
[segara] Editor Decision

1 pesan

Dr. Agustin Rustam <jurnal.risetkp@gmail.com>

30 November 2020 pukul 08.08

Kepada: Tengku Zia Ulqodry <zia_uul@unsri.ac.id>

Cc: Septi Hermialingga <shermialingga@gmail.com>, Rujito Agus Suwignyo <rujito@unsri.ac.id>

Tengku Zia Ulqodry:

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Segara,
"POTENSI SIMPANAN KARBON PADA BIOMASSA TEGAKAN DAN AKAR MANGROVE DI KAWASAN
LINDUNG PANTAI PULAU PAYUNG, KABUPATEN BANYUASIN".

Our decision is: Revisions Required

Dr. Agustin Rustam
Marine Resources Center
lestari.4872@gmail.com

**POTENSI SIMPANAN KARBON PADA BIOMASSA TEGAKAN DAN AKAR
MANGROVE DI KAWASAN LINDUNG PANTAI PULAU PAYUNG, KABUPATEN
BANYUASIN**

**POTENTIAL OF CARBON STORAGE ON STANDS AND ROOTS BIOMASS OF MANGROVE
IN THE PROTECTED PAYUNG ISLAND AREA, BANYUASIN DISTRICT**

Septi Hermialingga¹⁾, Rujito Agus Suwignyo²⁾, Tengku Zia Ulqodry³⁾

¹⁾ Program Studi Pengelolaan Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Sriwijaya

²⁾ Program Studi Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya

³⁾ Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Mangrove sangat efektif mengurangi karbon di atmosfer yang kemudian disimpan dalam bentuk biomassa. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan estimasi simpanan karbon pada tegakan dan akar mangrove. Penelitian ini dilakukan pada Bulan Februari 2020 di Pulau Payung, Kecamatan Banyuasin menggunakan metode *purposive sampling*. Perhitungan biomassa mangrove menggunakan metode persamaan allometrik. Hasil estimasi simpanan karbon dari biomassa tegakan dan akar mangrove yang terbesar yaitu jenis mangrove *A. alba* sedangkan yang terkecil yaitu jenis mangrove *X. granatum*. Biomassa dan stok karbon tegakan mangrove tiap stasiun yang tertinggi terdapat pada stasiun 2 dan terendah terdapat pada stasiun 6. Tegakan mangrove memiliki nilai rata-rata biomassa dan simpanan karbon yaitu 124,4 ton/ha dan 58,47 tonC/ha. Akar mangrove memiliki nilai rata-rata biomassa dan simpanan karbon yaitu 71,44 ton/ha dan 33,58 tonC/ha.

Kata Kunci : Hutan Mangrove, Biomassa, Karbon, Pulau Payung.

ABSTRACT

*Mangrove are very effective at reducing carbon in the atmosphere which is then transferred in the form of biomass. This research estimate carbon storage in mangrove stands and roots. This research was conducted on 8-9 February 2020 on Payung Island, Banyuasin District using a purposive sampling method. The calculation of mangrove biomass uses the allometric calculation method. The results of the estimation of carbon storage from standing biomass and mangrove roots are the largest *A. alba* mangrove species which can be preferred *X. granatum* mangroves. The highest biomass and carbon stock of mangrove stand at each station 2 and the lowest is at station 6. Mangrove stands have an average value of biomass and carbon storage of 124.4 ton/ha and 58.47 tonC/ha. Mangrove forests have an average value of biomass and carbon stock which is 71.44 ton/ha and 33.58 tonC/ha.*

Keywords : Mangrove Forest, Biomass, Carbon, Payung Island

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan vegetasi unik yang hidup di zona pasang surut air laut (Mustofa, 2018). Secara ekologis mangrove mempunyai manfaat seperti tempat pemijahan biota, pelindung kawasan pemukiman dari hempasan angin maupun manfaat ekonomis mangrove seperti obat-obatan, dan pemanfaatan kayu (Sarno *et al.*, 2017). Menurut Karimah (2017) Indonesia memiliki hutan mangrove terluas di Asia bahkan dunia dengan luas kurang lebih 3,7 juta hektar dan secara ekologi ekosistem mangrove berfungsi sebagai tempat mencari makanan bagi biota dengan banyaknya bahan organik, tempat bertelur dan tempat pengasuhan biota perairan. Selain itu, vegetasi mangrove dapat berfungsi sangat efektif dalam menyerap karbondioksida (Setiawan, 2013).

Pada penelitian Donato *et al.* (2011) hutan mangrove Indo-Pasific mampu menyimpan karbon per hektar 4 kali lebih tinggi dari penyimpanan karbon di hutan tropis serta penyerapan karbon pada hutan mangrove 5 kali lebih cepat dibanding hutan tropis lainnya (Imiliyana *et al.*, 2011). Penyimpanan dan penyerapan karbondioksida sangat berperan untuk mengurangi konsentrasi gas CO₂ (Suryono *et al.*, 2018). Kepel *et al.* (2017) menyatakan bahwa mangrove menyimpan karbon dalam biomassa pohon seperti ranting, batang, akar, daun. Simpanan karbon dalam tubuh mangrove juga dapat terlepas sebagai emisi karbon ke atmosfer apabila terjadi degradasi dalam jumlah besar yang akan mempengaruhi pertambahan konsentrasi CO₂ di atmosfer (Sondak, 2015).

Pulau Payung yang terletak di mulut muara Sungai Musi, Kabupaten Banyuasin, Sumatera

Selatan merupakan kawasan hutan lindung menurut SK Menhut No. 866/Menhut-II/2014 dengan luas ± 490 Ha. Pulau Payung memiliki potensi hutan mangrove alami terhadap penyerapan karbon dan belum ada penelitian mengenai estimasi biomassa dan simpanan karbon di Pulau payung. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi besaran simpanan karbon pada biomassa tegakan dan akar mangrove menggunakan metode allometrik sebagai bahan pertimbangan pengambilan kebijakan adanya upaya pengelolaan dan pelestarian mangrove.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada Bulan Februari 2020 di Pulau Payung, Kabupaten Banyuasin dengan 8 stasiun lokasi pengamatan (Gambar 1). Secara geografis letak Pulau Payung berada pada koordinat 2° 22' 51" LS dan 104° 55' 16" BT

Pengambilan Data

Pengambilan data analisis vegetasi dan biomassa dilakukan dengan metode *non destructive* menggunakan persamaan allometrik. Untuk mengetahui kondisi komposisi mangrove di Pulau Payung dilakukan analisis vegetasi mangrove menggunakan metode transek kuadrat sepanjang 50 meter terdiri dari beberapa plot (10x10 m untuk kategori pohon) yang disesuaikan dengan kondisi ketebalan mangrove (Gambar 2). Selanjutnya diidentifikasi jenis mangrove dan diukur diameter pohon setinggi dada (DBH) di setiap plot (Bismark, 2011).

Deleted: secara

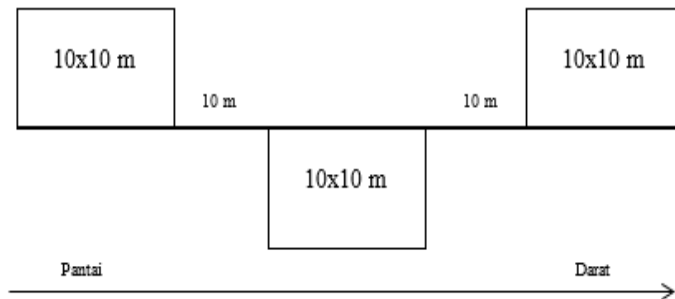
Commented [Editor2]: Berarti ketebalan tipis ya di bawah 100 bisa dijelaskan diawal kalimat kondisi ketebalan mangrove rata-rata di lokasi penelitian sebagai justifikasi ketebalan hanya 50 m

Commented [Editor1]: Bisa ditambahkan keunikan pulau payung untuk memperkuat dasar pengambilan lokasi misal sebagai kawasan lindung biota apa yang unik atau endemic, posisi strategis dll

Commented [Editor3]: Peta diperbaiki dengan menambahkan posisi Indonesia dibagian penjelasan, jika seperti ini tidak terlihat posisi dimana bagi yang awam baca



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Transek

ANALISIS DATA

Analisis Vegetasi

Analisis vegetasi menghitung Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi Relatif (FR), dominasi relatif (DR), dan Indeks Nilai Penting (INP) (Kepel *et al.*, 2017) menggunakan rumus dari (Muller-Dumbois & Ellenberg, 1974) serta indeks keanekaragaman (H') Shannon-Wiener (Asuk *et al.*, 2018).

a. Kerapatan Jenis (K_i)

$$K_i = \frac{n_i}{A}$$

Keterangan :

n_i = jumlah total tegakan jenis-i (ind)
 A = Total luas areal plot (ha)

b. Kerapatan Relatif Jenis (KR)

$$KR = \left(\frac{n_i}{\sum n} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

n_i = Jumlah total tegakan jenis-i (ind)
 $\sum n$ = Jumlah total tegakan seluruh jenis (ind)

c. Frekuensi Jenis (F_i)

$$F_i = \frac{p_i}{\sum p}$$

Keterangan :

P_i = Jumlah plot ditemukan jenis-i
 $\sum p$ = Jumlah total plot

d. Frekuensi Relatif Jenis

$$FR = \left(\frac{F_i}{\sum F_i} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

F_i = Frekuensi jenis ke-i
 $\sum F$ = Jumlah frekuensi untuk jenis-i

e. Dominan Jenis (D_i)

$$D_i = \frac{\sum BA}{A}$$

Keterangan :

BA = $\pi d^2 / 4$ (d = DBH, π = 3,14)
 A = Luas total area pengambilan sampel (ha)

f. Dominan Relatif

$$DR = \left(\frac{D_i}{\sum D_i} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

D_i = Dominasi Jenis-i (m^2/ha)
 $\sum D_i$ = Jumlah total Dominasi jenis (m^2/ha)

g. Indeks Nilai Penting

$$INP(\%) = KR + FR + DR$$

h. Indeks Keanekaragaman

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

Keterangan :

S = Jumlah spesies
 P_i = n_i/N
 n_i = Jumlah individu dalam spesies
 N = Jumlah individu total

Biomassa Tegakan dan Akar

Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu dengan metode non destruktif sampel. Metode non-destruktif merupakan metode yang dilakukan dengan cara tidak memanen atau menebang pohon. Metode non destruktif menganalisis komponen dari batang, cabang dan daun menggunakan persamaan allometrik, dimana variabel bebasnya adalah dimensi diameter batang dan variabel terikatnya adalah biomassa.

