

ESTIMASI PENYIMPANAN KARBON EKOSISTEM LAMUN DI DESA SUKAJAYA, KABUPATEN PESAWARAN

Estimation of Carbon Storage at Sea Grass Bed Ecosystem in Sukajaya Village, Pesawran Regency

Anma Hari Kusuma^{1*}, Eko Efendi¹, Amril Ma'ruf Siregar², Novi Susetyo Adi³, Agustin Rustam⁴, Nazolla Audia Laresty¹

¹Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Lampung, ²Program Studi Teknik Sipil Universitas Lampung, ³Direktorat Pendayagunaan Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Ditjen Pengelolaan Ruang Laut, Kementerian Kelautan dan Perikanan, ⁴Pusat Riset Konservasi Sumber Daya Laut dan Darat, Organisasi Riset Kebumihan dan Maritim, BRIN

Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Rajabasa, Bandar Lampung, Lampung

*Korespondensi email : anma.hari@fp.unila.ac.id

(Received 4 Maret 2024; Accepted 30 Maret 2024)

ABSTRAK

Perubahan iklim disebabkan oleh kenaikan konsentrasi gas rumah kaca terutama karbon dioksida (CO₂) di atmosfer sejak terjadinya revolusi industri. Mitigasi perubahan iklim yang dapat dilakukan salah satunya adalah karbon biru (*blue carbon*). Karbon biru (*blue carbon*) adalah kemampuan ekosistem di pesisir dan laut dalam menyerap CO₂ di atmosfer melalui proses fotosintesis dan mengubahnya dalam bentuk biomassa dan mengendapkannya ke dalam sedimen. Lamun adalah satu ekosistem *blue carbon* tersebut. Lamun merupakan ekosistem yang dibentuk dari tanaman tingkat tinggi yang mampu beradaptasi pada lingkungan bersalinitas dengan cara hidup terendam sepenuhnya di dalam laut. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis simpanan karbon pada ekosistem lamun di Desa Sukajaya. Penelitian ini dilakukan di Desa Sukajaya, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Hasil dari penelitian ini adalah komposisi lamun terdiri dari *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemperichi* dan *Halodule uninervis*. Simpanan karbon vegetasi lamun sebesar 31,94 gC/m² sedangkan simpanan karbon sedimen lamun sebesar 12,02 gC/m².

Kata Kunci : Perubahan Iklim, Karbon Biru, Lamun, Desa Sukajaya

ABSTRACT

Climate change is caused by an increase in the concentration of greenhouse gases, especially carbon dioxide (CO₂) in the atmosphere since the industrial revolution. One of the ways to mitigate climate change is blue carbon. Blue carbon is the ability of coastal and marine ecosystems to absorb CO₂ in the atmosphere through the process of photosynthesis and convert it into biomass and deposit it in sediment. Seagrass is one such blue carbon ecosystem. Seagrass is an ecosystem formed from higher plants that are able to adapt to saline environments by living completely submerged in the sea. This research was conducted with the aim of analyzing carbon stores in the seagrass ecosystem in Sukajaya Village. This research was conducted in Sukajaya Village, Pesawaran Regency, Lampung Province. The results of this research are that

the composition of seagrass consists of *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemperichi* and *Halodule uninervis*. Seagrass vegetation carbon stores are 31,94 gC/m² while seagrass sediment carbon stores are 12,02 gC/m².

