

# Cadangan Karbon pada Ekosistem Padang Lamun di Siantan Tengah Taman Wisata Perairan Kepulauan Anambas

Muhammad Al Rizky Ratno Budiarto<sup>1\*</sup>, Johan Iskandar<sup>1</sup>,  
Tri Dewi Kusumaningrum Pribadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Fakultas Pascasarjana, Universitas Padjadjaran

<sup>2</sup>Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran  
Jl. Sekeloa, Cobleng Bandung, Jawa Barat, Indonesia

Email : muhammad.alrizky08@gmail.com

## Abstract

### Carbon Stock of Seagrass in Siantan Tengah Marine Tourism Park Anambas Islands

Globally, seagrass ecosystems are considered as carbon sink so that it can contribute to climate change mitigation. This study aimed to determine the species composition, biomass, and carbon stock in seagrass communities in Siantan Tengah Marine Tourism Park of Anambas Islands. The study was conducted in Agustus 2019 – January 2020. The carbon content test was analysed by the Walkley and Black method. Biomass of seagrass had measured using the gravimetric method. The result of study showed that there were three species of seagrass, namely *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, and *Cymodocea rotundata*. Seagrass biomass value range between 171,89 - 275,68 gbk/m<sup>2</sup> and seagrass carbon stock value range between 51,89 - 80,66 gC/m<sup>2</sup>. The area of seagrass beds in Siantan Tengah is 130,45 ha so that the total carbon stock estimated reach 95,88 tons C. This study proved to show presence of carbon in the biomass of seagrass beds.

**Keywords:** Biomass, Carbon stock, Seagrass, Siantan Tengah

## Abstrak

Secara global, ekosistem lamun dianggap sebagai penyerap karbon sehingga dapat berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim. Penelitian bertujuan untuk mengetahui komposisi jenis, biomassa dan cadangan karbon pada komunitas padang lamun di perairan Siantan Tengah Taman Wisata Perairan (TWP) Kepulauan Anambas. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2019 s.d Januari 2020. Uji kandungan karbon dilakukan dengan metode Welkley and Black. Biomassa lamun dihitung menggunakan metode gravimetrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat tiga jenis lamun, yaitu *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, dan *Cymodocea rotundata*. Nilai biomassa lamun berkisar antara 171,89–275,68 gbk/m<sup>2</sup> dan nilai cadangan karbon berada pada kisaran 51,89–80,66 gC/m<sup>2</sup>. Padang lamun di Siantan Tengah memiliki luas 130,45 ha, sehingga total Cadangan karbon pada ekosistem padang lamun di perairan Siantan Tengah diperkirakan 95,88 ton C. Penelitian ini membuktikan adanya kandungan karbon pada biomassa padang lamun.

**Kata kunci:** Biomassa, Cadangan karbon, Lamun, Siantan Tengah

## PENDAHULUAN

Pada bulan Mei 2019 observatorium Mauna Loa di Hawaii mencatat konsentrasi CO<sub>2</sub> sudah mencapai 415 ppm, hal ini untuk pertama kalinya terjadi dalam sejarah manusia (Dockrill, 2019). Para peneliti di

Hadley Centre memperkirakan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer meningkat menjadi 713 ppm pada tahun 2100 yang akan menyebabkan peningkatan suhu sebesar 4 °C (Sarmiento dan Gruber, 2002). Sekitar setengah dari CO<sub>2</sub> ini berada di atmosfer dan setengahnya lagi tersimpan di laut dan digunakan pada proses

fotosintesis oleh tumbuhan, diatom dan alga laut (Effendi, 2003). Terdapat tiga ekosistem yang dapat menjadi fokus utama penyerapan dan penyimpanan karbon di pesisir, yaitu mangrove, padang lamun dan rawa asin (*salt marsh*) (Sidik dan Krisnawati, 2017). Karbon yang tersimpan tersebut dinamakan Karbon Biru (*Blue Carbon*). Ekosistem pesisir dapat mentransfer dan menyimpan karbon dari atmosfer dan laut 4 kali lebih besar daripada hutan tropis (Lawrence, 2012).

Tumbuhan memegang peranan penting dalam proses reduksi CO<sub>2</sub> melalui proses fotosintesis, dimana CO<sub>2</sub> diserap dan diubah oleh tumbuhan menjadi karbon dalam bentuk biomassa. Tumbuhan di perairan laut dangkal seperti lamun dan mangrove memiliki potensi yang tinggi sebagai penyerap gas CO<sub>2</sub> (LIPI, 2018). Selama ini masyarakat umum hanya mengetahui tumbuhan di darat saja yang dapat diandalkan mereduksi dan menstabilisasi konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer, namun pada kenyataannya tumbuhan di perairan laut dangkal seperti lamun juga memiliki potensi yang tinggi sebagai penyerap gas CO<sub>2</sub>.