Tabel 1. Nilai Densitas Kayu (ρ)

No.	Spesies	Wood Density (ρ)
1.	<i>Aegiceras corniculatum</i>	0,5967
2.	<i>Aegiceras floridum</i>	0,76
3.	<i>Avicennia alba</i>	0,6987
4.	<i>Avicennia marina</i>	0,7316
5.	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	0,741
6.	<i>Bruguiera sexangula</i>	0,83
7.	<i>Excoecaria agallocha</i>	0,4288
8.	<i>Kandelia candel</i>	0,5272
9.	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,8814
10.	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,8483
11.	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,94
12.	<i>Sonneratia alba</i>	0,6443
13.	<i>Sonneratia caseolaris</i>	0,5337
14.	<i>Xylocarpus granatum</i>	0,6721
15.	<i>Xylocarpus moluccensis</i>	0,6535

Sumber : World Agroforestry Centre (<http://db.worldagroforestry.org/wd>)

Pengukuran biomassa dilakukan dengan menggunakan persamaan allometrik dengan parameter diameter batang. Pendugaan biomassa berguna untuk mengetahui perubahan cadangan karbon di atmosfer ketika adanya hutan ditebang atau dibakar. Suatu ekosistem yang mempunyai nilai kerapatan tinggi dari suatu spesies pohon, biomasnya akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan areal mangrove yang memiliki kerapatan spesies yang lebih rendah (Isnaeni *et al.*, 2019). Hitung biomassa tegakan dan akar mangrove dengan persamaan allometrik (Fourqurean *et al.*, 2014).

$$Wt = 0,251 \cdot \rho \cdot (DBH)^{2,46}$$

Keterangan :

W = Biomasa tegakan (Kg)
 ρ = Densitas Batang (g/cm^3)
 DBH = Diameter Batang (cm)

$$Wb = 0,199 \cdot \rho^{0,899} \cdot (DBH)^{2,22}$$

Keterangan :

Wb = Biomasa akar (Kg)
 ρ = Densitas Batang (g/cm^3)
 DBH = Diameter Batang (cm)

Nilai densitas kayu (ρ) setiap jenis mangrove dapat dilihat pada Tabel 1.

Untuk biomassa jenis *N. fruticans* dapat dihitung berdasarkan persamaan pada penelitian Matsui *et al.* (2014) dengan parameter nilai DBH (1,3 m) dan tinggi pelepah seperti berikut :

$$\text{Log DW} = 0,85 \times \text{Log D}^2 L + 1,54$$

Keterangan :

DW = Berat Kering ($kg \cdot m^{-2}$)
 D = Diameter (m)
 L = Length (m)

Simpanan Karbon Biomassa

Simpanan karbon biomassa tegakan dan akar dihitung dengan persamaan berikut (Prasetyo *et al.*, 2017) :

$$C = W \times 0,47$$

Keterangan :

C = Jumlah karbon dalam biomassa (kg)
 W = Jumlah biomasa pada tegakan atas mangrove (kg)
 47% = Ketetapan persentase kandungan karbon pada biomassa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Ekosistem Mangrove di Pulau Payung

Komposisi jenis mangrove yang ditemukan di Pulau Payung saat penelitian terdapat 11 jenis mangrove, diantaranya jenis *A. alba*, *A. marina*, *B. sexangula*, *K. candel*, *N. fruticans*, *R. apiculata*, *S. caseolaris* yang termasuk dalam kategori mangrove mayor dan jenis *Aegiceras sp.*, *E. agallocha*, *X. granatum*, *A. aureum* yang termasuk dalam kategori mangrove minor. Mangrove mayor (mangrove sejati utama) tumbuh membentuk tegakan murni pada ekosistem mangrove, tidak ikut tumbuh pada tanaman darat, dan memiliki morfologi dan fisiologi sesuai dengan lingkungan. Mangrove minor (mangrove sejati tambahan) jarang tumbuh sebagai tegakan murni, dan biasanya tumbuh di tepian habitat mangrove (Tomlinson, 2016). Jenis mangrove yang sering dijumpai yaitu *N. fruticans* yang mendominasi kawasan Pulau Payung. Sebaran jenis mangrove di setiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 2.

Commented [Editor4]: Sudah ada beberapa literature seperti Kepel *et al* 2019 mendapatkan nilai karbon pengukuran langsung di Indonesia jika ada jenis tersebut dapat dipakai judul paper **CADANGAN KARBON EKOSISTEM MANGROVE DI SULAWESI UTARA DAN IMPLIKASINYA PADA AKSI MITIGASI PERUBAHAN IKLIM**

Commented [Editor5]: Ini mengindikasikan besarnya pasokan air tawar karena posisi di sungai besar Musi ini sebelumnya bisa sebagai penguatan di pendahuluan katbel lokasi penelitian yang diverifikasi dengan hasil penelitian dan dapat dibahas di pembahasan dengan lebih detil keunikan nipah

Tabel 2. Sebaran Jenis Mangrove Tiap Stasiun

JENIS	STASIUN							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Mayor								
<i>A. alba</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>A. marina</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>B. sexangula</i>	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>K. candel</i>	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>N. fruticans</i>	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>R. apiculata</i>	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>S. caseolaris</i>	-	+	-	+	+	-	-	-
Minor								
<i>A. aureum</i>	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Aegiceras sp.</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>E. agallocha</i>	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>X. granatum</i>	-	-	+	-	-	-	-	-

Keterangan : + (Ada) - (Tidak Ada)

Tabel 2. Indeks Nilai Penting (INP)

Stasiun	Jenis	%KR	%FR	%DR	INP
1	<i>A. alba</i>	17,14	20	69,09	106,24
	<i>K. candel</i>	28,57	20	22,62	71,19
	<i>B. sexangula</i>	5,71	20	1,11	26,83
	<i>E. agallocha</i>	8,57	20	7,18	35,75
	<i>N. fruticans</i>	40	20		60
Total		100	100	100	300
2	<i>A. alba</i>	64,29	50	60,46	174,74
	<i>S. caseolaris</i>	19,05	16,67	37,08	72,80
	<i>A. marina</i>	16,67	33,33	2,46	52,46
Total		100	100	100	300
3	<i>K. candel</i>	32	16,67	35,55	84,22
	<i>B. sexangula</i>	20	16,67	38,07	74,74
	<i>R. apiculata</i>	12	16,67	18,45	47,12
	<i>X. granatum</i>	4	16,67	0,86	21,53
	<i>A. alba</i>	4	16,67	7,06	27,73
	<i>N. fruticans</i>	28	16,67		44,67
Total		100	100	100	300
4	<i>R. apiculata</i>	11,76	33,33	62,53	107,63
	<i>S. caseolaris</i>	5,88	33,33	37,47	76,68
	<i>N. fruticans</i>	82,35	33,33		115,68
Total		100	100	100	300
5	<i>E. agallocha</i>	18,06	20	66,88	104,94
	<i>R. apiculata</i>	1,39	20	24,06	45,45
	<i>S. caseolaris</i>	2,78	20	9,06	31,84
	<i>N. fruticans</i>	77,78	40		117,78
Total		100	100	100	300
6	<i>N. fruticans</i>	100	100		200
Total		100	100		200
7	<i>N. fruticans</i>	100	100		200
Total		100	100		200
8	<i>N. fruticans</i>	100	100		200
Total		100	100		200

Keterangan : KR : Kerapatan relatif, FR : Frekuensi relatif, DR : Dominansi relatif, INP : Indeks nilai penting

Struktur komunitas mangrove berdasarkan perhitungan kerapatan relatif, frekuensi relatif, dominansi relatif dan indeks nilai penting (INP) serta indeks keanekaragaman (H'). Mengacu pada

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 tahun 2004 Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove, pada stasiun 1, 2, 3, dan 6 memiliki nilai kerapatan mangrove

Deleted: 3

dalam kategori sedang (≥ 1000 –< 1500 pohon per hektar) dan pada stasiun 4, 5, 7, dan 8 memiliki nilai kerapatan mangrove dalam kategori sangat padat (≥ 1500 pohon per hektar).

Total kerapatan setiap jenis mangrove di Pulau Payung tertinggi dimiliki oleh jenis *N. fruticans* yaitu 12067 ind/ha. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan di Pulau Payung sangat mendukung pertumbuhan jenis *N. fruticans*, sesuai dengan yang dinyatakan Noor *et al.* (2006) bahwa *N. fruticans* tumbuh dengan baik di perairan payau hingga hampir tawar. Total kerapatan terbesar selanjutnya adalah jenis *A. alba* sebanyak 1150 ind/ha. Hal ini dapat disebabkan jenis *A. alba* mampu beradaptasi pada kawasan yang selalu digenangi walaupun saat pasang rendah dan toleransi terhadap kadar garam.

Sedangkan total kerapatan terendah dimiliki oleh jenis *X. granatum* yaitu 50 ind/ha, hal ini dapat disebabkan jenis *X. granatum* umumnya hidup pada kawasan yang lebih dekat ke daratan (Noor *et al.*, 2006). Kemudian nilai total kerapatan untuk jenis vegetasi yang tergolong langka (*endangered*) di Indonesia yaitu *K. candel* (Suwignyo *et al.*, 2008) sebanyak 733 ind/ha. Jenis *K. candel* merupakan mangrove yang toleran pada salinitas rendah (Shiau *et al.*, 2016) dan tahan pada salinitas tinggi serta tumbuh di zona pasang surut di lautan tropis dan subtropis (Xing *et al.*, 2019).

Nilai kerapatan relatif dan frekuensi relatif tertinggi terdapat pada jenis *N. fruticans* dan nilai dominansi relatif terdapat pada jenis *A. alba* sebesar 69% (Tabel 3). Hasil indeks nilai penting (INP) menunjukkan nilai tertinggi berada pada jenis *N. fruticans*. Selanjutnya hasil analisis nilai indeks keanekaragaman (*H'*) mangrove di Pulau Payung adalah 1,21. Nilai indeks di Pulau Payung pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian Afriyani *et al.* (2017) di Pulau Payung yaitu 1,16 dan lebih tinggi dari nilai rata-rata indeks keanekaragaman mangrove di Sungai Sembilang dan Sungai Bungin, Kabupaten Banyuasin, masing-masing yaitu 1,13 dan 1,08 (Sarno *et al.*, 2015).