Keywords: Climate Change, Blue Carbon, Sea Grass, Sukajaya Village

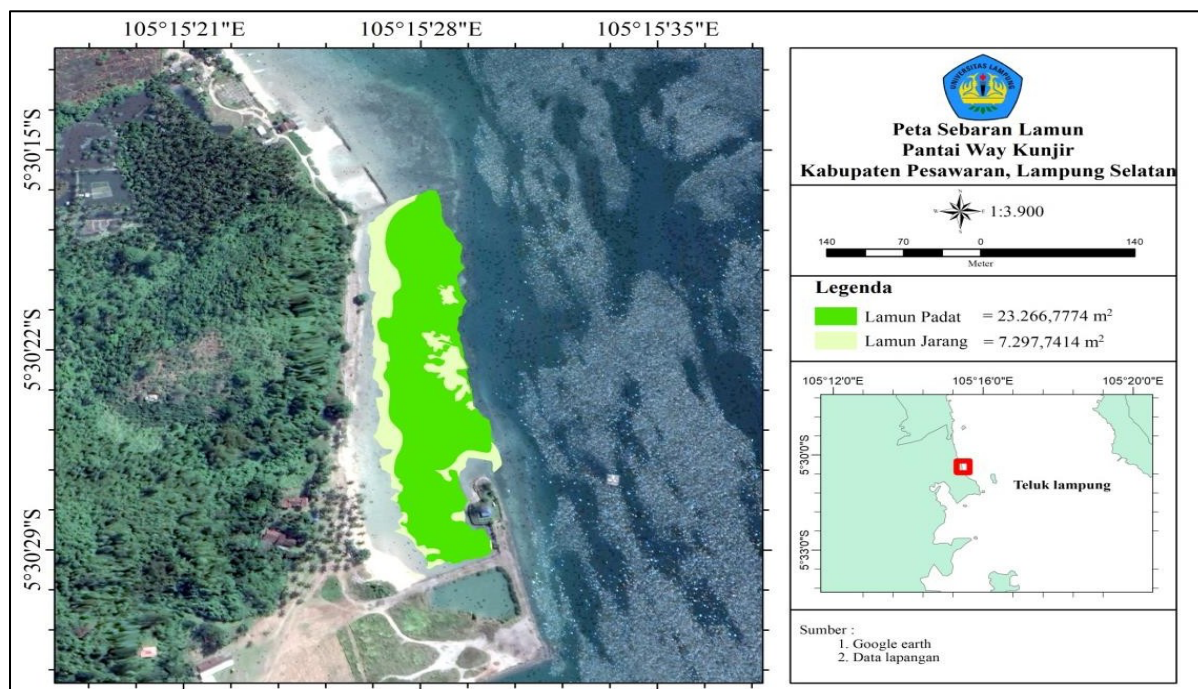
PENDAHULUAN

Isu perubahan iklim saat ini telah menjadi banyak perhatian baik dari masyarakat, ilmuwan, pengambil kebijakan maupun para praktisi lingkungan. Perubahan iklim adalah berubahnya variabilitas iklim yang diakibatkan langsung atau tidak langsung oleh aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan komposisi atmosfer secara global (Martusa *et al.*, 2009). Perubahan iklim disebabkan oleh kenaikan konsentrasi gas rumah kaca terutama karbon dioksida (CO₂) di atmosfer sejak terjadinya revolusi industri. Hal ini dibuktikan oleh data *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) 2007 menunjukkan peningkatan emisi global CO₂ di atmosfer pada tahun 1970 sebesar 28,7 GtCO₂-eq/tahun meningkat menjadi 49 GtCO₂-eq/tahun akibat penggunaan bahan bakar fosil dan deforestasi. Konsentrasi CO₂ di atmosfer pada saat era revolusi industri pada tahun 1780 sebesar 280 ppm (IPCC 2007) meningkat menjadi 400 ppm pada tahun 2016 (Dlugokencky *et al.*, 2003). Perubahan iklim mengakibatkan, kenaikan muka air laut, perubahan curah hujan (presipitasi) serta meningkatnya kejadian ekstrim seperti banjir, kekeringan, gelombang panas dan badai (Prakoso *et al.*, 2017). Oleh karena itu diperlukan adanya upaya mitigasi terhadap perubahan iklim. Mitigasi perubahan iklim yang dapat dilakukan adalah usaha pengendalian untuk mengurangi emisi CO₂ di atmosfer melalui penyerapan dan penyimpanan karbon melalui ekosistem. Karbon biru (*blue carbon*) merupakan salah satu solusi dalam mengurangi emisi CO₂ di atmosfer. UNEP (2007) mengatakan karbon biru (*blue carbon*) adalah kemampuan ekosistem di pesisir dan laut dalam menyerap CO₂ di atmosfer melalui proses fotosintesis dan mengubahnya dalam bentuk biomassa dan mengendapkannya ke dalam sedimen. Lamun adalah satu ekosistem *blue carbon* tersebut. Lamun merupakan ekosistem yang dibentuk dari tanaman tingkat tinggi yang mampu beradaptasi pada lingkungan bersalinitas dengan cara hidup terendam sepenuhnya di dalam laut (Kawaroe *et al.*, 2016). Lamun selain sebagai tempat mencari makan (*feeding ground*), pemijahan (*spawning ground*) dan pengasuhan (*nursery ground*) bagi berbagai jenis biota laut juga berperan sebagai penyerap dan penyimpan karbon yang efektif (Hartati *et al.*, 2017). Lamun menyerap dan menyimpan karbon pada tubuh bagian atas (*above ground*) dalam bentuk biomassa batang dan daun dan bagian bawah (*below ground*) dalam bentuk biomassa rhizome dan akar (Howard *et al.*, 2014). Nugraha *et al.*, (2020) mengatakan lamun mampu menyimpan karbon sebesar 208,83 gC/m². Rata-rata laju penyimpanan karbon untuk jangka panjang di ekosistem lamun sebesar 83 gC/m²/tahun (Duarte *et al.*, 2005). Desa Sukajaya merupakan salah satu desa yang perairannya memiliki potensi lamun. Desa ini merupakan salah satu desa tujuan destinasi wisata yang banyak dikunjungi oleh wisatawan di Provinsi Lampung. Sayangnya, ekosistem lamun ini seringkali dipandang sebelah mata. Banyaknya aktivitas wisatawan yang tidak ramah lingkungan memicu degradasi ekosistem lamun di desa ini. Degradasi ekosistem ini menyebabkan penurunan luas, tutupan vegetasi dan kerapatan lamun serta. Dengan berkurangnya luas area lamun sebagai penyerap karbon menambah jumlah emisi karbon yang lepas ke atmosfer. Sampai saat ini masih sulit dalam penelusuran referensi terkait dengan stok karbon pada ekosistem lamun di desa ini. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian terkait estimasi simpanan karbon pada ekosistem lamun di Desa Sukajaya. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis simpanan karbon pada ekosistem lamun di Desa Sukajaya.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Agustus-Oktober 2022. Lokasi penelitian di perairan Desa Sukajaya, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung dengan luas ekosistem lamun 3,1 hektar (ha). Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah GPS, *roll*-meter, transek kuadran ukuran 1 x 1 m², *core sampler*, *sieve shaker*, oven, kamera digital, Alat Dasar Selam (ADS), timbangan digital, cawan porselen, mortar dan tanur. Bahan yang yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah buku identifikasi lamun, plastik zip, tali, asam sulfat, potasium dikromat dan akuades.

Prosedur Kerja

Penentuan Lokasi Sampling

Lokasi pengamatan dan pengambilan data ditentukan berdasarkan luasan daerah pantai yang substrat dasarnya berupa lamun dengan panjang ±500 m sejajar pantai dan lebar ke arah laut sejauh ±250 m. Titik pengambilan sampel ditempatkan dari pantai ke arah laut sesuai jarak yang ditentukan pada 3 titik stasiun yang tiap stasiun terdapat 3 sub stasiun sebagai ulangan. Pada setiap transek garis diletakkan transek kuadrat 1x1 m² dengan jarak antar transek kuadran adalah 5 m.

Analisis Data

Kerapatan Jenis (Di)

Kerapatan jenis (Di) merupakan jumlah tegakan jenis ke-i dalam suatu unit area. Penentuan kerapatan jenis menggunakan persamaan (McKenzie *et al.*, 2003):

$$Di = \frac{ni}{A}$$

Keterangan :

- D_i : Kerapatan jenis i (individu/m²)
 n_i : Jumlah total individu
 A : Luas area total pengambilan sampel (m²)

Kerapatan Relatif Jenis (RDi)

Kerapatan relatif (RDi) merupakan perbandingan antara jumlah jenis tegakan jenis ke- i dengan total tegakan seluruh jenis. Penentuan kerapatan relatif (RDi) menggunakan persamaan (McKenzie *et al.*, 2003) :

$$RDi = \frac{n_i}{\sum n} \times 100\%$$

Keterangan :

- RDi : Kerapatan relatif (%)
 n_i : jumlah individu
 $\sum n$: jumlah seluruh individu

Frekuensi Jenis (Fi)

Frekuensi jenis (F_i) merupakan peluang ditemukan suatu jenis ke- i dalam semua petak contoh dibanding dengan jumlah total petak contoh yang dibuat untuk menghitung frekuensi jenis (F_i) menggunakan persamaan (McKenzie *et al.*, 2003) :

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

Keterangan :

- F_i : Frekuensi jenis i
 p_i : Jumlah petak sampel
 $\sum p$: Jumlah total petak sampel

Frekuensi Relatif (RFi)

Frekuensi relatif (RFi) adalah perbandingan antara frekuensi jenis ke- i dengan jumlah frekuensi seluruh jenis. Frekuensi relatif (RFi) dapat dihitung menggunakan persamaan (McKenzie *et al.*, 2003) :

$$RFi = \frac{F_i}{\sum F} \times 100\%$$

Keterangan :