Vegetasi pesisir (padang lamun dan mangrove) diperkirakan memberikan kontribusi besar pada pengendapan karbon pada sedimen. Secara global, diperkirakan lamun memiliki nilai cadangan karbon antara 4,2 sampai 8,4 PgC dan mangrove antara 4 sampai 20 PgC (Wahyudi *et al.*, 2018). Ekosistem lamun dapat menyimpan 19,9 Pg karbon organik. Saat ini tingkat kerusakan lamun dapat menyebabkan pelepasan karbon hingga 299 TgC per tahun (Fourqurean *et al.*, 2012). Luas 150.693,16 Ha padang lamun di Indonesia mampu menyerap karbon sebesar 992,67 kilo ton atau setara dengan 3,64 mega ton CO<sub>2</sub> (LIPI, 2018). Selama ini masih sedikit informasi hasil riset yang dilakukan di Anambas, sehingga perlu adanya kajian ekologis tentang potensi berbagai ekosistem yang ada di wilayah tersebut sebagai kontributor mitigasi perubahan iklim. Sejak tahun 2014 di TWP Kepulauan Anambas telah dilakukan monitoring kesehatan ekosistem terumbu karang, mangrove, dan lamun, namun belum

ditemukan data terkait cadangan karbon pada ekosistem padang lamun. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi jenis, biomassa dan cadangan karbon pada ekosistem padang lamun di perairan Siantan Tengah Taman Wisata Perairan Kepulauan Anambas.

## MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada empat stasiun pengamatan di perairan Siantan Tengah TWP Kepulauan Anambas (Gambar 1). Pengamatan di lapangan dan pengambilan sampel dilaksanakan pada bulan Agustus 2019 sedangkan uji kandungan karbon dilaksanakan pada bulan Agustus 2019 s.d Januari 2020 di Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk, Air. Balai Penelitian Tanah, Bogor.

Pengamatan dilakukan dengan menggunakan frame kuadrat berukuran 50 x 50 cm. Tali transek ditarik tegak lurus dengan garis pantai di titik dimana pertama kali ditemukan lamun. Titik Transek berada di sepanjang daerah observasi dan ditentukan sejauh 100 m dengan interval pengamatan lamun setiap 10 m diletakkan frame kuadrat yang bersifat sebagai area pengamatan. Selanjutnya identifikasi komposisi jenis lamun, persentase tutupan dan kerapatan lamun. Proses identifikasi lamun dilakukan secara langsung dengan melihat ciri-ciri morfologinya, sehingga dapat diketahui komposisi jenis dalam setiap frame kuadrat. Jumlah persentase lamun dapat diketahui dari kanopi daun yang menutupi frame kuadrat (Rahmawati *et al.*, 2014). Berdasarkan hasil yang diperoleh, selanjutnya dapat diketahui Indeks Nilai Penting lamun pada lokasi tersebut.

Pengambilan sampel lamun untuk biomassa dilakukan dengan menggunakan sekop pada luas 25 cm x 25 cm. sampel lamun kemudian dibersihkan dan disimpan pada kertas Samson. Sampel lamun dianalisa di Laboratorium Penelitian Tanah Bogor untuk diukur nilai biomassa lamun. Metode yang digunakan adalah gravimetrik, metode ini dianggap paling sederhana secara konseptual dalam menentukan kadar air. Pada prinsipnya mencakup pengukuran

kehilangan air dengan menimbang sampel sebelum dan sesudah dikeringkan (Abdurachman *et al.*, 2006). Biomassa dinyatakan dalam satuan gram berat kering per satuan luas tertentu (gbk/m<sup>2</sup>) (Kawaroe *et al.*, 2016).

Metode yang digunakan untuk mendapatkan kandungan karbon lamun pada penelitian ini adalah Walkley dan Black (WB). Kandungan karbon lamun dinyatakan dalam persen (%). Setelah mendapatkan berat kering yang dilanjutkan dengan analisis kandungan karbon pada biomassa, maka jumlah cadangan karbon dapat dihitung dengan rumus Howard *et al.*, (2014). Setelah mendapat luasan lamun dengan analisis citra satelit dan *ground check* di lokasi penelitian, maka didapatkan nilai cadangan karbon biomassa (ton C) di lokasi tersebut dengan cara mengalikan nilai cadangan karbon biomassa per satuan luas (g C/m<sup>2</sup>) dengan luas ekosistem padang lamun (m<sup>2</sup>) sebagaimana rumus yang disampaikan Rustam *et al.* (2019).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Lokasi pengamatan ekosistem lamun berada tidak jauh dari pemukiman masyarakat dan lokasi budi daya ikan dengan menggunakan keramba jaring tancap. Terlebih pada stasiun Air Asuk yang lokasi pengamatannya berada di sekitar pemukiman penduduk. Secara umum faktor lingkungan pada ekosistem padang lamun di Siantan Tengah Kepulauan Anambas berada pada baku mutu berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 lampiran III tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut, namun kandungan nitrat pada air di lokasi penelitian berada di atas