Biomassa dan Simpanan Karbon Tegakan dan Akar Mangrove

Biomassa dan Stok Karbon Tegakan Mangrove

Berdasarkan hasil perhitungan biomassa dan simpanan karbon pada tegakan mangrove, jenis *A. alba* memiliki nilai biomassa terbesar yaitu 385,21 ton/ha dan simpanan karbon terbesar yaitu 181,05 tonC/ha. Nilai biomassa terbesar selanjutnya adalah jenis *R. apiculata* sebesar 203,52 ton/ha dengan simpanan karbon sebesar

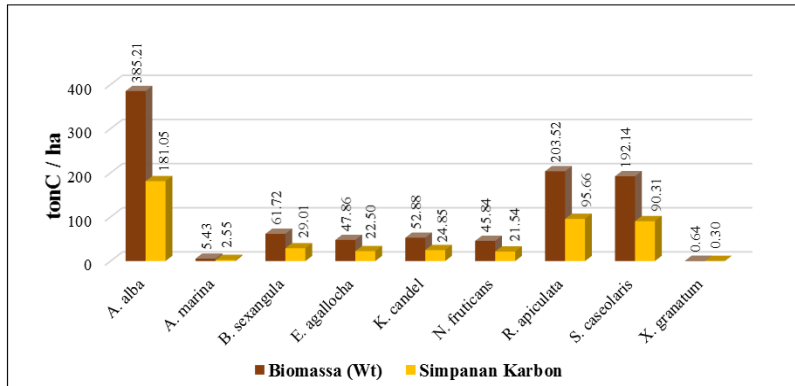
95,66 tonC/ha. Nilai biomassa tegakan jenis *S. caseolaris* yaitu 192,14 ton/ha ind/ha dan stok karbon yang dimiliki *S. caseolaris* adalah 90,31 tonC/ha. Nilai biomassa tegakan jenis *B. sexangula* yaitu 61,72 ton/ha dan simpanan karbon yaitu 29,01 tonC/ha. Nilai biomassa tegakan jenis *E. agallocha* yaitu 47,86 ton/ha dan simpanan karbon yaitu 22,5 tonC/ha. Jenis *K. candel* memiliki nilai biomassa tegakan sebesar 52,88 ton/ha dan simpanan karbon sebesar 24,85 tonC/ha. Nilai biomassa jenis *N. fruticans* adalah 45,84 ton/ha dengan simpanan karbon *N. fruticans* sebesar 21,54 tonC/ha. Nilai biomassa terkecil berada pada jenis *X. granatum* yaitu 0,64 ton/ha dengan simpanan karbon 0,3 tonC/ha. Nilai biomassa dan simpanan karbon tertinggi dimiliki oleh jenis *A. alba* dikarenakan nilai kerapatan dan dominansi jenis juga besar.

Berdasarkan hasil perhitungan didapat bahwa nilai simpanan karbon dipengaruhi oleh biomassa mangrove, semakin besar biomassa maka semakin besar simpanan karbon. Besar kecilnya nilai biomassa dipengaruhi oleh diameter batang, massa jenis kayu. Hasil perhitungan biomassa dan simpanan karbon tiap jenis tegakan mangrove di Pulau Payung dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil perhitungan biomassa dan simpanan karbon di tiap stasiun menunjukkan nilai yang bervariasi. Nilai biomassa dan simpanan karbon tegakan terbesar berada di stasiun 2 yaitu 391,44 ton/ha dan 183,98 tonC/ha yang didominasi oleh jenis *A. alba*. Nilai biomassa dan simpanan karbon tegakan terbesar selanjutnya berada pada stasiun 4 yaitu 179,67 ton/ha dan 84,44 tonC/ha.

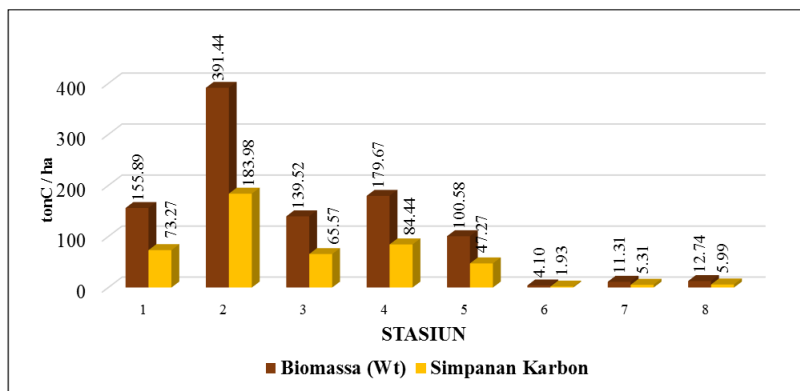
Pada stasiun 6, 7, 8 yang didominasi jenis *N. fruticans* memiliki nilai biomassa dan simpanan karbon berturut-turut sebesar 4,1 ton/ha dan 1,93 tonC/ha, 11,31 ton/ha dan 5,31 tonC/ha, dan 12,74 ton/ha dan 5,99 tonC/ha. Nilai rata-rata biomassa dan simpanan karbon tegakan atas di setiap stasiun Pulau Payung adalah 124,4 ton/ha dan 53,8 tonC/ha. Hasil perhitungan biomassa dan simpanan karbon tegakan mangrove di tiap stasiun pengamatan di Pulau Payung dapat dilihat pada Gambar 4. Umumnya setiap jenis mangrove memiliki nilai biomassa yang berbeda karena kemampuan serapan dan penyimpanan karbon yang berbeda, hal ini dapat dianalisis berdasarkan nilai massa jenis pohon, diameter pohon atau tinggi pohon (Rahman *et al.*, 2017). Biomassa pohon terbentuk dari senyawa karbohidrat yang dihasilkan dari fotosintesis, terdiri dari unsur oksigen (O), karbon (C), dan hidrogen (H), dimana sebagian besar biomassa terdiri atas karbon (Suryono *et al.*, 2018) dan menyimpan karbon sebesar 47% (Prasetyo *et al.*, 2017).

Commented [Editor6]: Bisa dibandingkan/ditambahkan dari ref yang ada dengan kondisi yang mirip seperti di daerah Kalimantan dan papua

Formatted: Indent: First line: 0.39"



Gambar 3. Biomassa dan Simpanan Karbon Tegakan Tiap Jenis Mangrove



Gambar 4. Biomassa dan Simpanan Karbon Tegakan Mangrove Tiap Stasiun

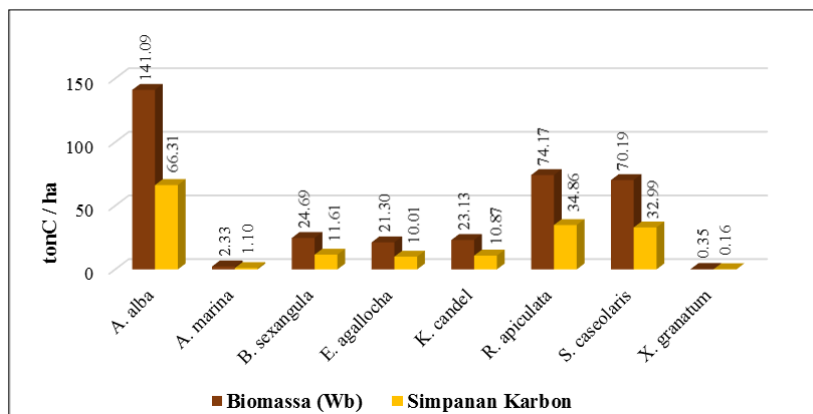
Biomassa dan Stok Karbon Akar Mangrove

Berdasarkan hasil perhitungan biomassa dan simpanan karbon pada akar mangrove menggunakan metode allometrik, nilai biomassa terbesar dimiliki oleh jenis *A. alba* yaitu 141,09 ton/ha dan simpanan karbon terbesar yaitu 66,31 tonC/ha. Jenis *R. apiculata* memiliki nilai biomassa dan simpanan karbon akar terbesar ke-2 yaitu 74,17 ton/ha dan 34,86 tonC/ha. Selanjutnya nilai biomassa dan simpanan karbon akar jenis *S. caseolaris* yaitu 70,19 ton/ha dan 32,99 tonC/ha. Kemudian jenis *X. granatum* memiliki nilai biomassa dan simpanan karbon akar terkecil yaitu 0,35 ton/ha dan 0,16 tonC/ha. Sedangkan biomassa dan simpanan karbon akar pada jenis *N. fruticans* tidak dihitung. Hasil perhitungan

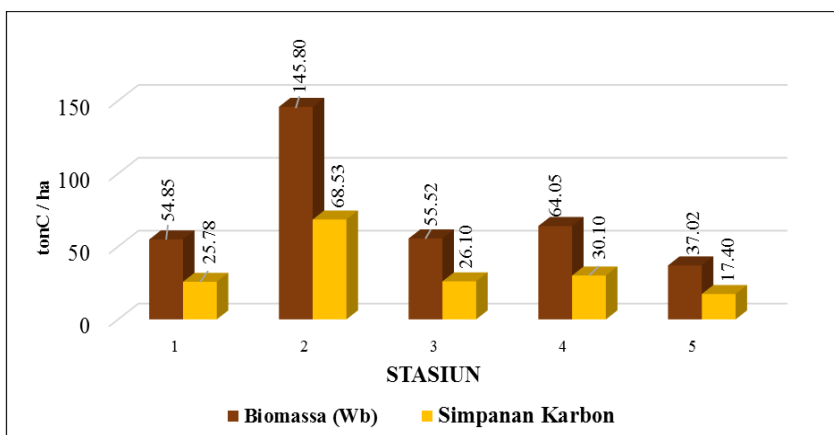
biomassa dan simpanan karbon akar setiap jenis mangrove dapat dilihat pada Gambar 5.

Pada hasil perhitungan biomassa dan simpanan karbon akar tiap stasiun, nilai biomassa dan simpanan karbon akar terbesar berada di stasiun 2 sebesar 145,80 ton/ha dan 68,53 tonC/ha. Selanjutnya nilai biomassa dan simpanan karbon akar terbesar ke 2 berada di stasiun 4 yaitu 64,05 ton/ha dan 30,10 tonC/ha. Sedangkan pada stasiun 5 memiliki nilai biomassa dan simpanan karbon akar terkecil yaitu 37,02 ton/ha dan 17,40 tonC/ha. Nilai rata-rata biomassa dan simpanan karbon akar tiap stasiun adalah 71,44 ton/ha dan 33,58 tonC/ha. Hasil biomassa dan simpanan karbon akar tiap stasiun disajikan pada Gambar 6.