- RFi : Frekuensi relatif (%)
 F_i : Frekuensi jenis i
 $\sum F$: jumlah frekuensi seluruh jenis

Penutupan Jenis (Ci)

Penutupan jenis (C_i) adalah luas penutupan jenis ke- i dalam suatu unit area tertentu. Untuk menghitung penutupan jenis menggunakan persamaan (McKenzie *et al.*, 2003):

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

Keterangan :

- C_i : Luas penutupan jenis i
 BA : $\frac{\pi DBH^2}{4}$
DBH : Diameter pohon dari jenis i
 A : Luas total area pengambilan sampel

Penutupan Relatif (RCi)

Penutupan relatif (RCi) yaitu perbandingan antara penutupan jenis ke-i dengan luas total penutupan untuk seluruh jenis. Penutupan Relatif (RCi) dapat dihitung menggunakan persamaan (McKenzie *et al.*, 2003) :

$$RCi = \frac{Ci}{\sum C} \times 100\%$$

Keterangan :

RCi : Penutupan relatif (%)

Ci : Luas area jenis i

$\sum C$: Luas total area penutupan seluruh jenis

Indeks Nilai Penting (INP)

Indeks nilai penting (INP) adalah penjumlahan nilai relatif (RDi), frekuensi relatif (RFi) dan penutupan relatif (RCi) dapat dihitung menggunakan persamaan (McKenzie *et al.*, 2003) :

$$INP = RDi + RFi + RCi$$

Keterangan:

RDi : Kerapatan relatif

RFi : Frekuensi relatif

RCi : Penutupan relatif

Karbon Vegetasi Lamun

Perhitungan karbon organik lamun dihitung dengan menggunakan persamaan (BSN 2011):

$$\text{Simpanan Karbon (Ci) (gr C/m}^2\text{)} = (\% C \times B) / 100$$

Keterangan:

Ci = simpanan karbon tiap kuadran

% C = persentase kadar karbon

B = biomassa spesies (gr/m²)

Stok karbon lamun dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Ct = \sum (Li \times Ci)$$

Keterangan:

Ct = karbon total (ton C)

Li = luas padang lamun kategori kelas i (m²)

Ci = rata-rata stok karbon lamun kategori kelas i (gC/m²)

Ukuran Butir Sedimen

Pengukuran tekstur sedimen dilakukan dengan cara sedimen diambil dengan *core sampler* dengan tinggi 30 cm dan diameter 7,5 cm. Sampel sedimen kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80 °C selama 24 jam dan dihaluskan. Sampel ditimbang sebanyak 5 g kemudian diayak menggunakan ayakan bertingkat dan *sieve shaker* untuk mendapatkan ukuran butir sedimen. Presentase ukuran butir sedimen dihitung menggunakan persamaan (Triapriyasen *et al.*, 2016):

$$BA \% = \frac{B1}{B0} \times 100 \%$$

Keterangan:

BA = Presentase sedimen di ayakan (%)

B1 = Berat sedimen tertinggal (g)

B0 = Berat sedimen awal (g)

Karbon Sedimen Lamun

Pengukuran presentase karbon organik sedimen dilakukan menggunakan metode *Walkey and Black*. Sampel sedimen sebanyak 0,50 g kering dimasukkan ke dalam erlenmeyer berukuran 500 ml, kemudian ditambahkan larutan $K_2Cr_2O_7$ 1N sebanyak 10 ml dan dihomogenisasi, selanjutnya ditambahkan larutan H_2SO_4 pekat sebanyak 20 ml dan dihomogenisasi. Sampel didiamkan selama 30 menit dan ditambahkan aquades sebanyak 200 ml dan indikator ferroin 0,025 M sebanyak 3-4 tetes. Sampel kemudian dititrasi menggunakan $FeSO_4$ 0,5 N. Kandungan C-Organik sedimen dihitung menggunakan persamaan (Eviati dan Sulaeman, 2009) :

$$C \text{ Organik } \% = \frac{(\text{ml } K_2Cr_2O_7 \times 0,003 \times F)}{BKM} \times 100\%$$

Keterangan:

C Organik (%) = Presentase karbon organik (%)

F = Ketetapan (1,33)

BKM = Berat kering (g)

Total karbon tersimpan di sedimen dihitung menggunakan persamaan:

$$C_t = C \text{ Organik } \% \times \rho \times kd$$

Keterangan:

C_t = Karbon tersimpan (g C/cm²)

Kd = Kedalaman sampel (cm)

P = Berat jenis sampel (cm³)

$$C_n = \frac{C_x}{1000} \times \frac{10000}{L_{\text{plot}}}$$

Keterangan:

C_n = Kandungan karbon (kg C/m²)

C_x = Kandungan karbon (g C)

1000 = Konversi kg menjadi (g)

10000 = Konversi m² menjadi cm²

L_{plot} = Luas plot (m²)

HASIL

Struktur Vegetasi Lamun

Komposisi vegetasi lamun yang ditemukan di Desa Sukajaya terdapat 3 (tiga) jenis, yaitu *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemperichi* dan *Halodule uninervis*. Kusuma (2022) mengatakan lamun yang di temukan di pesisir Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung di dominasi oleh jenis *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemperichii*. Kerapatan lamun untuk *E. Acoroides* berkisar 172-2044 ind/m², *T. hemperichii* berkisar 16-509 ind/m², *H. uninervis* berkisar 49-594 ind/m². Kerapatan lamun di perairan Lampung untuk *E. Acoroides* berkisar 2-725 ind/m², *T. Hemperichii* berkisar 35-363 ind/m² dan *H. uninervis* berkisar 4-425 ind/m² (Pratiwi 2010; Prakoso *et al.*, 2015; Sari *et al.*, 2019 dan Isnaini dan Ariyanti, 2023). Frekuensi

lamun untuk *E. Acoroides* berkisar 60,98-75,76%, *T. hemprichii* berkisar 4,92-30,49%, *H. uninervis* berkisar 8,54-19,67%. Wouthuyzen *et al.*, (2009) di wilayah pesisir Bintan Timur yang menunjukkan bahwa frekuensi kemunculan lamun tertinggi di wilayah tersebut adalah jenis *E. Acoroides* dan *T. hemprichii* yang frekuensi kehadirannya mencapai 90,4%. Tutupan lamun di lokasi penelitian berkisar 53,64-71,49%. Nilai tutupan lamun di lokasi penelitian berkisar dari 50-70% sehingga dapat dikatakan baik (KLH 2004). Kerapatan, frekuensi dan tutupan lamun didominasi oleh lamun jenis *E. Acoroides*. Struktur vegetasi lamun di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Struktur vegetasi lamun di lokasi penelitian