**Tabel 1.** Faktor lingkungan pada ekosistem padang lamun di Siantan Tengah

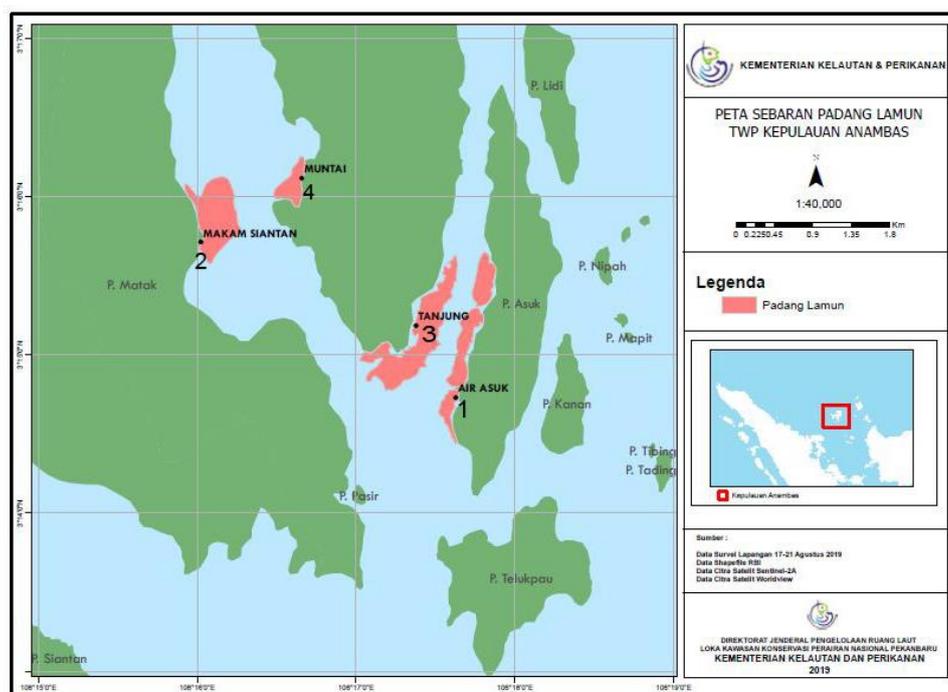
Lokasi	pH	DOD (p/m)	Turbiditas (NTU)	Suhu (°C)	Salinitas (‰)	Nitrat (ppm)		Fosfat (ppm)	
						Air	Substrat	Air	Substrat
Air	8,1	3,4	4,8	31,	30,	6,4	4,9	0,0	20,
r	5	1	±0,	1	1	87	31	08	558

baku mutu (Tabel 1). Tingginya kandungan nitrat diduga berasal dari limbah rumah tangga masyarakat. Zimmermann (2006) mengatakan umumnya sumber terjadinya peningkatan konsentrasi unsur hara di laut yang berasal dari kegiatan manusia adalah limbah cair, rembesan *septic tank*, limpasan pertanian dan budidaya perikanan. Mujiyanto *et al.*, (2011) menambahkan, perkembangan keramba budidaya berdampak terhadap peningkatan bahan organik yang berasal dari pakan dan sisa metabolisme ikan. Masukan bahan organik ini dapat meningkatkan unsur hara di perairan.

Pada penelitian ini pengujian substrat adalah untuk mengetahui tekstur (ukuran butiran) substrat dan kandungan karbon organik. Hal ini terkait dengan kemampuan substrat tersebut mengikat bahan organik dan unsur hara yang dibutuhkan oleh ekosistem lamun. Hasil analisis substrat pada ekosistem padang lamun di Siantan Tengah menunjukkan pasir sangat mendominasi pada stasiun pengamatan Air Asuk, Tanjung dan Muntai (Tabel 2). Berbeda dengan stasiun lainnya, pada stasiun Air Nanga komposisi pasir, debu dan, liat relatif berimbang sehingga secara umum substrat pada stasiun Air Nanga lebih halus dibandingkan dengan stasiun lainnya.

Substrat stasiun Air Nanga mengandung karbon organik lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya, hal tersebut disebabkan karena tekstur substrat di stasiun Air Nanga lebih kecil dibandingkan stasiun lainnya. Hal tersebut sesuai dengan yang disampaikan Kordi (2018), substrat yang berukuran kasar mempunyai kemampuan yang rendah dalam melakukan penyerapan bahan organik.

As	±0,	±0,	15	±0,	±0,	±1,	±2,	±0,	±3,
uk	02	02		06	10	994	702	003	591
Air	8,1	3,3	8,2	31,	30,	2,9	9,1	0,0	10,
Nar	1	3	4	10	47	03	21	07	627
ga	±0,	±0,	±0,	±0	±0,	±0,	±2,	±0,	±1,
	01	03	75		38	021	433	005	808
Ta	8,0	3,3		30,	30,	3,0	4,0	0,0	14,
nj	9	1	4,5	6	4	73	72	05	060
u	±0,	±0,	±0,	±0,	±0,	±0,	±0,	±0,	±0,
n	09	14	50	61	81	136	284	005	651
g									
M	7,9	2,9		30,	30,	3,5	3,6	0,0	7,4
u	3	3	4,7	2	6	13	71	10	26
nt	±0,	±0,	±0,	±0,	±0,	±0,	±0,	±0,	±0,
ai	11	18	15	30	21	442	686	±0	946



**Gambar 1.** Peta lokasi penelitian di Siantan Tengah

Keterangan: 1. Air Asuk (3.245° LU 106.294 ° BT); 2. Air Nanga (3.262° LU 106.267 ° BT); 3. Tanjung (3.253° LU 106.289 °BT); dan 4. Muntai (3.268° LU 106.278° BT)

**Tabel 2.** Substrat pada ekosistem padang lamun di Siantan Tengah

Stasiun	Kategori Substrat	Tekstur Substrat (%)			Kandungan Karbon (%)
		Pasir	Debu	Liat	
Ari Asuk	Lempung Berpasir	81	6	13	0.52±0,05
Air Nanga	Lempung	42	34	24	5.46±1,69
Tanjung	Pasir Berlempung	85	4	11	0.51±0,18
Muntai	Lempung Berpasir	80	5	15	1.37±0,30

