubu Raya, Kalimantan Barat. *J. Analisis Kebijakan*, 13 (2): 1-12.
15. Yahmani, A. (2013). Studi Kandungan Karbon Pada Hutan Alam Sekunder di Hutan Pendidikan Mandiangin Fakultas Kehutanan. Universitas Lambung Mangkurat. Kalimantan Selatan. *J. Hutan Tropis*. 1 (1): 2337-7771.
16. Ihsan, IM., J. Prayitno dan AD. Santoso. (2016). *Perhitungan Stok Karbon Hutan Mangrove Probolinggo*. Pusat Teknologi Lingkungan. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Banten.
17. Li, N., Chen, P dan Qin, C. (2015). Density Stronge and Distribution of Carbon in Mangrove Ecosystem in Guangdong's Coastal Areas *Asian Agricultural Research*. 7 (2):62-65.
18. Lukito M, Rohmatiah A. (2013). Estimasi biomassa dan karbon tanaman jati umur 5 tahun (Kasus Kawasan Hutan Tanaman Jati Unggul Nusantara (JUN) Desa Krowe, Kecamatan Lembeyan Kabupaten Magetan). *J. Agritek*. 14(1):1-23.
19. Sondak, C.F.A. (2015). Estimasi potensi penyerapan karbon biru (blue carbon) oleh hutan mangrove Sulawesi Utara. *J. Asean Studies on Maritime Issues*. 1(1): 24-29.
20. Canadell, J.G., Kirschbaum, M., Kurz, W.A., Sanz, M.J., Schlamadinger, B., dan Yamagata, Y. (2007). Factoring out natural and indirect human effects on terrestrial carbon sources and sinks. *Environmental Science and Policy* 10, 370-384
21. Suryono, S., N. Soenardjo, E. Wibowo, R. Ario, dan E. F. Rozy. (2018). Estimasi Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(1): 1-8.
22. Sulistyorini, IS., M. Edwin, dan Imanuddin. (2020). Estimasi Stok Karbon Tanah organik pada Mangrove di Teluk Kaba dan Muara Teluk Pandan Taman Nasional Kutai. *Agrifor*, 19(2): 293-302
23. Tantu, G. A., Soemarno, Harahab, N. dan Mustafa, A. (2010). Profil Vegetasi Hutan Mangrove di Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan. *Journal of Tropical Fisheries*, 5(2): 492-498