Stasiun	Jenis	Di (ind/m ²)	Rdi (%)	Fi (%)	Rfi (%)	Ci (%)	Rci (%)	INP
1	<i>E. acoroides</i>	1134	70,48	0,92	75,41	50,89	84,62	230,51
	<i>T. hemprichii</i>	16	0,99	0,06	4,92	0,07	0,84	6,75
	<i>H. uninervis</i>	459	28,53	0,24	19,67	8,77	14,55	62,75
2	<i>E. acoroides</i>	2044	94,11	1,00	75,76	70,58	95,15	265,02
	<i>T. hemprichii</i>	79	3,64	0,20	15,15	0,82	3,71	22,50
	<i>H. uninervis</i>	49	2,26	0,12	9,09	0,09	1,13	12,48
3	<i>E. acoroides</i>	1727	73,77	1,00	60,98	46,77	78,37	213,12
	<i>T. hemprichii</i>	509	21,74	0,50	30,49	6,56	19,32	71,55
	<i>H. uninervis</i>	105	4,49	0,14	8,54	0,31	2,31	15,35

Fisika-Kimia Perairan

Parameter fisika-kimia perairan merupakan salah satu faktor penting penunjang pertumbuhan lamun. Parameter fisika kimia perairan menunjukkan suhu perairan berkisar 30,8-31,6 °C. Lee *et al.*, (2007) suhu optimal pertumbuhan spesies lamun tropis adalah antara 23°C - 32°C. Suhu optimal untuk lamun 28-30 °C (KLH, 2004). Salinitas berkisar 32-35 ppt. Kondisi salinitas untuk perairan laut Indonesia umumnya berkisar antara 28-33 ppt (Nontji 2010). Salinitas optimal untuk lamun 33-34 ppt (KLH, 2004). Derajat keasaman (pH) perairan berkisar 8,03-8,20. Pratiwi (2010) mengatakan pH di perairan Teluk Lampung berkisar antara 6,0 – 6,8. Derajat keasaman optimal untuk lamun 7-8,5 (KLH, 2004). Oksigen terlarut berkisar 8,4-9 mg/l. Oksigen terlarut optimal untuk lamun di atas 5 mg/l (KLH, 2004). Kecepatan arus berkisar 0,06-0,14 cm/s. Kecepatan arus yang mendukung proses fotosintesis lamun berkisar 0,25-0,64 m/s (Ghufran dan Kordi 2011). Kecerahan berkisar 1,33-1,63 m. Kusuma (2022) mengatakan di perairan Kabupaten Pesawaran memiliki kecerahan berkisar 0,11-0,41 m. Parameter fisika-kimia perairan di lokasi penelitian dilihat pada Tabel 2.

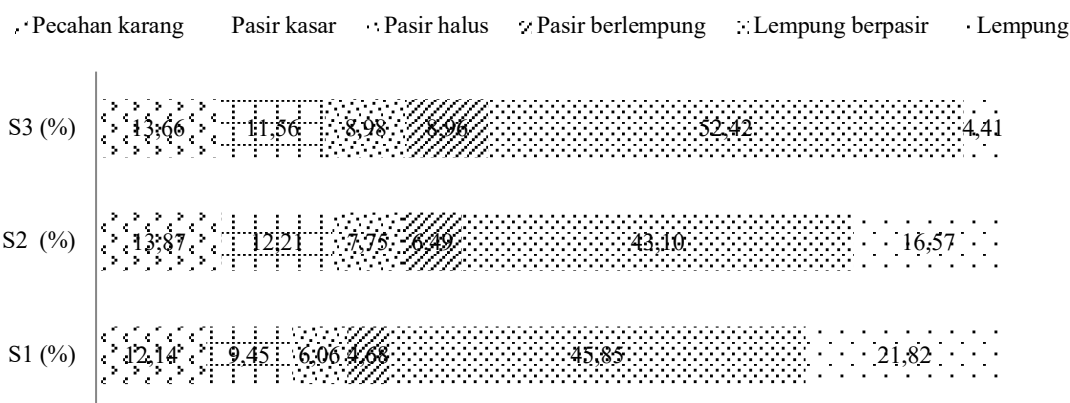
Tabel 2. Parameter fisika-kimia perairan di lokasi penelitian

No	Parameter	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
1	Suhu (°C)	31,6	30,9	30,8
2	Salinitas (ppt)	35	32	34
3	Derajat keasaman (pH)	8,03	8,15	8,2
4	Oksigen terlarut (mg/l)	8,6	8,4	9
5	Kecepatan arus (m/s)	0,06	0,08	0,14

6	Kecerahan (m)	1,33	1,4	1,63
---	---------------	------	-----	------

Ukuran Butir Sedimen

Komposisi ukuran butir sedimen di lokasi penelitian untuk pecahan karang berkisar 12,14-13,87%, pasir berkisar 9,45-12,21%, pasir halus berkisar 6,06-8,98%, pasir berlempung berkisar 4,68-8,96%, lempung berpasir berkisar 43,10-52,42%, lempung berkisar 4,41-21,82%. Sedimen vegetasi lamun di lokasi penelitian di dominasi oleh lempung berpasir mendominasi di setiap stasiun. Ukuran butir sedimen di perairan Teluk Lampung memiliki nilai rata-rata persentase sebesar 44,43% (pasir kasar), 46,98% (pasir halus), 2,08% (lanau) dan 6,51% (liat) (Isnaini dan Aryawati, 2023). Ukuran butir sedimen di lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ukuran butir sedimen di lokasi penelitian

Serapan Karbon Vegetasi Lamun

Serapan karbon vegetasi lamun di lokasi penelitian berkisar 5,83-53,45 gC/m² dengan rata-rata 31,94 gC/m². Karbon tersimpan pada vegetasi lamun di Kepulauan Anambas berkisar 51,89 - 80,66 gC/m² (Budiarto *et al.*, 2021), di Bali sebesar 61,56 gC/m² (Pranata *et al.*, 2020), di Bima sebesar 6,38 gC/m² (Marliana *et al.*, 2021), di Karimun Jawa sebesar 119,99 gC/m² (Hartati *et al.*, 2017). Serapan karbon lamun jenis *E. acoroides* adalah 31,33 gC/m² lebih tinggi dibandingkan lamun jenis *T. hemprichii* adalah 0,28 gC/m² dan *H. uninervis* adalah 0,25 gC/m². Simpanan karbon vegetasi lamun di lokasi penelitian sebesar 31,94 gC/m² atau setara dengan 0,31 tonC/ha. Serapan karbon vegetasi lamun dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Serapan karbon vegetasi lamun di lokasi penelitian