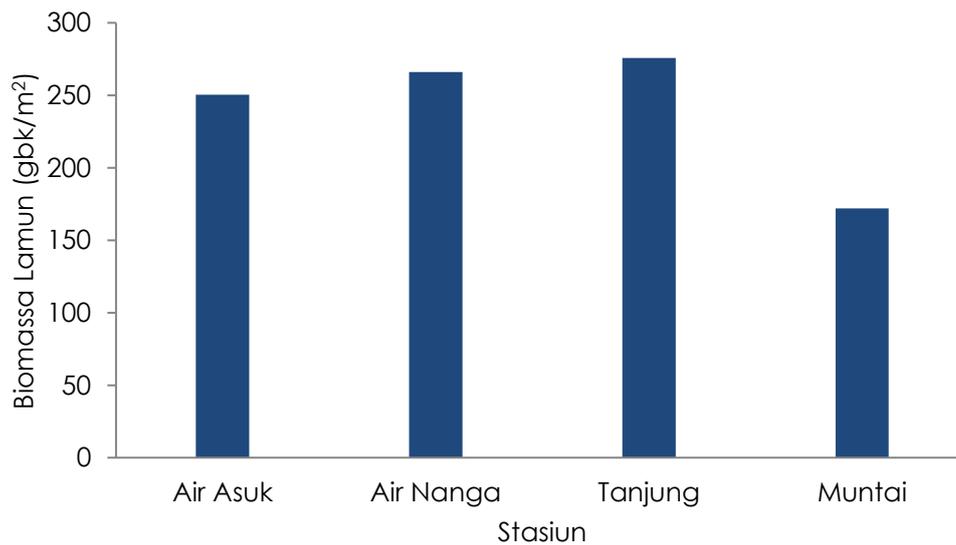
Terdapat tiga spesies lamun di perairan Siantan Tengah TWP Kepulauan Anambas, yaitu *Enhalus acoroides* (Ea) dan *Thalassia hemprichii* (Th), dan *Cymodocea rotundata* (Cr). Hasil perhitungan pada semua stasiun pengamatan menunjukkan jenis *Enhalus acoroides* memiliki Indeks Nilai Penting (INP) paling tinggi dengan nilai rata-rata 250,56%. Indeks nilai penting merupakan hasil penjumlahan dari kerapatan relatif, frekuensi relatif dan tutupan relatif yang menggambarkan kedudukan ekologis suatu jenis dalam komunitas tumbuhan (Indriyanto, 2006). Nilai biomassa dan cadangan karbon berbanding lurus dengan INP apabila INP tertinggi didapatkan dari jenis lamun yang berukuran besar seperti *Enhalus acoroides*.

Biomassa terbesar didapatkan pada stasiun Tanjung yaitu sebesar 275,68 gbk/m<sup>2</sup>, sedangkan biomassa terkecil didapatkan pada stasiun Muntai yaitu sebesar 171,89 gbk/m<sup>2</sup> (Gambar 2). Kuriandewa (2009) mengatakan pada umumnya biomassa berada pada kisaran 1 – 2479 gbk/m<sup>2</sup>. Biomassa lamun pada stasiun Tanjung lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun lain, hal ini disebabkan karena stasiun Tanjung memiliki kerapatan jenis lamun *Enhalus acoroides* paling tinggi dibandingkan dengan stasiun lain sehingga berpengaruh pada biomassa pada stasiun tersebut. Hal tersebut sesuai dengan Azkab (2007) yang mengatakan padang lamun dengan jenis lamun yang mempunyai ukuran daun dan

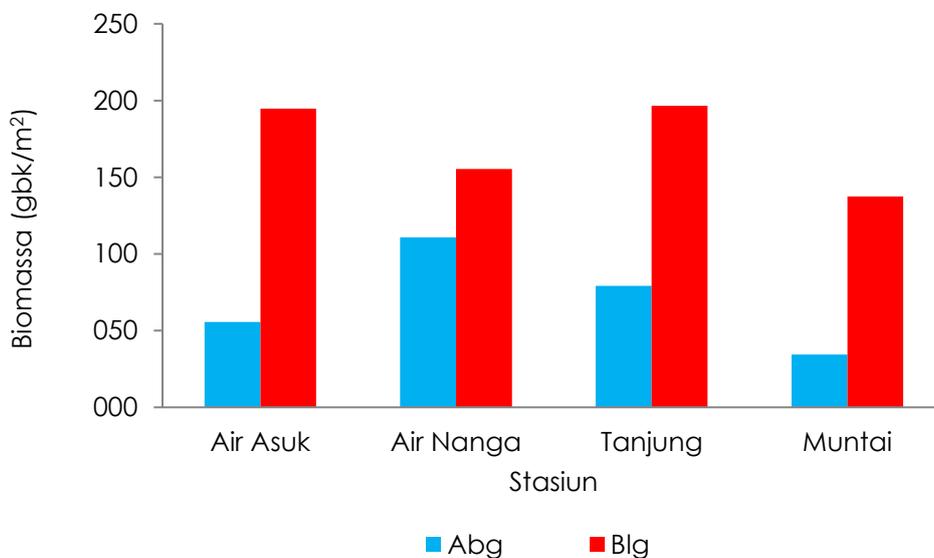
rhizoma yang lebih besar dan disertai kerapatan yang tinggi akan menyebabkan nilai biomassa padang lamun tersebut menjadi lebih tinggi.