Commented [Editor7]: Menarik membahas stok karbon biomassa pada akar walau sudah ada allometrik untuk below ground namun ada ketidak pastian terkait dengan struktur yang terbangun di dalam tanah, dimana setiap jenis mangrove memiliki ke khasan sendiri, pembahasan ini mungkin dapat ditambah dengan literatur seperti
 Komiya A, Ogino K, Aksornkoae S, Sabhasri S. Root biomass of a mangrove forest in southern Thailand.
 1. Estimation by the trench method and the zonal structure of root biomass. J Trop Ecol. 1987. <https://doi.org/10.1017/S0266467400001826>
 2. Adame MF, Teutli C, Santini NS, Caamal JP, Zaldi 'var-Jimenez A, Hernandez R, et al. Root biomass and production of mangroves surrounding a karstic oligotrophic coastal lagoon. Wetlands. 2014. <https://doi.org/10.1007/s13157-014-0514-5>
 3. Adame MF, Cherian S, Reef R, Stewart-Koster B. Mangrove root biomass and the uncertainty of belowground carbon estimations. Forest Ecology and Management. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.08.016>



Gambar 5. Biomassa dan Stok Karbon Akar Tiap Jenis Mangrove



Gambar 6. Biomassa dan Stok Karbon Akar Mangrove Tiap Stasiun

Nilai rata-rata simpanan karbon akar mangrove di Pulau Payung lebih besar dibandingkan dengan penelitian Murdiyarso *et al.* (2015) di Taman Nasional Sembilang, Sumatera Selatan yaitu 27,9 MgC/ha, dan tidak jauh berbeda dari penelitian simpanan karbon akar Kepel *et al.* (2019) di Sulawesi Utara yaitu 10,78±44,20 MgC/ha. Namun lebih besar dari penelitian simpanan karbon akar Suryono *et al.* (2018) di Jembrana, Bali yaitu sebesar 57,69 ton/ha.

Perbedaan nilai simpanan karbon pada mangrove disebabkan oleh perbedaan jumlah

biomassa pohon, kesuburan tanah dan daya serap vegetasi yang berbeda (Ati *et al.*, 2014). Sedangkan biomassa menurut Rachmawati *et al.* (2014) mangrove dipengaruhi oleh kerapatan, diameter, tinggi, dan berat jenis kayu. Kepel *et al.* (2017) menyatakan bahwa hasil analisis perbandingan nilai biomassa antara bagian atas dan bawah pohon mangrove menunjukkan bahwa kontribusi karbon bagian bawah pohon mangrove lebih kecil dibanding bagian atas mangrove berkisar 29 - 45%.

Commented [Editor8]: Bisa diverifikasi dengan membuat korelasi sederhana antara DBH, kerapatan dengan biomaa

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada tegakan mangrove memiliki nilai rata-rata biomassa sebesar 124,4 ton/ha dan nilai rata-rata simpanan karbon sebesar 58,47 tonC/ha. Jenis *A. alba* memiliki simpanan karbon terbesar pada tegakan yaitu 181,05 tonC/ha dengan nilai biomassa tegakan sebesar 385,21 ton/ha.

Pada akar mangrove memiliki nilai rata-rata biomassa yaitu 71,44 ton/ha dan nilai rata-rata simpanan karbon yaitu 33,58 tonC/ha. Jenis *A. alba* paling besar menyimpan karbon pada akar yaitu 66,31 tonC/ha dengan nilai biomassa akar sebesar 141,09 ton/ha. Semakin besar nilai biomassa pohon maka akan semakin besar simpanan karbon.

DAFTAR PUSTAKA

- Asuk, S. A., Offiong, E. E., Ifebueme, N. M., & Akpaso, E. O. (2018). Species composition and diversity of mangrove swamp forest in southern Nigeria. *International Journal of Avian & Wildlife Biology*, 3(2): 159–164.
- Ati, R. N. A., Rustam, A., Kepel, T. L., Sudirman, N., Astrid, M., Daulat, A., . . . Hutahaean, A. A. (2014). Stok Karbon dan Struktur Komunitas Mangrove sebagai *Blue Carbon* di Tanjung Lesung, Banten. *Jurnal Segara*, 10(2): 119-127. doi:10.15578/segara.v10i2.23
- Center, W. A. Wood Density. Retrieved from <http://www.dbworldagroforestry.org>.
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among The Most Carbon-rich Forests in The Tropics. *Nature Geoscience*, 4: 293-297.
- Fourqurean, J., Johnson, B., Kauffman, J. B., Kennedy, H., Lovelock, C., & Saintilan, N. (2014). *Field Sampling of Vegetative Carbon Pools in Coastal Ecosystems: Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature*.
- Imiliyana, A., Muryono, M., & Purnobasuki, H. (2011). Estimasi Stok Karbon pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Camplong, Sampang-Madura. *Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam* 1-14.
- Isnaeni, R., Ardli, E. R., & Yani, E. (2019). Kajian Pendugaan Biomassa dan Stok Karbon pada *Nypa fruticans* di Kawasan Segara Anakan bagian Barat, Cilacap. *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 1(2): 156-162.
- Karimah. (2017). Peran Ekosistem Hutan Mangrove sebagai Habitat untuk Organisme Laut. *Jurnal Biologi Tropis*, 17(2): 51-58.
- Kepel, T. L., Ati, R. N. A., Daulat, A., Rustam, A., Suryono, D. D., Sudirman, N., . . . Hutahaean, A. A. (2019). Cadangan Karbon Ekosistem Mangrove di Sulawesi Utara dan Implikasinya Pada Aksi Mitigasi Perubahan Iklim. *Jurnal Kelautan Nasional*, 14(2): 87-94.
- Kepel, T. L., Suryono, D. D., Ati, R. N. A., Salim, H. L., & Hutahaean, A. A. (2017). Nilai Penting dan Estimasi Nilai Ekonomi Simpanan Karbon Vegetasi Mangrove di Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Kelautan Nasional*, 12(1): 19-26.
- KepMenLH. (2004). Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. 201.
- Matsui, N., Okimori, Y., Takahashi, F., Matsumura, K., & Bamroongrugs, N. (2014). Nipa (*Nypa fruticans* Wurmb) Sap Collection in Southern Thailand II. Biomass and Soil Properties. *Environment and Natural Resources Research*, 4(4): 89-100.
- Muller-Dumbois, & Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetarian Ecology*. London: John Willey & Sons.
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J. B., Warren, M. W., Sasmito, S. D., Donato, D. C., . . . Kurnianto, S. (2015). The Potential of Indonesian Mangrove Forests for Global Climate Change Mitigation. *Nature Climate Change*, 5: 1089-1092.
- Mustofa, A. (2018). Praktik Pembibitan dan Revitalisasi Hutan Mangrove Pesisir Jepara. *Journal of Dedicators Community UNISNU JEPARA*, 2(1): 8-16.
- Noor, Y. R., Khazali, M., & Suryadiputra, I. N. N. (2006). *Panduan Pengenalan Mangrove di*

Indonesia. Bogor: IUCN Regional Biodiversity Programme for South and Southeast Asia.

- Prasetyo, D. P. B., Nuraini, R. A. T., & Supriyanti, E. (2017). Estimation Carbon Stock on Mangrove Vegetation at Mangrove Area of Ujung Piring Jepara District. *International Journal of Marine and Aquatic Resource Conservation and Co-existence*. 2(1): 38-45.
- Rachmawati, D., Setyobudiandi, I., & Hilmi, E. (2014). Potensi Estimasi Karbon Tersimpan pada Vegetasi Mangrove di Wilayah Pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *Omni-Akuatika*. 8(19): 85-91.
- Rahman, Effendi, H., & Rusmana, I. (2017). Estimasi Stok dan Serapan Karbon pada Mangrove di Sungai Tallo, Makassar. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 11: 19-28.
- Sarno, Suwignyo, R. A., Dahlan, Z., Munandar, & Ridho, M. R. (2015). Primary Mangrove Forest Structure and Biodiversity. *International Journal of Agriculture System*. 3(2): 135-141.
- Sarno, Suwignyo, R. A., Dahlan, Z., Munandar, Ridho, M. R., Aminasih, N., . . . Wildayana, E. (2017). Short Communication: The phenology of *Sonneratia alba* J. Smith in Berbak and Sembilang National Park, South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*. 18(3): 909-915.
- Setiawan, H. (2013). Status Ekologi Hutan Mangrove pada Berbagai Tingkat Ketebalan. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 2(2): 104-120.
- Shiau, Y.-J., Lee, S.-C., Chen, T.-H., Tian, G., & Chiu, C.-Y. (2016). Water Salinity Effects on Growth and Nitrogen Assimilation Rate of Mangrove (*Kandelia candel*) Seedlings. *Aquatic Botany*. 6.
- Sondak, C. F. A. (2015). Estimasi Potensi Penyerapan Karbon Biru (*Blue Carbon*) oleh Hutan Mangrove Sulawesi Utara. *Journal of Asean Studies on Maritime Issues*. 1(1): 24-29.
- Suryono, Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R., & Rozy, E. F. (2018). Estimasi Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseanografi Marina*. 7(1): 1-8.
- Suwignyo, R. A., Munandar, & Sarno. (2008). Konservasi *Kandelia candel* sebagai Upaya Menjaga Biodiversitas Hayati Mangrove. *Proceeding Seminar Nasional Biodiversitas II*.
- Tomlinson, P. B. (2016). *The Botany of Mangroves*: Cambridge University Press.
- Xing, J., Pan, D., Wang, L., Tan, F., & Chen, W. (2019). Proteomic and Physiological Responses in Mangrove *Kandelia candel* Roots Under Short-Term High-Salinity Stress. *Turkish Journal of Biology*. 43: 314-325.

**POTENSI SIMPANAN KARBON PADA BIOMASSA TEGAKAN DAN AKAR
MANGROVE DI KAWASAN LINDUNG PANTAI PULAU PAYUNG, KABUPATEN
BANYUASIN**

**POTENTIAL OF CARBON STORAGE ON STANDS AND ROOTS BIOMASS OF MANGROVE
IN THE PROTECTED PAYUNG ISLAND AREA, BANYUASIN DISTRICT**

Septi Hermialingga¹⁾, Rujito Agus Suwignyo²⁾, Tengku Zia Ulqodry³⁾

¹⁾ Program Studi Pengelolaan Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Sriwijaya

²⁾ Program Studi Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya

³⁾ Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Mangrove sangat efektif mengurangi karbon di atmosfer yang kemudian disimpan dalam bentuk biomassa. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan estimasi simpanan karbon pada tegakan dan akar mangrove. Penelitian ini dilakukan pada Bulan Februari 2020 di Pulau Payung, Kecamatan Banyuasin menggunakan metode *purposive sampling*. Perhitungan biomassa mangrove menggunakan metode persamaan allometrik. Hasil estimasi simpanan karbon dari biomassa tegakan dan akar mangrove yang terbesar yaitu jenis mangrove *A. alba* sedangkan yang terkecil yaitu jenis mangrove *X. granatum*. Biomassa dan stok karbon tegakan mangrove tiap stasiun yang tertinggi terdapat pada stasiun 2 dan terendah terdapat pada stasiun 6. Tegakan mangrove memiliki nilai rata-rata biomassa dan simpanan karbon yaitu 124,4 ton/ha dan 58,47 tonC/ha. Akar mangrove memiliki nilai rata-rata biomassa dan simpanan karbon yaitu 71,44 ton/ha dan 33,58 tonC/ha.