Stasiun	Karbon tersimpan pada vegetasi lamun			
	<i>E. acoroides</i>	<i>T. hemprichii</i>	<i>H. uninervis</i>	Jumlah
1	5,55	0,01	0,27	5,83
2	52,60	0,60	0,25	53,45
3	35,86	0,25	0,24	36,35
Rerata Karbon (gC/m ²)	31,33	0,28	0,25	31,94

Serapan Karbon Sedimen Lamun

Serapan karbon sedimen lamun di lokasi penelitian berkisar 9,86-14,82 gC/m² dengan rata-rata 12,02 gC/m². Karbon tersimpan pada sedimen lamun di di Bali berkisar 61,83 gC/m² (Pranata *et al.*, 2020), di Bima sebesar 9,72 gC/m² (Marliana *et al.*, 2021), di Karimun Jawa

sebesar 193,31 gC/m² (Hartati *et.al.*, 2017). Simpanan karbon sedimen lamun di lokasi penelitian sebesar 12,02 gC/m² atau setara dengan 0,12 tonC/ha. Simpanan karbon sedimen lamun dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Serapan karbon sedimen lamun di lokasi penelitian

Stasiun	Kandungan C-organik sedimen (gC/m ²)
1	9,86
2	14,82
3	11,37
Rerata Karbon (gC/m ²)	12,02

Stok karbon ekosistem lamun di lokasi penelitian sebesar 0,42 ton C/ha dimana terdiri dari simpanan karbon vegetasi lamun sebesar 0,31 tonC/ha dan simpanan karbon sedimen lamun sebesar 0,12 tonC/ha pada ekosistem lamun dengan luas 3,1 ha.

PEMBAHASAN

Struktur Vegetasi Lamun

Komposisi lamun di ketiga lokasi penelitian terdiri dari *E. acoroides*, *T. hemprichii* dan *H. uninervis*. Phillips dan Menez (2008) mengatakan lamun *E. acoroides* dan *T. hemprichii* merupakan spesies lamun yang mendominasi di wilayah Indo-Pasifik. Kerapatan lamun merupakan banyaknya individu atau tegakan suatu jenis lamun pada luasan tertentu (McKenzie *et al.*, 2003). Frekuensi spesies merupakan penggambaran peluang ditemukan spesies lamun dalam transek yang dibuat untuk menggambarkan presentase kehadiran spesies lamun yang ada (Setyobudiandi *et al.*, 2009). Tutupan lamun adalah presentase luasan suatu daerah tertentu yang ditutupi oleh vegetasi lamun (Short dan Coles, 2003). Kerapatan, frekuensi dan tutupan lamun dilokasi penelitian didominasi oleh lamun *E. acoroides*. Ghufuran dan Kordi (2011) mengatakan lamun *E. acoroides* adalah spesies ditemukan membentuk komunitas tunggal sehingga mengurangi ruang hidup untuk lamun lainnya. Lamun *E. acoroides* yang memiliki tubuh dan kanopi yang besar dan panjang mendukung sedimentasi dan meningkatkan suplai nutrisi (Hemminga dan Duarte 2000). Larkum *et al.*, (2006) yang menyatakan bahwa lamun *E. acoroides* yang memiliki pertumbuhan yang cepat sehingga lamun jenis ini yang paling mendominasi di padang lamun tersebut. Selain itu, *E. acoroides* memiliki tingkat adaptasi yang tinggi sehingga dapat hidup pada berbagai jenis substrat sehingga dapat ditemui dan tersebar luas di seluruh perairan Indonesia (Takaendengan dan Azkab, 2010). Kerapatan, frekuensi dan tutupan lamun dilokasi penelitian didominasi oleh *E. acoroides* karena lamun *E. Acoroides* memiliki morfologi yang lebih besar dibandingkan *T. hemprichii* dan *H. uninervis*.

Paramater Fisika Kimia Perairan

Kondisi lingkungan perairan mempengaruhi kualitas ekosistem lamun yang dapat berdampak kepada peran ekosistem lamun di dalam aktivitas penyerapan karbon (Wahyudi *et al.*, 2020). Parameter fisika-kimia perairan di lokasi penelitian secara umum masih berada di dalam kisaran baku mutu untuk biota laut terutama untuk ekosistem lamun. Suhu berkaitan dengan kapasitas bahang dalam suatu perairan (Effendi, 2003). Suhu merupakan salah satu faktor yang penting dalam mengatur perkembangan kehidupan dan penyebaran organisme serta mempengaruhi aktivitas metabolisme maupun pertumbuhan organisme (Fredriksen *et al.*, 2010). Salinitas berkaitan dengan jumlah garam terlarut yang terkandung dalam satu kilogram air laut dimana dianggap semua karbonat telah diubah menjadi oksida dan unsur Bromida (Br), Iodium (I) diganti oleh Klorida (Cl) dan semua bahan organik telah dioksidasi secara sempurna

(Effendi, 2003). Salinitas perairan berpengaruh terhadap terhadap kerapatan, dan biomassa lamun (Hartati *et al.*, 2012). Touchette (2007) kerapatan dan biomassa lamun berhubungan dengan produktivitas primer yang berlangsung dimana terkait dengan penyerapan nutrisi yang sangat dipengaruhi oleh salinitas. Derajat keasaman (pH) berkaitan dengan jumlah ion hidrogen (H⁺) yang dinyatakan logaritmik dalam suatu perairan (Effendi, 2003). pH suatu perairan dapat mencerminkan keseimbangan antar asam dan basa dalam perairan. Penelitian mengenai pengaruh pH dalam pertumbuhan lamun masih belum banyak ditemui, namun pada lamun *Halophila johnsonii* menunjukkan bahwa peningkatan fotosintesis diikuti dengan penurunan tingkat pH (Torquemada *et al.*, 2005). Oksigen terlarut merupakan jumlah oksigen yang terlarut dalam perairan (Effendi, 2003). Oksigen terlarut dalam perairan alami sangat bervariasi tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air serta tekanan atmosfer. Penurunan oksigen terlarut dapat menghambat proses fotosintesis yang kemudian akan menurunkan produktivitas primer lamun. Arus adalah pergerakan massa air menuju kesetimbangan baik secara horizontal maupun vertikal (Effendi, 2003). Arus pada dipengaruhi oleh angin, gelombang dan pasang surut. Koch *et al.*, (2006) mengatakan lamun tidak dapat hidup pada daerah dengan paparan gelombang yang tinggi dan arus yang kuat. Kecepatan arus di lokasi penelitian ini tergolong lemah sehingga mencerminkan perairan yang tenang dan terlindung. Kecerahan merupakan gambaran ukuran transparansi suatu perairan (Effendi, 2003). Kecerahan erat hubungannya dengan penetrasi cahaya matahari dan memengaruhi sebaran dan kerapatan lamun. Hartati *et al.*, (2017) perairan yang keruh berpotensi mengurangi penetrasi cahaya matahari sehingga mengganggu produktivitas primer lamun.