Biomassa lamun dibedakan menjadi biomassa di atas permukaan substrat (*above ground/abg*) dan biomassa di bawah substrat (*below ground/blg*). Hasil penelitian pada semua stasiun menunjukkan biomassa lamun pada bagian di bawah substrat lebih tinggi dibandingkan pada bagian atas substrat (Gambar 3). Hal tersebut sama

dengan penelitian yang pernah dilakukan di Kepulauan Karimun Jawa yang menunjukkan biomassa lamun bagian bawah substrat lebih besar dibandingkan dengan biomassa di atas substrat (Hartati *et al.*, 2017). Tingginya biomassa bagian bawah lamun karena bagian tersebut relatif tidak terganggu oleh perubahan lingkungan dan biota laut, sedangkan pada lamun bagian atas merupakan bahan makanan sebagian biota laut sehingga menyebabkan lamun bagian atas rentan mengalami perubahan biomassa.



**Gambar 2.** Biomassa Lamun di Siantan Tengah Kepulauan Anambas



**Gambar 3.** Biomassa lamun bagian atas dan bawah di Siantan Tengah  
 Keterangan: Blg = *Below ground* (bagian bawah substrat); Abg = *Above ground* (bagian atas substrat)

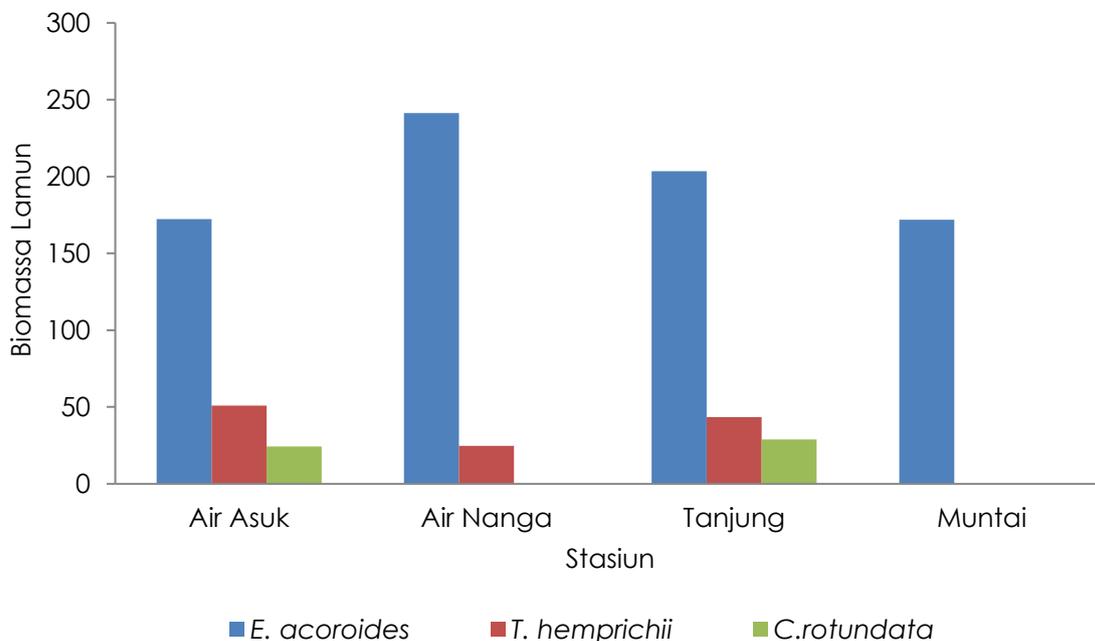
Hal tersebut sesuai dengan yang disampaikan Duarte & Cebrian (1996), 18,6 % Produksi Primer Bersih lamun dikonsumsi oleh hewan herbivora. Hal serupa juga disampaikan Latuconsina (2018), 10-15 % siklus daun lamun dimakan oleh herbivora.

Berdasarkan hasil penelitian ini, *Enhalus acoroides* merupakan jenis lamun yang memiliki biomassa terbesar pada setiap stasiun di perairan Siantan Tengah (Gambar 4). Besarnya Biomassa *Enhalus acoroides* disebabkan ukuran morfologi daunnya yang lebar serta akar dan rhizomanya yang tebal. Selain itu, tingginya frekuensi dan kerapatan jenis *Enhalus acoroides* dibandingkan dengan jenis lain juga menjadi penentu tingginya biomassa jenis tersebut di perairan Siantan Tengah.