Kata Kunci : Mangrove, Biomassa, Karbon, Pulau Payung.

ABSTRACT

*Mangrove are very effective at reducing carbon in the atmosphere which is then transferred in the form of biomass. This research estimated carbon storage in mangrove stands and roots. This research was conducted at 8-9 February 2020 in Payung Island, Banyuasin District using a purposive sampling method. The calculation of mangrove biomass used the allometric calculation method. Mangrove *A. alba* showed the highest carbon storage of standing biomass and mangrove roots compared with other mangrove species. The highest biomass and carbon stock of mangrove stand at each station 2 and the lowest is at station 6. Mangrove stands had an average value of biomass and carbon storage of 124.4 ton/ha and 58.47 tonC/ha. Mangrove forests had an average value of biomass and carbon stock which is 71.44 ton/ha and 33.58 tonC/ha.*

Keywords : Mangrove, Biomass, Carbon, Payung Island

Corresponding author:
Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya. Email: zia_uul@unsri.ac.id

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan vegetasi unik yang hidup di zona pasang surut air laut (Mustofa, 2018), dan merupakan tumbuhan yang mempunyai peranan penting utama di lingkungan pesisir (Ulqodry *et al.*, 2014). Menurut Karimah (2017) Indonesia memiliki hutan mangrove terluas di Asia bahkan dunia dengan luas kurang lebih 3,7 juta hektar dan secara ekologi ekosistem mangrove berfungsi sebagai tempat mencari makanan bagi biota dengan banyaknya bahan organik, tempat bertelur dan tempat pengasuhan biota perairan. Selain itu, vegetasi mangrove dapat berfungsi sangat efektif dalam menyerap karbondioksida (Setiawan, 2013).

Pada penelitian Donato *et al.* (2011) hutan mangrove Indo-Pasific mampu menyimpan karbon per hektar 4 kali lebih tinggi dari penyimpanan karbon di hutan tropis serta penyerapan karbon pada hutan mangrove 5 kali lebih cepat dibanding hutan tropis lainnya (Imiliyana *et al.*, 2011). Penyimpanan dan penyerapan karbondioksida sangat berperan untuk mengurangi konsentrasi gas CO₂ (Suryono *et al.*, 2018). Kepel *et al.* (2017) menyatakan bahwa mangrove menyimpan karbon dalam biomassa pohon seperti ranting, batang, akar, daun. Simpanan karbon dalam tubuh mangrove juga dapat terlepas sebagai emisi karbon ke atmosfer apabila terjadi degradasi dalam jumlah besar yang akan mempengaruhi pertambahan konsentrasi CO₂ di atmosfer (Sondak, 2015).

Pulau Payung merupakan kawasan hutan lindung menurut SK Menhut No. 866/Menhut-II/2014 dengan luas ± 490 Ha. Pulau Payung terletak di mulut muara Sungai Musi, salah satu sungai terpanjang di Sumatera, yang

menjadikannya mendapat pasokan air tawar yang sangat besar setiap harinya. Pulau Payung memiliki potensi mangrove alami terhadap penyerapan karbon dan belum ada penelitian mengenai estimasi biomassa dan simpanan karbon di Pulau Payung. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi besaran simpanan karbon pada biomassa tegakan dan akar mangrove menggunakan metode allometrik sebagai bahan pertimbangan pengambilan kebijakan adanya upaya pengelolaan dan pelestarian mangrove.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada Bulan Februari 2020 di Pulau Payung, Kabupaten Banyuasin dengan 8 stasiun lokasi pengamatan (Gambar 1). Secara geografis letak Pulau Payung berada pada koordinat 2° 22' 51" LS dan 104° 55' 16" BT.

Pengambilan Data

Pengambilan data analisis vegetasi dan biomassa dilakukan dengan metode *non destructive* menggunakan persamaan allometrik. Komunitas mangrove di Pulau Payung didominasi oleh jenis Nipah. Kondisi ketebalan mangrove sejati yang bukan Nipah relatif tipis yaitu dibawah 100 m. Untuk mengetahui kondisi komposisi mangrove di Pulau Payung dilakukan analisis vegetasi mangrove di 8 titik lokasi pengamatan menggunakan metode transek kuadrat sepanjang 50 m yang terdiri dari masing-masing 3 plot (10x10 m untuk kategori pohon) (Gambar 2). Selanjutnya diidentifikasi jenis mangrove dan diukur diameter pohon setinggi dada (DBH) di setiap plot (Bismark, 2011).

Commented [MOU1]: Menambahkan informasi keunikan pulau payung secara posisi dan karakteristiknya.

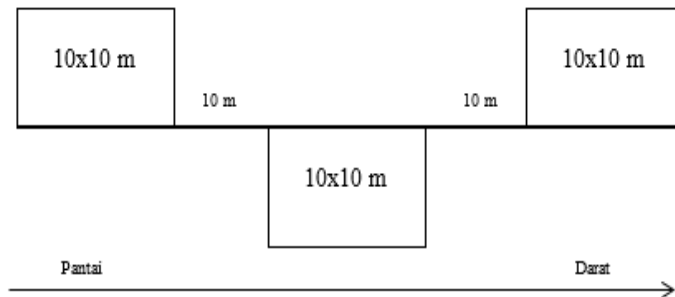
Commented [MOU2]: Menambahkan informasi justifikasi ketebalan mangrove.

Formatted: Font: (Default) Arial, 10 pt



Gambar 1. [Peta Lokasi Penelitian](#)

Commented [MOU3]: Mengganti insert Peta dengan Peta Indonesia.



Gambar 2. Desain transek mangrove

ANALISIS DATA

Analisis Vegetasi

Analisis vegetasi menghitung Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi Relatif (FR), dominasi relatif (DR), dan Indeks Nilai Penting (INP) (Kepel *et al.*, 2017) menggunakan rumus dari (Muller-Dumbois & Ellenberg, 1974) serta indeks keanekaragaman (H') Shannon-Wiener (Asuk *et al.*, 2018).

a. Kerapatan Jenis (K_i)

$$K_i = \frac{n_i}{A}$$

Keterangan :

n_i = jumlah total tegakan jenis-i (ind)
 A = Total luas areal plot (ha)

b. Kerapatan Relatif Jenis (KR)

$$KR = \left(\frac{n_i}{\sum n} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

n_i = Jumlah total tegakan jenis-i (ind)
 $\sum n$ = Jumlah total tegakan seluruh jenis (ind)

c. Frekuensi Jenis (F_i)

$$F_i = \frac{p_i}{\sum p}$$

Keterangan :

P_i = Jumlah plot ditemukan jenis-i
 $\sum p$ = Jumlah total plot

d. Frekuensi Relatif Jenis

$$FR = \left(\frac{F_i}{\sum F_i} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

F_i = Frekuensi jenis ke-i
 $\sum F$ = Jumlah frekuensi untuk jenis-i

e. Dominan Jenis (D_i)

$$D_i = \frac{\sum BA}{A}$$

Keterangan :

BA = $\pi d^2 / 4$ (d = DBH, π = 3,14)
 A = Luas total area pengambilan sampel (ha)

f. Dominan Relatif

$$DR = \left(\frac{D_i}{\sum D_i} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

D_i = Dominasi Jenis-i (m^2/ha)
 $\sum D_i$ = Jumlah total Dominasi jenis (m^2/ha)

g. Indeks Nilai Penting

$$INP(\%) = KR + FR + DR$$

h. Indeks Keanekaragaman

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

Keterangan :

S = Jumlah spesies
 P_i = n_i/N
 n_i = Jumlah individu dalam spesies
 N = Jumlah individu total

Biomassa Tegakan dan Akar

Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu dengan metode non destruktif sampel. Metode non-destruktif merupakan metode yang dilakukan dengan cara tidak memanen atau menebang pohon. Metode non destruktif menganalisis komponen dari batang, cabang dan daun menggunakan persamaan allometrik, dimana variabel bebasnya adalah dimensi diameter batang dan variabel terikatnya adalah biomassa.

Tabel 1. Nilai Densitas Kayu (ρ)

No.	Spesies	Wood Density (ρ)
1.	<i>Aegiceras corniculatum</i>	0,5967
2.	<i>Aegiceras floridum</i>	0,76
3.	<i>Avicennia alba</i>	0,6987
4.	<i>Avicennia marina</i>	0,7316
5.	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	0,741
6.	<i>Bruguiera sexangula</i>	0,83
7.	<i>Excoecaria agallocha</i>	0,4288
8.	<i>Kandelia candel</i>	0,5272
9.	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,8814
10.	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,8483
11.	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,94
12.	<i>Sonneratia alba</i>	0,6443
13.	<i>Sonneratia caseolaris</i>	0,5337
14.	<i>Xylocarpus granatum</i>	0,6721
15.	<i>Xylocarpus moluccensis</i>	0,6535

Sumber : World Agroforestry Centre (<http://db.worldagroforestry.org/wd>)

Pengukuran biomassa dilakukan dengan menggunakan persamaan allometrik dengan parameter diameter batang. Pendugaan biomassa berguna untuk mengetahui perubahan cadangan karbon di atmosfer ketika adanya hutan ditebang atau dibakar. Suatu ekosistem yang mempunyai nilai kerapatan tinggi dari suatu spesies pohon, biomasnya akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan areal mangrove yang memiliki kerapatan spesies yang lebih rendah (Isnaeni *et al.*, 2019). Hitung biomassa tegakan dan akar mangrove dengan persamaan allometrik (Fourqurean *et al.*, 2014).

$$Wt = 0,251 \cdot \rho \cdot (DBH)^{2,46}$$

Keterangan :

W = Biomasa tegakan (Kg)
 ρ = Densitas Batang (g/cm^3)
 DBH = Diameter Batang (cm)

$$Wb = 0,199 \cdot \rho^{0,899} \cdot (DBH)^{2,22}$$

Keterangan :

Wb = Biomasa akar (Kg)
 ρ = Densitas Batang (g/cm^3)
 DBH = Diameter Batang (cm)
 Nilai densitas kayu (ρ) setiap jenis mangrove dapat dilihat pada Tabel 1.