Ukuran Butir Sedimen

Tipe substrat berperan penting bagi ekosistem lamun. Feryatun *et al.*, (2012) mengatakan tipe substrat dapat mempengaruhi jenis dan kerapatan lamun yang tumbuh di atasnya dimana memiliki melindungi lamun dari arus dan tempat penyedia nutrisi bagi lamun. Ukuran fraksi substrat memiliki hubungan terhadap kemampuan simpanan unsur hara yang dibutuhkan dalam proses metabolisme lamun. Substrat di ekosistem lamun dapat dikelompokkan berdasarkan ukuran butir sedimen menjadi enam kategori yaitu lumpur, lempung berpasir, pasir, pasir berlempung, puing karang, dan bebatuan (Kiswara 2004). Sedimen vegetasi lamun di lokasi penelitian di dominasi oleh lempung berpasir mendominasi di setiap stasiun. Ukuran butir sedimen juga mempengaruhi karbon organik pada sedimen lamun. Ukuran substrat dasar perairan berdampak terhadap proses pengikatan bahan organik, sedimen yang memiliki ukuran partikel lebih kecil seperti lumpur mampu mengikat bahan organik yang lebih tinggi (Cyle *et al.*, 2016).

Karbon Vegetasi Lamun

Karbon di ekosistem lamun dapat berasal dari sistem itu sendiri seperti serasah lamun, biota yang mati, dan sisa metabolisme biota yang disebut *autochthonous* dan karbon yang berasal dari luar sistem seperti masukan daratan yang disebut *allochthonous*. Karbon di perairan yang diserap oleh lamun diubah menjadi biomassa pada bagian atas berupa seludang dan dedaunan dan bagian bawah berupa akar dan rhizoma sedimen. Sistem perakaran lamun yang kompleks dan padat membuat karbon dalam sedimen terperangkap dan terus bertambah seiring dengan bertambahnya luasan padang lamun. Nugraha *et al.*, (2020) menjelaskan biomassa lamun pada bagian bawah memiliki kandungan bahan organik yang lebih tinggi dan lebih padat dibandingkan bagian atas. Rahmawati (2011) dan Harimbi *et al.*, (2019) akumulasi karbon pada bagian bawah menjadi semakin tinggi dikarenakan pergantian akar dan rimpang yang relatif lambat mengutamakan pertumbuhan akar dan rimpang untuk penetrasi lebih kuat. Miyajima *et al.*, (2015) menyampaikan bahwa karbon yang tersimpan di bawah merupakan karbon yang

“terkunci” karena sebagian besar akan tertahan dan tertimbun dalam waktu yang lama. Serapan karbon vegetasi lamun di lokasi penelitian lebih kecil jika dibandingkan dengan penelitian yang telah sebelumnya. Perbedaan ini disebabkan kondisi lokasi yang berbeda sehingga jumlah kerapatan dan biomassa lamun berbeda. Mashoreng *et al.*, (2018) menyatakan bahwa simpanan karbon berbanding lurus dengan kerapatan dan tutupan lamun. Keragaman dan kerapatan lamun dilokasi penelitian yang sedikit sehingga serapan karbon vegetasi lamun lebih kecil dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

Serapan karbon lamun jenis *E. acoroides* lebih besar dibandingkan *T. hemprichii* dan *H. uninervis*. Kennedy dan Bjork (2009) mengatakan spesies lamun yang bentuk morfologinya besar cenderung memiliki biomassa yang besar sehingga memiliki kapasitas akumulasi karbon yang lebih besar. Azkab (2007) menambahkan lamun jenis *E. acoroides* mempunyai ukuran daun dan rhizoma yang lebih besar dan disertai kerapatan yang tinggi akan menyebabkan nilai biomassa padang lamun tersebut menjadi lebih tinggi. Tinggi atau rendahnya cadangan karbon pada lamun disebabkan karena ukuran morfologinya sehingga mempengaruhi biomasannya, selain itu juga disebabkan nilai kandungan karbon pada setiap jenisnya (Khairunnisa *et al.*, 2018). Rustam *et al.*, (2014) mengatakan lamun *E. acoroides* merupakan jenis lamun yang berpotensi sebagai *blue carbon*. Serapan karbon terbesar lamun jenis *E. acoroides* karena lamun *E. Acoroides* memiliki morfologi yang lebih besar sehingga biomassa dan karbon tersimpan lebih besar dibandingkan *T. hemprichii* dan *H. uninervis*. Kemampuan penyimpanan karbon di bagian atas lamun memiliki beberapa kekurangan karena mudah terpengaruh faktor fisik lingkungan, dimanfaatkan dalam rantai makanan dan terdekomposisi sehingga karbon yang tersimpan tidak bertahan lama (Dewi *et al.*, 2021). Nilai karbon tersimpan pada vegetasi lamun di pengaruhi oleh faktor lingkungan seperti gelombang, arus, dan kegiatan antropogenik (Fifianingrum *et al.*, (2020).

Karbon Sedimen Lamun

Proses penyimpanan karbon di sedimen lamun dilakukan melalui proses fotosintesis kemudian karbon akan ditimbun di sedimen ekosistem lamun. Fourqrean *et al.*, (2012) mengatakan kandungan karbon organik di sedimen lamun secara global berkisar 0-48,2%. Kennedy *et al.*, (2010) menambahkan sumber kandungan karbon organik pada sedimen lamun berada pada kedalaman 0-10 m dari biomassa lamun. Karbon organik pada sedimen ekosistem lamun berasal dari serasah jaringan lamun dan sisanya berasal dari lingkungan sekitar ekosistem lamun (Rahayu *et al.*, 2019). Sumber karbon organik yang tersimpan pada sedimen di ekosistem lamun dapat berasal dari partikel tersuspensi yang disebut dengan “*marine snow*” baik yang bersifat *autochthonous* maupun *allochthonous* (Wahyudi *et al.*, 2016). Kennedy *et al.*, (2010) karbon yang terakumulasi di padang lamun tidak hanya berasal dari produksi lamun itu sendiri, melainkan dari material organik yang terbawa kemudian terendapkan pada sedimen lamun. Sedimen yang berada di bawahnya merupakan bagian yang berperan penting dalam menyimpan karbon dalam jangka waktu panjang karena karbon yang tersimpan pada sedimen sedikit dipengaruhi oleh faktor fisik lingkungan sehingga padang lamun dianggap sebagai *carbon sinker* yang efektif (Miyajima *et al.*, 2015). Karbon sedimen di lokasi penelitian yang hampir sama dengan penelitian sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa simpanan karbon di sedimen bersifat dinamis. Karbon yang tersimpan pada bagian atas sedimen dapat diubah menjadi karbon organik yang dimanfaatkan oleh tanaman atau terlarut dalam air melalui proses resuspensi. Simpanan karbon vegetasi lamun lebih besar dibandingkan simpanan karbon sedimen di lokasi penelitian. Kondisi ini terjadi pada daerah lamun yang dapat tumbuh dengan baik, dengan faktor lingkungan yang sesuai maka tingkat kematian jadi lebih kecil. Hal ini menyebabkan sumber bahan organik yang berasal dari serasah lebih kecil. Sumber bahan organik di sedimen ekosistem lamun dominan berasal dari proses pelapukan serasah.