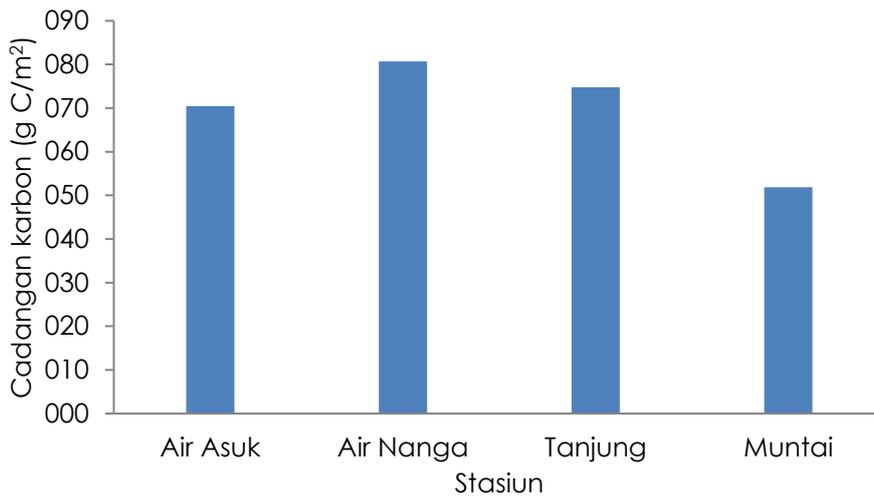
Cadangan karbon dapat diperoleh dengan cara mengkalikan persentase kandungan karbon dengan biomassa per meter persegi ( $gC/m^2$ ). Pada ekosistem padang lamun di perairan Siantan Tengah, jumlah cadangan karbon tertinggi ditemukan pada stasiun Air Nanga dengan nilai 80,66  $gC/m^2$ , sedangkan cadangan karbon terendah ditemukan pada stasiun Muntai dengan nilai 51,89  $gC/m^2$  (Gambar 5). Tingginya cadangan karbon di stasiun Air Nanga disebabkan karena biomassa dan

konsentrasi kandungan karbon pada jenis *Enhalus acoroides* di stasiun tersebut paling tinggi dibandingkan dengan stasiun lain. Biomassa dan kandungan karbon merupakan faktor penting dalam menentukan jumlah cadangan karbon pada suatu ekosistem lamun. Menurut Zulfikar *et al.*, (2016), nilai biomassa lamun cenderung berbanding lurus dengan nilai cadangan karbon walaupun hal tersebut tidak selalu terjadi pada setiap penelitian.

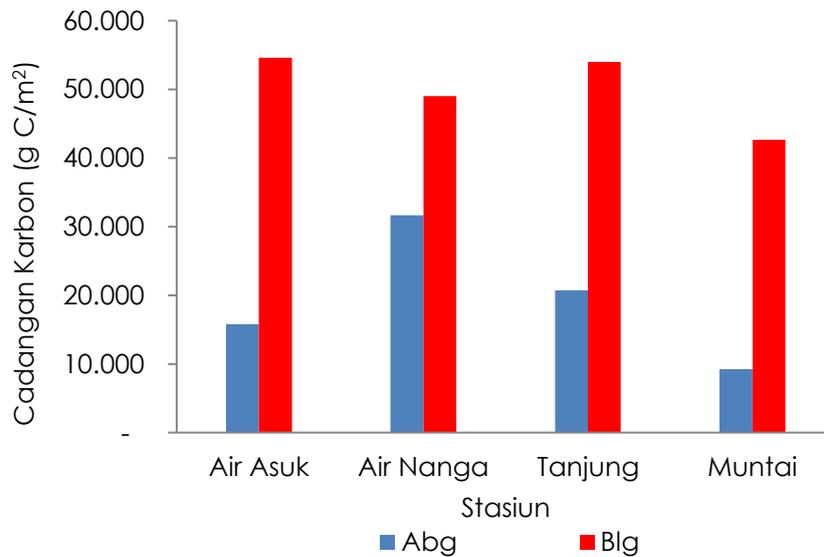
Cadangan karbon lamun pada bagian bawah substrat lebih tinggi dibandingkan dengan bagian atas substrat. Nilai cadangan karbon lamun di bawah substrat berada pada kisaran 42,66–54,62  $gC/m^2$ , sedangkan cadangan karbon lamun di atas substrat berada pada kisaran 9,23–31,66  $gC/m^2$  (Gambar 6). Menurut Kennedy & Bjork (2009), akar dan rhizoma lamun menyimpan karbon dalam jumlah besar. Hal tersebut disebabkan karena pergantian biomassa lamun relatif lambat pada bagian akar dan rhizoma, sehingga lamun dapat mengakumulasi karbon dalam jumlah besar. Miyajima *et al.*, (2015) menyampaikan bahwa karbon yang tersimpan di bawah substrat merupakan karbon yang “terkunci” karena sebagian besar akan tertahan dan tertimbun dalam waktu yang lama.