Untuk biomassa jenis *N. fruticans* dapat dihitung berdasarkan persamaan pada penelitian Matsui *et al.* (2014) dengan parameter nilai DBH (1,3 m) dan tinggi pelepah seperti berikut :

$$\text{Log DW} = 0,85 \times \text{Log D}^2L + 1,54$$

Keterangan :

DW = Berat Kering ($kg \cdot m^{-2}$)
 D = Diameter (m)
 L = Length (m)

Simpanan Karbon Biomassa

Menurut Kepel *et al.* (2019), persentase kandungan karbon biomassa mangrove berkisar antara 42-52%. Penelitian ini mengambil nilai tengah sebesar 47% untuk perhitungan simpanan karbon biomassa tegakan dan akar, sebagaimana juga dinyatakan oleh Prasetyo *et al.* (2017) :

$$C = W \times 0,47$$

Keterangan :

C = Jumlah karbon dalam biomassa (kg)
 W = Jumlah biomasa pada tegakan atas mangrove (kg)
 47% = Ketetapan persentase kandungan karbon pada biomassa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Ekosistem Mangrove di Pulau Payung

Komposisi jenis mangrove yang ditemukan di Pulau Payung saat penelitian terdapat 11 jenis mangrove, diantaranya jenis *A. alba*, *A. marina*, *B. sexangula*, *K. candel*, *N. fruticans*, *R. apiculata*, *S. caseolaris* yang termasuk dalam kategori mangrove mayor dan jenis *Aegiceras sp.*, *E. agallocha*, *X. granatum*, *A. aureum* yang termasuk dalam kategori mangrove minor. Mangrove mayor (mangrove sejati utama) tumbuh membentuk tegakan murni pada ekosistem mangrove, tidak ikut tumbuh pada tanaman darat, dan memiliki morfologi dan fisiologi sesuai dengan lingkungan. Mangrove minor (mangrove sejati tambahan) jarang tumbuh sebagai tegakan murni, dan biasanya tumbuh di tepian habitat mangrove (Tomlinson, 2016). Jenis mangrove yang sering dijumpai yaitu *N. fruticans* yang mendominasi kawasan Pulau Payung. Hal ini mengindikasikan bahwa ekosistem mangrove di Pulau Payung lebih banyak mendapat pasokan air tawar. Sebaran

Commented [MOU4]: Tambahkan penjelasan tentang kombinasi rumus antara Kepel et 2019 dengan Prasetyo et al 2017.

Commented [MOU5]: Ditambahkan statement bahwa lokasi penelitian memang benar-benar mendapat pengaruh pasokan air tawar yang cukup besar, sebagaimana di-informasikan sebelumnya di pendahuluan.

jenis mangrove disetiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sebaran Jenis Mangrove Tiap Stasiun

JENIS	STASIUN							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Mayor								
<i>A. alba</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>A. marina</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>B. sexangula</i>	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>K. candel</i>	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>N. fruticans</i>	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>R. apiculata</i>	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>S. caseolaris</i>	-	+	-	+	+	-	-	-
Minor								
<i>A. aureum</i>	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Aegiceras sp.</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>E. agallocha</i>	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>X. granatum</i>	-	-	+	-	-	-	-	-

Keterangan : + (Ada) - (Tidak Ada)

Tabel 2. Indeks Nilai Penting (INP)

Stasiun	Jenis	%KR	%FR	%DR	INP
1	<i>A. alba</i>	17,14	20	69,09	106,24
	<i>K. candel</i>	28,57	20	22,62	71,19
	<i>B. sexangula</i>	5,71	20	1,11	26,83
	<i>E. agallocha</i>	8,57	20	7,18	35,75
	<i>N. fruticans</i>	40	20		60
Total		100	100	100	300
2	<i>A. alba</i>	64,29	50	60,46	174,74
	<i>S. caseolaris</i>	19,05	16,67	37,08	72,80
	<i>A. marina</i>	16,67	33,33	2,46	52,46
Total		100	100	100	300
3	<i>K. candel</i>	32	16,67	35,55	84,22
	<i>B. sexangula</i>	20	16,67	38,07	74,74
	<i>R. apiculata</i>	12	16,67	18,45	47,12
	<i>X. granatum</i>	4	16,67	0,86	21,53
	<i>A. alba</i>	4	16,67	7,06	27,73
	<i>N. fruticans</i>	28	16,67		44,67
Total		100	100	100	300
4	<i>R. apiculata</i>	11,76	33,33	62,53	107,63
	<i>S. caseolaris</i>	5,88	33,33	37,47	76,68
	<i>N. fruticans</i>	82,35	33,33		115,68
Total		100	100	100	300
5	<i>E. agallocha</i>	18,06	20	66,88	104,94
	<i>R. apiculata</i>	1,39	20	24,06	45,45
	<i>S. caseolaris</i>	2,78	20	9,06	31,84
	<i>N. fruticans</i>	77,78	40		117,78
Total		100	100	100	300
6	<i>N. fruticans</i>	100	100		200
Total		100	100		200
7	<i>N. fruticans</i>	100	100		200
Total		100	100		200
8	<i>N. fruticans</i>	100	100		200
Total		100	100		200

Keterangan : KR : Kerapatan relatif, FR : Frekuensi relatif, DR : Dominansi relatif, INP : Indeks nilai penting

Struktur komunitas mangrove berdasarkan perhitungan kerapatan relatif, frekuensi relatif,

dominansi relatif dan indeks nilai penting (INP) serta indeks keanekaragaman (H'). Mengacu pada

Deleted: 3

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 tahun 2004 Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove, pada stasiun 1, 2, 3, dan 6 memiliki nilai kerapatan mangrove dalam kategori sedang (≥ 1000 – < 1500 pohon per hektar) dan pada stasiun 4, 5, 7, dan 8 memiliki nilai kerapatan mangrove dalam kategori sangat padat (≥ 1500 pohon per hektar).

Total kerapatan setiap jenis mangrove di Pulau Payung tertinggi dimiliki oleh jenis *N. fruticans* yaitu 12067 ind/ha. Hal ini dapat disebabkan karena kondisi lingkungan di Pulau Payung dipengaruhi oleh pasang surut air laut yang tergolong ekosistem estuaria atau perairan payau sehingga sangat mendukung pertumbuhan jenis *N. fruticans*, sesuai dengan yang dinyatakan Noor *et al.* (2006) bahwa *N. fruticans* tumbuh dengan baik di perairan payau hingga hampir tawar. Kondisi perairan yang sama dengan Pulau Payung terdapat di kawasan pesisir Selatan Delta Mahakam, Kalimantan Timur dipengaruhi oleh pencampuran air tawar dan air laut sehingga kawasan ini juga didominasi oleh mangrove jenis *N. fruticans* yaitu seluas 4.822,5 Ha (Mursalin *et al.*, 2014). Sebaran *N. fruticans* utamanya tumbuh di daerah equator dan biasanya membentuk komunitas murni yang luas di sepanjang sungai dekat muara hingga sungai dengan air payau, Indonesia memiliki areal Nipah terluas yaitu 700.000 ha dibanding Papua Nugini dan Filipina (Subiandono *et al.*, 2011).

Total kerapatan terbesar selanjutnya adalah jenis *A. alba* sebanyak 1150 ind/ha. Hal ini dapat disebabkan jenis *A. alba* mampu beradaptasi pada kawasan yang selalu digenangi walaupun saat pasang rendah dan toleransi terhadap kadar garam. Sedangkan total kerapatan terendah dimiliki oleh jenis *X. granatum* yaitu 50 ind/ha, hal ini dapat disebabkan jenis *X. granatum* umumnya hidup pada kawasan yang lebih dekat ke daratan (Noor *et al.*, 2006). Kemudian nilai total kerapatan untuk jenis vegetasi yang tergolong langka (*endangered*) di Indonesia yaitu *K. candel* (Suwignyo *et al.*, 2008) sebanyak 733 ind/ha. Jenis *K. candel* merupakan mangrove yang toleran pada salinitas rendah (Shiau *et al.*, 2016) dan tahan pada salinitas tinggi serta tumbuh di zona pasang surut di lautan tropis dan subtropis (Xing *et al.*, 2019).

Nilai kerapatan relatif dan frekuensi relatif tertinggi terdapat pada jenis *N. fruticans* dan nilai dominansi relatif terdapat pada jenis *A. alba* sebesar 69% (Tabel 3). Hasil indeks nilai penting (INP) menunjukkan nilai tertinggi berada pada jenis *N. fruticans*. Selanjutnya hasil analisis nilai indeks keanekaragaman (H') mangrove di Pulau Payung adalah 1,21. Nilai indeks di Pulau Payung pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian

Afriyani *et al.* (2017) di Pulau Payung yaitu 1,16 dan lebih tinggi dari nilai rata-rata indeks keanekaragaman mangrove di Sungai Sembilang dan Sungai Bungin, Kabupaten Banyuasin, masing-masing yaitu 1,13 dan 1,08 (Sarno *et al.*, 2015).

Biomassa dan Simpanan Karbon Tegakan dan Akar Mangrove

Biomassa dan Stok Karbon Tegakan Mangrove

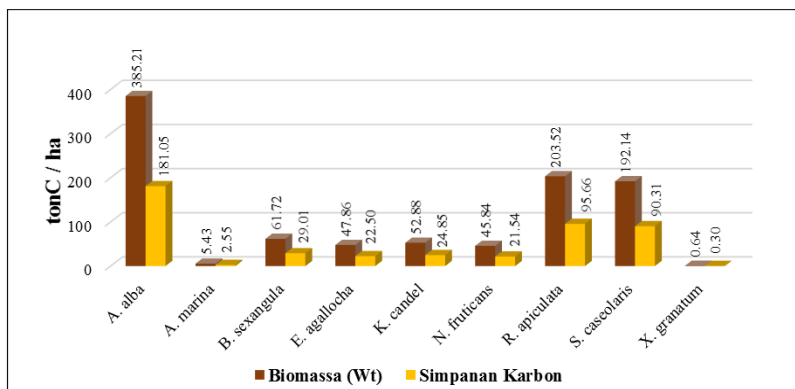
Dalam upaya menjaga kelestarian mangrove, maka sejak dini perlu diketahui potensi serapan atau simpanan karbon yang dimiliki oleh mangrove di suatu kawasan (Ulqodry *et al.*, 2020). Berdasarkan hasil perhitungan biomassa dan simpanan karbon pada tegakan mangrove, jenis *A. alba* memiliki nilai biomassa terbesar yaitu 385,21 ton/ha dan simpanan karbon terbesar yaitu 181,05 tonC/ha. Nilai biomassa terbesar selanjutnya adalah jenis *R. apiculata* sebesar 203,52 ton/ha dengan simpanan karbon sebesar 95,66 tonC/ha. Nilai biomassa tegakan jenis *S. caseolaris* yaitu 192,14 ton/ha ind/ha dan stok karbon yang dimiliki *S. caseolaris* adalah 90,31 tonC/ha. Nilai biomassa tegakan jenis *B. sexangula* yaitu 61,72 ton/ha dan simpanan karbon yaitu 29,01 tonC/ha. Nilai biomassa tegakan jenis *E. agallocha* yaitu 47,86 ton/ha dan simpanan karbon yaitu 22,5 tonC/ha. Jenis *K. candel* memiliki nilai biomassa tegakan sebesar 52,88 ton/ha dan simpanan karbon sebesar 24,85 tonC/ha. Nilai biomassa jenis *N. fruticans* adalah 45,84 ton/ha dengan simpanan karbon *N. fruticans* sebesar 21,54 tonC/ha. Nilai biomassa terkecil berada pada jenis *X. granatum* yaitu 0,64 ton/ha dengan simpanan karbon 0,3 tonC/ha. Nilai biomassa dan simpanan karbon tertinggi dimiliki oleh jenis *A. alba* dikarenakan nilai kerapatan dan dominansi jenis juga besar.