Kandungan karbon dibawah substrat akan tetap tersimpan disedimen walaupun lamun tersebut telah mati, sedangkan kandungan karbon diatas substrat hanya akan tersimpan ketika tunas lamun masih dalam keadaan hidup.

KESIMPULAN

Komposisi lamun terdiri dari *E. acoroides*, *T. hemprichii* dan *H. uninervis* dengan kategori tutupan lamun baik. Paramater fisika-kimia perairan berada dalam kondisi yang cocok untuk pertumbuhan lamun. Sedimen lamun berupa lempung berpasir. Nilai kerapatan, frekuensi, tutupan dan simpanan karbon *E. acoroides* lebih tinggi dibandingkan *T. hemprichii* dan *H. uninervis*. Kandungan karbon vegetasi lamun dipengaruhi oleh kerapatan dan biomassa sedangkan kandungan karbon pada sedimen dipengaruhi oleh ukuran partikel dan kondisi lingkungan. Stok karbon ekosistem lamun di lokasi penelitian sebesar 0,42ton C/ha pada ekosistem lamun dengan luas 3,1 ha. Stok karbon pada ekosistem lamun di Desa Sukajaya membuktikan dapat berperan sebagai penyerap karbon (*carbon sink*) yang dapat berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada rekan dosen dan mahasiswa Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah membantu selama kegiatan penelitian dan penulisan karya tulis ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- Azkab, M.H. (2007). *Status Sumberdaya Padang Lamun di Teluk Gilimanuk, Taman Nasional Bali Barat*. Jakarta: P2O-LIPI
- BSN [Badan Standarisasi Nasional]. (2011). *Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon-Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (SNI 7724: 2011)*. Jakarta: BSN
- Budiarto, M.A.R.R., Iskandar, J. dan Pribadi, T.D.K. (2021). Cadangan karbon pada ekosistem padang lamun di Siantan Tengah Taman Wisata Perairan Kepulauan Anambas. *Kelautan Tropis*, 24 (1), 45-54
- Cyle, K.T., N. Hill, K., Young, T. Jenkins, D. Hancock, P.A. Schroeder, dan A. Thompson. (2016). Substrate quality influences organic matter accumulation in the soil silt and clay fraction. *Soil Biology and Biochemistry*, 103, 138-148
- Dewi, S. K., Setyati, W. A., dan Riniatsih, I. (2021). Stok karbon pada ekosistem lamun di Pulau Kemujan dan Pulau Bengkoang Taman Nasional Karimunjawa. *Marine Research*, 10 (1), 39-47
- Dlugokencky, E.J., Houweling, S., Bruhwiler, L., Masarie, K.A., Lang, P.M., Miller, J.B. dan Tans, P.P. (2003). Atmospheric Methane Levels Off: Temporary Pause or a New Steady-State. *Geophysical Research Letters*, 30 (19), 1-4
- Duarte, C.M., Middelburg, J.J., dan Caraco, N. (2005). Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences*, 2, 1-8.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualias Air*. Yogyakarta: Kanisius
- Eviati dan Sulaeman. (2009). *Petunjuk Teknis Edisi 2: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor: Balai Penelitian Tanah-Kementerian Pertanian
- Feryatun, F., Hendrarto, B., dan Widyorini, N. (2012). Kerapatan dan distribusi lamun (*seagrass*) berdasarkan zona kegiatan yang berbeda di Perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu. *Management of Aquatic Resources*, 1 (1), 1-7

- Fifianingrum, K.P.N.D., Endrawati, H. dan Riniatsih, I. (2020). Simpanan karbon pada ekosistem lamun di Perairan Alang-Alang dan Perairan Pancuran Karimunjawa, Jawa Tengah. *Marine Research*, 9 (3), 289-295
- Fourqurean, J. W., Duarte, C. M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M. A., Apostolaki, E. T., Kendrick, G. A., Jensen, D. K., McGlathery, K. J. dan Serrano, O. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, 5, 505-509
- Fredriksen, S., De Backer, A., Boström, C. dan Christie, H. 2010. Infauna from *Zostera marina* L. meadows in Norway. Differences in vegetated and unvegetated areas. *Marine biology research*, 6 (2), 189-200.
- Ghufron, M.H. dan Kordi, K. (2011). *Ekosistem Lamun (Seagrass)*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Harimbi, K.A., Taufiq-Spj, N., dan Riniatsih, I. (2019). Potensi penyimpanan karbon pada lamun spesies *Cymodocea serrulata* dan *Enhalus acoroides* di Perairan Jepara. *Oceanografi Marina*, 8 (2), 109-115
- Hartati, R., Djunaedi, A., Hariyadi, dan Mujiono. (2012). Struktur komunitas padang lamun di Perairan Pulau Kumbang, Kepulauan Karimunjawa. *Ilmu Kelautan*, 17 (4), 217 – 225
- Hartati, R., Pratikto, I., dan 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
- Hemminga, M.A. dan Duarte, C.M. (2000). *Seagrass Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Howard, J., S. Hoyt, K. Isensee, E. Pidgeon dan M. Telszweski. (2014). *Coastal Blue Carbon: Methods for Assesing Carbon Stock and Emissions Factor in Mangrove, Tidal Salt Marshes, and Seagrasses*. USA: IOC-UNESCO
- Isnaini dan Aryawati R. (2023). Kerapatan lamun dan hubungan dengan parameter lingkungan di perairan pesisir Teluk Lampung. *Buletin Oseanografi Marina*, 12 (3), 331-339
- IPCC. (2007). *Causes of change. Climate change 2007*. USA: Synthesis Report
- Kawaroe, M., Nugraha, A.H., Juraij, I.A., dan Tasabaramo. (2016). Seagrass biodiversity at three marine ecoregions of Indonesia Sunda Shelf, Sulawesi Sea, and Banda Sea. *Biol Divers*, 17 (2), 585–591
- Kementrian Lingkungan Hidup [KLH]. 2004. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 200 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku: Keusakan dan Pedoman Status Padang Lamun*. Jakarta: KLH.
- Kementerian Lingkungan Hidup [KLH]. 2004. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku: Air Laut Untuk Biota*. Jakarta: KLH.
- Kennedy, H. dan Björk, M. (2009). *Seagrass Meadows*. Gland: Swiss Printers
- Kennedy, H., Beggins, J., Duarte, C.M., Fourqurean, J.W., Holmer, M., Marbà, N., dan Middelburg, J.J. (2010). Seagrass sediments as a global carbon sink: Isotopic constraints. *Global Biogeochem Cycle*, 24, 1-8
- Khairunnisa, Setyobudiandi, I. dan Boer, M. (2018). Estimasi Cadangan Karbon Pada Lamun di Pesisir Timur Kabupaten Bintan. *Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10 (3), 639-650
- Kiswara, W. (2004). *Struktur Komunitas Padang Lamun Perairan Indonesia. Inventarisasi dan Evaluasi Potensi Laut-Pesisir II*. Jakarta: P2O-LIPI
- Koch, E.W., Sanford, L.P., Chen Shih-Nan, Shafer, D.J., dan Smith, J.M. (2006). *Waves in Seagrass Systems : Review and Technical Recommendations*. System-Wide Water Resources USA: Aquatic Vegetation Restoration Research Program.