**Gambar 4.** Biomassa spesies lamun di Siantan Tengah



**Gambar 5.** Cadangan Karbon Lamun di Siantan Tengah



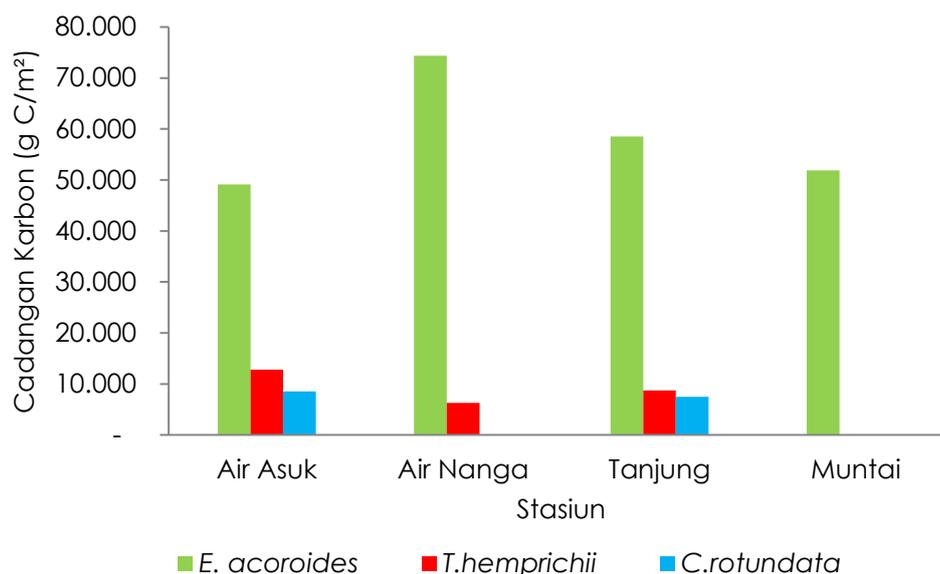
**Gambar 6.** Cadangan Karbon Lamun Bagian Atas dan Bawah di Siantan Tengah

Keterangan: Blg = *Below ground* (bagian bawah substrat); Abg = *Above ground* (bagian atas substrat)

Pada komunitas lamun di perairan Siantan Tengah, jenis lamun *Enhalus acoroides* memiliki nilai cadangan karbon paling tinggi dibandingkan dengan jenis lain (Gambar 7). Menurut Khairunnisa *et al.*, (2018), tinggi atau rendahnya cadangan karbon pada lamun disebabkan karena ukuran morfologinya sehingga mempengaruhi biomasnya, selain itu juga disebabkan nilai kandungan karbon pada setiap jenisnya. Jenis lamun berukuran besar cenderung memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan lamun berukuran

kecil. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Rustam *et al.*, (2014), *Enhalus acoroides* merupakan jenis lamun yang berpotensi sebagai *blue carbon*.

Total cadangan karbon dapat ditentukan dari nilai cadangan karbon dan luas padang lamun pada masing-masing stasiun (Harimbi *et al.*, 2019). Berdasarkan hasil penelitian, total cadangan karbon pada komunitas lamun di perairan Siantan Tengah TWP Kepulauan Anambas adalah sebesar 95,88 ton C (Tabel 3). Nilai total cadangan



**Gambar 7.** Cadangan karbon spesies lamun di Siantan Tengah

**Tabel 3.** Total cadangan karbon di Siantan Tengah

Stasiun	Cadangan karbon (ton C/ha)	Luas padang lamun (ha)	Total cadangan karbon (ton C)
Air Asuk	0.70	34.28	23,99
Air Nanga	0,81	36.17	29,30
Tanjung	0.75	49.50	37,13
Muntai	0.52	10.50	5,46
Jumlah		130.45	95,88

karbon biomassa lamun di Siantan Tengah karbon pada lamun di Pulau Bintan yaitu sebesar 4.170 ton C (Irawan *et al.*, 2018), namun lebih tinggi dibandingkan dengan cadangan karbon di Pulau Pari yaitu sebesar 67,21 ton C (Rahmawati, 2011).

**KESIMPULAN**

Terdapat 3 jenis lamun di Siantan Tengah Kepulauan Anambas, yaitu *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, dan *Cymodocea rotundata*. Diantara jenis lamun tersebut, *Enhalus acoroides* merupakan jenis yang memiliki biomassa dan cadangan karbon paling tinggi dibandingkan jenis lainnya. Nilai biomassa lamun di Siantan Tengah Kepulauan Anambas berkisar antara 171,89–275,68 gbk/m<sup>2</sup> dan nilai cadangan karbonnya berada pada kisaran 51,89–80,66

gC/m<sup>2</sup>. Luas padang lamun di Siantan Tengah Kepulauan Anambas sebesar 130,45 ha, sehingga total cadangan karbon pada ekosistem padang lamun di Siantan Tengah Kepulauan Anambas diperkirakan mencapai 95,88 ton C. Cadangan karbon pada biomassa lamun membuktikan bahwa padang lamun berperan sebagai penyerap karbon (*carbon sink*) yang dapat berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim.

**DAFTAR PUSTAKA**

Abdurachman, A., Haryati, U. & Juarsah, I. 2006. Penetapan Kadar Air Tanah Dengan Metode Gravimetrik', in *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. Bogor: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, pp. 131–142.