Berdasarkan hasil perhitungan didapat bahwa nilai simpanan karbon dipengaruhi oleh biomassa mangrove, semakin besar biomassa maka semakin besar simpanan karbon. Besar kecilnya nilai biomassa dipengaruhi oleh diameter batang, massa jenis kayu. Hasil perhitungan biomassa dan simpanan karbon tiap jenis tegakan mangrove di Pulau Payung dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil perhitungan biomassa dan simpanan karbon di tiap stasiun menunjukkan nilai yang bervariasi. Nilai biomassa dan simpanan karbon tegakan terbesar berada di stasiun 2 yaitu 391,44 ton/ha dan 183,98 tonC/ha yang di dominasi oleh jenis *A. alba*. Nilai biomassa dan simpanan karbon tegakan terbesar selanjutnya berada pada stasiun 4 yaitu 179,67 ton/ha dan 84,44 tonC/ha.

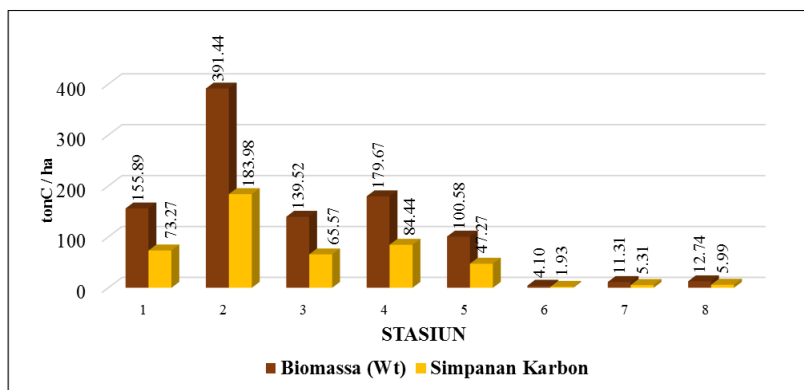
Commented [MOU6]: Penambahan referensi atau pembandingan dari daerah lain.

Pada stasiun 6, 7, 8 yang di dominasi jenis *N. fruticans* memiliki nilai biomassa dan simpanan karbon berturut-turut sebesar 4,1 ton/ha dan 1,93 tonC/ha, 11,31 ton/ha dan 5,31 tonC/ha, dan 12,74 ton/ha dan 5,99 tonC/ha. Nilai rata-rata biomassa dan simpanan karbon tegakan atas di setiap stasiun Pulau Payung adalah 124,4 ton/ha dan 53,8 tonC/ha. Hasil perhitungan biomassa dan simpanan karbon tegakan mangrove di tiap stasiun pengamatan di Pulau Payung dapat dilihat pada Gambar 4. Umumnya setiap jenis mangrove memiliki nilai biomassa yang berbeda karena

kemampuan serapan dan penyimpanan karbon yang berbeda, hal ini dapat dianalisis berdasarkan nilai massa jenis pohon, diameter pohon atau tinggi pohon (Rahman *et al.*, 2017). Biomassa pohon terbentuk dari senyawa karbohidrat yang dihasilkan dari fotosintesis, terdiri dari unsur oksigen (O), karbon (C), dan hidrogen (H), dimana sebagian besar biomassa terdiri atas karbon (Suryono *et al.*, 2018) dan menyimpan karbon sebesar 47% (Prasetyo *et al.*, 2017).



Gambar 3. Biomassa dan Simpanan Karbon Tegakan Tiap Jenis Mangrove



Gambar 4. Biomassa dan Simpanan Karbon Tegakan Mangrove Tiap Stasiun

Biomassa dan Stok Karbon Akar Mangrove

Berdasarkan hasil perhitungan biomassa dan simpanan karbon pada akar mangrove

menggunakan metode allometrik, nilai biomassa terbesar dimiliki oleh jenis *A. alba* yaitu 141,09 ton/ha dan simpanan karbon terbesar yaitu 66,31 tonC/ha. Jenis *R. apiculata* memiliki nilai biomassa

Commented [Editor7]: Menarik membahas stok karbon biomassa pada akar walau sudah ada allometrik untuk below ground namun ada ketidak pastian terkait dengan struktur yang terbangun di dalam tanah, dimana setiap jenis mangrove memiliki ke khasan sendiri, pembahasan ini mungkin dapat ditambah dengan literatur seperti

Komiyama A, Ogino K, Aksornkoae S, Sabhasri S. Root biomass of a mangrove forest in southern Thailand.

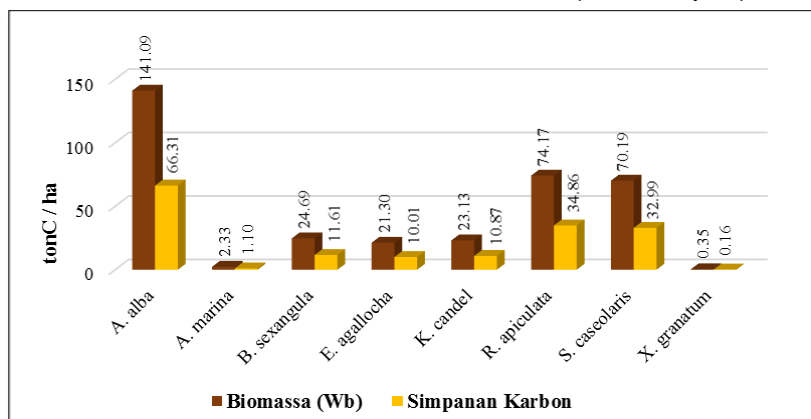
1. Estimation by the trench method and the zonal structure of root biomass. J Trop Ecol. 1987. <https://doi.org/10.1017/S0266467400001826>

2. Adame MF, Teutli C, Santini NS, Caamal JP, Zaldi 'var-Jimenez A, Hernandez R, et al. Root biomass and production of mangroves surrounding a karstic oligotrophic coastal lagoon. Wetlands. 2014. <https://doi.org/10.1007/s13157-014-0514-5>

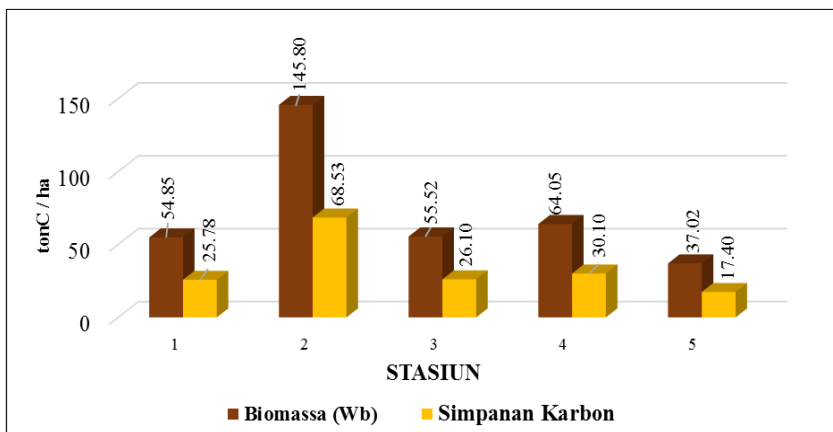
3. Adame MF, Cherian S, Reef R, Stewart-Koster B. Mangrove root biomass and the uncertainty of belowground carbon estimations. Forest Ecology and Management. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.08.016>

dan simpanan karbon akar terbesar ke-2 yaitu 74,17 ton/ha dan 34,86 tonC/ha. Selanjutnya nilai biomassa dan simpanan karbon akar jenis *S. caseolaris* yaitu 70,19 ton/ha dan 32,99 tonC/ha. Kemudian jenis *X. granatum* memiliki nilai biomassa dan simpanan karbon akar terkecil yaitu 0,35 ton/ha dan 0,16 tonC/ha. Sedangkan biomassa dan simpanan karbon akar pada jenis *N. fruticans* tidak dihitung. Hasil perhitungan biomassa dan simpanan karbon akar setiap jenis mangrove dapat dilihat pada Gambar 5.

Pada hasil perhitungan biomassa dan simpanan karbon akar tiap stasiun, nilai biomassa dan simpanan karbon akar terbesar berada di stasiun 2 sebesar 145,80 ton/ha dan 68,53 tonC/ha. Selanjutnya nilai biomassa dan simpanan karbon akar terbesar ke 2 berada di stasiun 4 yaitu 64,05 ton/ha dan 30,10 tonC/ha. Sedangkan pada stasiun 5 memiliki nilai biomassa dan simpanan karbon akar terkecil yaitu 37,02 ton/ha dan 17,40 tonC/ha. Nilai rata-rata biomassa dan simpanan karbon akar tiap stasiun adalah 71,44 ton/ha dan 33,58 tonC/ha. Hasil biomassa dan simpanan karbon akar tiap stasiun disajikan pada Gambar 6.