- Azkab, M.H. 2007. Status Sumberdaya Padang Lamun di Teluk Gilimanuk, Taman Nasional Bali Barat, in Ruyitno (ed.) Status Sumberdaya Laut Teluk Gilimanuk, Taman Nasional Bali Barat. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi - LIPI, pp. 10–16.
- Dockrill, P. 2019. It's Official: Atmospheric CO<sub>2</sub> Just Exceeded 415 ppm For The First Time in Human History. Available at: <https://www.sciencealert.com/it-s-official-atmospheric-co2-just-exceeded-415-ppm-for-first-time-in-human-history> (Accessed: 8 July 2019).
- Duarte, C. M. & Cebrian, J. 1996. The fate of marine autotrophic production', *Limnology and Oceanography*, 41(8): 1758–1766. doi: 10.4319/lo.1996.41.8.1758
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanisius.
- Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M.A., Apostolaki, E.T., Kendrick, G.A., Krause-Jensen, D., McGlathery, K.J. & Serrano, O., 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature geoscience*, 5(7):505-509. doi: 10.1038/ngeo1477.
- Harimbi, K.A., Taufiq-spj, N. & Riniatsih, I. 2019. Potensi Penyimpanan Karbon pada Lamun Spesies *Cymodocea serrulata* dan *Enhalus acoroides* Di Perairan Jepara, *Buletin Oseanografi Marina*, 8(2):109–115. doi: 10.14710/buloma.v8i2.23657.
- Hartati, R., Pratikto, I. & Pratiwi, T.N. 2017. Biomassa dan Estimasi Simpanan Karbon pada Ekosistem Padang Lamun di Pulau Menjangan Kecil dan Pulau Sintok, Kepulauan Karimunjawa, *Buletin Oseanografi Marina*, 6(1):74–81.
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M. and Pidgeon, E., 2014. Coastal blue carbon: methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses.
- Indriyanto. 2006. Ekologi Hutan. Jakarta: Bumi Aksara.
- Irawan, A., Rahmawati, S. & Prayudha, B. 2018. Potensi Cadangan dan Serapan Karbon Vegetasi Lamun di Wilayah Bintan', in Wahyudi, A.J. (ed.) *Menyerap Karbon Layanan Ekosistem Pesisir untuk Mitigasi Perubahan Iklim*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, pp. 96–118.
- Kawaroe, M., Nugraha, A.H. & Juraij. 2016. Ekosistem Padang Lamun. Edited by B. Nugraha. Bogor: IPB Press.
- Kennedy, H. & Bjork, M. 2009. Seagrass Meadows', in Laffoley, D. and Grimsditch, G. (eds) *The Management of Natural Coastal Carbon Sinks*. Gland, Switzerland: IUCN, pp. 23–29.
- Khairunnisa, Setyobudiandi, I. & Boer, M. 2018. Estimasi Cadangan Karbon Pada Lamun di Pesisir Timur Kabupaten Bintan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(3):639–650. doi: 10.29244/jitkt.v10i3.21397.
- Kuriandewa, T. 2009. Tinjauan Tentang Lamun di Indonesia. Makalah disampaikan pada Lokakarya Nasional I Pengelolaan Ekosistem Lamun "Peran Ekosistem Lamun dalam Produktivitas Hayati dan Meregulasi Perubahan Iklim". 18 Nopember 2009. Jakarta: PKSPL-IPB, DKP, LH dan LIPI.
- Latuconsina, H. 2018. Ekologi Perairan Tropis Prinsip Dasar Pengelolaan Sumber Daya Hayati Perairan. kedua. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lawrence, A. 2012. Blue Carbon: A New Concept for Reducing The Impacts of Climate Change by Conserving Coastal Ecosystem in The Coral Triangle. Queensland.
- LIPI. 2018. Potensi Padang Lamun Masih Kurang Diperhatikan. Available at: <http://lipi.go.id/berita/potensi-padang-lamun-masih-kurang-diperhatikan/21324> (Accessed: 12 July 2019).
- Miyajima, T., Hori, M., Hamaguchi, M., Shimabukuro, H., Adachi, H., Yamano, H. & Nakaoka, M., 2015. Geographic variability in organic carbon stock and accumulation rate in sediments of East and Southeast Asian seagrass meadows. *Global Biogeochemical Cycles*, 29(4):397-415. doi: 10.1002/2014GB004979.
- Rahmawati, S. 2011. Estimasi Cadangan Karbon Pada Komunitas Lamun di Pulau Pari, Taman Nasional Kepulauan Seribu, Jakarta, *Segara*, 7:1–12.

- Rahmawati, S., Irawan, A., Supriyadi, I.H. & Azkab, M.H., 2014 *Panduan Monitoring Padang Lamun*. Jakarta: COREMAP CTI LIPI.
- Rustam, A., Kepel, T.L., Afianti, R.N., Salim, H.L., Astrid, M., Daulat, A., Mangindaan, P., Sudirman, N., Puspitaningsih, Y., Dwiyantri, D. & Hutahaean, A., 2014. Peran Ekosistem Lamun Sebagai Blue Carbon dalam Mitigasi Perubahan Iklim, Studi Kasus Tanjung Lesung, Banten, *Jurnal Segara*, 10(2):107–117.
- Rustam, A., Adi, N.S., Daulat, A., Kiswara, W., Yusup, D.S. & Rappe, R.A., 2019. Pedoman pengukuran karbon di ekosistem padang lamun. Bandung: ITB Press, pp. 39–52.
- Sarmiento, J.L. & Gruber, N. 2002. Sinks for Anthropogenic Carbon, *American Institute of Physics*. doi: 10.1063/1.1510279.
- Sidik, F. & Krisnawati, H. 2017 Peluang “Blue” Carbon sebagai komponen khusus NDC Indonesia, *Policy Brief*, 11(06):1–7.
- Wahyudi, A.J. Irawan, A., Rahmawati, S. & Dharmawan, I.W.E. 2018. Potensi Cadangan dan Serapan Karbon Ekosistem Mangrove dan Padang Lamun Indonesia', Versi a 1. Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
- Zulfikar, A., Hartoko, A. & Hendrarto, B. 2016. Distribusi dan Kandungan Karbon pada Lamun (*Enhalus acoroides*) di Pulau Kemujan Taman Nasional Karimunjawa Berdasarkan Citra Satelit, *Management of Aquatic Resources*, 5:165–172.