Gambar 5. Biomassa dan Stok Karbon Akar Tiap Jenis Mangrove



Gambar 6. Biomassa dan Stok Karbon Akar Mangrove Tiap Stasiun

Nilai rata-rata simpanan karbon akar mangrove di Pulau Payung lebih besar

dibandingkan dengan penelitian Murdiyarso *et al.* (2015) di Taman Nasional Sembilang, Sumatera

Selatan yaitu 27,9 MgC/ha, dan tidak jauh berbeda dari penelitian simpanan karbon akar Kepel *et al.* (2019) di Sulawesi Utara yaitu 10,78±44,20 MgC/ha. Namun lebih besar dari penelitian simpanan karbon akar Suryono *et al.* (2018) di Jembrana, Bali yaitu sebesar 57,69 ton/ha. Tingginya nilai karbon biomassa mangrove dibandingkan daerah lain bisa dikarenakan memang kondisi nyata di lapangan, bisa juga dikarenakan penggunaan metoda non-destruktif melalui pendekatan allometrik. Menurut Adame *et al.* (2017), biomassa akar yang diestimasi dengan persamaan alometrik umum (Komiya *et al.*, 2005) cenderung 40 ± 12% lebih tinggi dari biomassa akar yang diukur langsung di lapangan. Hal ini bisa disebabkan karena ada ketidak pastian terkait dengan struktur yang terbangun di dalam tanah, dimana setiap jenis mangrove memiliki ke khasan sendiri.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada tegakan mangrove memiliki nilai rata-rata biomassa sebesar 124,4 ton/ha dan nilai rata-rata simpanan karbon sebesar 58,47 tonC/ha. Jenis *A. alba* memiliki simpanan karbon terbesar pada tegakan yaitu 181,05 tonC/ha dengan nilai biomassa tegakan sebesar 385,21 ton/ha.

Pada akar mangrove memiliki nilai rata-rata biomassa yaitu 71,44 ton/ha dan nilai rata-rata simpanan karbon yaitu 33,58 tonC/ha. Jenis *A. alba* paling besar menyimpan karbon pada akar yaitu 66,31 tonC/ha dengan nilai biomassa akar sebesar 141,09 ton/ha. Semakin besar nilai biomassa pohon maka akan semakin besar simpanan karbon.

DAFTAR PUSTAKA

- Adame, M.F., Cherian, S., Reef, R & Stewart-Koster, B. (2017). Mangrove root biomass and the uncertainty of belowground carbon estimations. *Forest Ecology and Management* 403: 52–60.
- Asuk, S. A., Offiong, E. E., Ifebueme, N. M., & Akpaso, E. O. (2018). Species composition and diversity of mangrove swamp forest in southern Nigeria. *International Journal of Avian & Wildlife Biology*. 3(2): 159–164.
- Ati, R. N. A., Rustam, A., Kepel, T. L., Sudirman, N., Astrid, M., Daulat, A., . . . Hutahaean, A. A. (2014). Stok Karbon dan Struktur Komunitas Mangrove sebagai *Blue Carbon* di Tanjung Lesung, Banten. *Jurnal*

Perbedaan nilai simpanan karbon pada mangrove disebabkan oleh perbedaan jumlah biomassa pohon, kesuburan tanah dan daya serap vegetasi yang berbeda (Ati *et al.*, 2014). Sedangkan biomassa menurut Rachmawati *et al.* (2014) mangrove dipengaruhi oleh kerapatan, diameter, tinggi, dan berat jenis kayu. Hasil penelitian ini juga menunjukkan pola hubungan yang positif antara kerapatan mangrove dengan biomassa ($r=0,33$) dan antara diameter mangrove dengan nilai biomassa ($r=0,68$). Kepel *et al.* (2017) menyatakan bahwa hasil analisis perbandingan nilai biomassa antara bagian atas dan bawah pohon mangrove menunjukkan bahwa kontribusi karbon bagian bawah pohon mangrove lebih kecil dibanding bagian atas mangrove berkisar 29 - 45%.

Segara. 10(2): 119-127.
doi:10.15578/segara.v10i2.23

Center, W. A. Wood Density. Retrieved from <http://www.dbworldagroforestry.org>

Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarto, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among The Most Carbon-rich Forests in The Tropics. *Nature Geoscience*. 4: 293-297.

Fourqurean, J., Johnson, B., Kauffman, J. B., Kennedy, H., Lovelock, C., & Saintilan, N. (2014). *Field Sampling of Vegetative Carbon Pools in Coastal Ecosystems: Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature.*

Imiliyana, A., Muryono, M., & Purnobasuki, H. (2011). Estimasi Stok Karbon pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Camplong, Sampang-Madura. *Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam* 1-14.

Isnaeni, R., Ardli, E. R., & Yani, E. (2019). Kajian Pendugaan Biomassa dan Stok Karbon pada *Nypa fruticans* di Kawasan Segara Anakan bagian Barat, Cilacap. *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*. 1(2): 156-162.

Karimah. (2017). Peran Ekosistem Hutan Mangrove sebagai Habitat untuk Organisme Laut. *Jurnal Biologi Tropis*. 17(2): 51-58.

Commented [MOU9]: Penambahan informasi pola hubungan kerapatan dan diameter dengan nilai biomassa serta nilai korelasinya, dalam rangka memperkuat statement sebelumnya.

Commented [MOU8]: Penambahan informasi tentang penggunaan rumus allometric untuk menduga nilai biomassa akar yang cenderung over-estimate dari referensi Komiya *et al* 2005 dan adame *et al* 2017.

Field Code Changed

- Kepel, T. L., Ati, R. N. A., Daulat, A., Rustam, A., Suryono, D. D., Sudirman, N., . . . Hutahaean, A. A. (2019). Cadangan Karbon Ekosistem Mangrove di Sulawesi Utara dan Implikasinya Pada Aksi Mitigasi Perubahan Iklim. *Jurnal Kelautan Nasional*. 14(2): 87-94.
- Kepel, T. L., Suryono, D. D., Ati, R. N. A., Salim, H. L., & Hutahaean, A. A. (2017). Nilai Penting dan Estimasi Nilai Ekonomi Simpanan Karbon Vegetasi Mangrove di Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Kelautan Nasional*. 12(1): 19-26.
- KepMenLH. (2004). Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. 201.
- Komiyama, A., Pongpan, S., Kato, S. (2005). Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology* 21: 471-477.
- Matsui, N., Okimori, Y., Takahashi, F., Matsumura, K., & Bamroongruga, N. (2014). Nipa (*Nypa fruticans* Wurm) Sap Collection in Southern Thailand II. Biomass and Soil Properties. *Environment and Natural Resources Research*. 4(4): 89-100.
- Muller-Dombois, & Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetarian Ecology*. London: John Wiley & Sons.
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J. B., Warren, M. W., Sasmito, S. D., Donato, D. C., . . . Kurnianto, S. (2015). The Potential of Indonesian Mangrove Forests for Global Climate Change Mitigation. *Nature Climate Change*. 5: 1089-1092. doi:10.1038/NCLIMATE2734
- Mursalin, Nurjaya, I. W., & Effendi, H. (2014). Analisis Sensitivitas Lingkungan OSCP (*Oil Spill Contingency Plan*) di Pesisir Selatan Delta Mahakam, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 4(1): 84-95.
- Mustofa, A. (2018). Praktik Pembibitan dan Revitalisasi Hutan Mangrove Pesisir Jepara. *Journal of Dedicators Community UNISNU JEPARA*. 2(1): 8-16.
- Noor, Y. R., Khazali, M., & Suryadiputra, I. N. N. (2006). *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Bogor: IUCN Regional Biodiversity Programme for South and Southeast Asia.
- Prasetyo, D. P. B., Nuraini, R. A. T., & Supriyantini, E. (2017). Estimation Carbon Stock on Mangrove Vegetation at Mangrove Area of Ujung Piring Jepara District. *International Journal of Marine and Aquatic Resource Conservation and Co-existence*. 2(1): 38-45.
- Rachmawati, D., Setyobudiandi, I., & Hilmi, E. (2014). Potensi Estimasi Karbon Tersimpan pada Vegetasi Mangrove di Wilayah Pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *Omni-Akuatika*. 8(19): 85-91.
- Rahman, Effendi, H., & Rusmana, I. (2017). Estimasi Stok dan Serapan Karbon pada Mangrove di Sungai Tallo, Makassar. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 11: 19-28.
- Sarno, Suwignyo, R. A., Dahlan, Z., Munandar, & Ridho, M. R. (2015). Primary Mangrove Forest Structure and Biodiversity. *International Journal of Agriculture System*. 3(2): 135-141.
- Setiawan, H. (2013). Status Ekologi Hutan Mangrove pada Berbagai Tingkat Ketebalan. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 2(2): 104-120.
- Shiau, Y.-J., Lee, S.-C., Chen, T.-H., Tian, G., & Chiu, C.-Y. (2016). Water Salinity Effects on Growth and Nitrogen Assimilation Rate of Mangrove (*Kandelia candel*) Seedlings. *Aquatic Botany*: 6.
- Sondak, C. F. A. (2015). Estimasi Potensi Penyerapan Karbon Biru (*Blue Carbon*) oleh Hutan Mangrove Sulawesi Utara. *Jurnal of Asean Studies on Maritime Issues*. 1(1): 24-29.
- Subiandono, E., Heriyanto, N. M., & Karlina, E. (2011). Potensi Nipah (*Nypa fruticans* (Thunb.) Wurm.) sebagai Sumber Pangan dari Hutan Mangrove. *Buletin Plasma Nutfah*. 17(1): 54-60.
- Suryono, Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R., & Rozy, E. F. (2018). Estimasi Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseanografi Marina*. 7(1): 1-8.
- Suwignyo, R. A., Munandar, & Sarno. (2008). Konservasi *Kandelia candel* sebagai Upaya Menjaga Biodiversitas Hayati

Mangrove. *Proceeding Seminar Nasional Biodiversitas II*.

Tomlinson, P. B. (2016). *The Botany of Mangroves*: Cambridge University Press.

Ulqodry, T. Z., Matsumoto, F., Okimoto, Y., Nose, A., Zheng, S.H. (2014). Study on photosynthetic responses and chlorophyll fluorescence in *Rhizophora mucronata* seedlings under shade regimes. *Acta Physiologiae Plantarum* 36: 1903–1917.

Ulqodry, T.Z., Suganda, A., Agussalim, A., Aryawati, R., & Absori, A. (2020). Estimasi Serapan Karbon Mangrove Melalui Proses Fotosintesis di Taman Nasional Berbak-Sembilang. *Jurnal Kelautan Nasional* 15 (2): 77-84

Xing, J., Pan, D., Wang, L., Tan, F., & Chen, W. (2019). Proteomic and Physiological Responses in Mangrove *Kandelia candel* Roots Under Short-Term High-Salinity Stress. *Turkish Journal of Biology*. 43: 314-325.