- Kusuma, A.H. (2022). Potensi Lamun Sebagai Penunjang Ekowisata Bahari di Pantai Ketapang, Desa Batu Menyan, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. *Pengelolaan Perikanan Tropis*, 6 (2), 114-125
- Larkum, A.W., Roberth, J.O., dan Duarte, C.M. (2006). *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Belanda: Springer
- Lee, K.S., Park, S.R. dan Kim, Y.K. (2007). Effects of irradiance, temperature, and nutrients on growth dynamics of seagrasses: a review. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350 (2), 144-175.
- Marliana, I., Ahyadi, H., Candri, D.A., Rohyani, I.S., Tarigan, S.A.R, Trilestari, P.S., Aviandhika, S. dan Astuti, S.P. (2021). Estimasi simpanan karbon dan status kesehatan padang lamun di Pulau Kelapa Kabupaten Bima. *Bioscientist : Ilmiah Biologi*, 9 (1), 72-85
- Martusa, R., Sibarani, K., dan Maranatha, A.K. (2009). Peranan environmental accounting terhadap global warming. *Akunt*, 1 (2), 164–179
- Mashoreng, S., Selamat, M.B., Amri, K., dan La Nafie, Y.A. (2018). Hubungan antara persen penutupan dan simpanan karbon lamun. *Akuatika Indonesia*, 3 (1), 74- 83.
- Miyajima, T., M. Hori, M. Hamaguci, H. Shimabukuro, H. Adachi, H. Yamano dan M. Nakaoka. (2015). Geographic variability in organic carbon stock and accumulation rate in sediments of East and Southeast Asean seagrass meadows. *Global Biogeochemical Cycles*, 29 (4), 397-415
- McKenzie, L. J., Campbell, S. J. dan Roder, C. A. (2003). *SeagrassWatch: Manual for Mapping & Monitoring Seagrass Resources by Community (citizen) Volunteers*. Australia : CSIRO
- Nontji, A. (2010). *Pengelolaan dan Rehabilitasi Lamun*. Jakarta: Djambatan
- Nugraha, A.H., Tasabaramo, I.A., Hernawan, U.E., Rahmawati, S., Putra, R.D., dan Idris, F. (2020). Estimasi stok karbon pada ekosistem lamun di Perairan Utara Papua (studi kasus: Pulau Liki, Pulau Befondi dan Pulau Meossu). *Kelautan Tropis*, 23 (3), 291-298.
- Phillips, R.C. dan Menez, E.G. (2008). *Seagrass. Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*. Washington: Smithsonian Institution Press
- Prakoso, B.T., Afiati, N., dan Suprpto, D. (2017). Biomassa kandungan karbon dan serapan CO₂ pada tegakan mangrove di kawasan konservasi mangrove Bedono, Demak. *Management of Aquatic Resources*, 6 (2), 156–163
- Prakoso, K., Supriharyono dan Ruswahyuni. (2015). Kelimpahan epifauna di substrat dasar dan daun lamun dengan kerapatan yang berbeda di Pulau Pahawang Provinsi Lampung. *Management of Aquatic Resources*, 4 (3), 117-122
- Parnata, I.K.A., Putra, I.D.N.N dan Indrawan, G.S. (2020). Simpanan karbon pada padang lamun di Perairan Tanjung Benoa, Bali. *Marine and Aquatic Sciences*, 6 (1), 13-21
- Pratiwi, R. (2010). Asosiasi krustasea di ekosistem padang lamun perairan Teluk Lampung. *Ilmu Kelautan*, 15 (2), 66-76
- Rahmawati, S. (2011). Estimasi cadangan karbon pada komunitas lamun di Pulau Pari, Taman Nasional Kepulauan Seribu, Jakarta. *Segara*, 7 (1), 1-12.
- Rahayu, Y.P., T. Solihuddin, M.A. Kusumaningtyas, R.N.A. Ati, H. Salim, T. Rixen, dan A.A. Hutahaean. (2019). The sources of organic matter in seagrass sediments and their contribution to carbon stock in Spermonde Islands, Indonesia. *Aquatic Geochemistry*, 25, 161-178.
- Rustam, A., Kepel, T.L., Afiati, R.N., Salim, H.L., Astrid, M., Daulat, A., Mangindaan, P., Sudirman, N., Puspitaningsih, Y., Dwiyaniti, D. dan Hutahaean, A., (2014). Peran ekosistem lamun sebagai *blue carbon* dalam mitigasi perubahan iklim, studi kasus Tanjung Lesung, Banten. *Segara*, 10 (2), 107–117

- Sari, P.D., Ulqodry, T.Z., Aryawati, R/ dan Isnaini. (2019). Asosiasi gastropoda dengan lamun (seagrass) di perairan Pulau Tangkil Lampung. *Penelitian Sains*, 21 (3), 131-139
- Setyobudiandi, I., Sulistiono, Yulianda, F., Kusmana, C., Hariyadi, S., Damar, A., Sembirig, A., dan Bahtiar, I. (2009). *Sampling dan Analisis Data Perikanan. Terapan Metode Pengambilan Contoh di Wilayah Pesisir dan Laut*. Bogor: Makaira
- Short, F.T., dan Coles, R.G. (2003). *Global Seagrass Research Methods*. Amsterdam: Elsevier Science
- Takaendengan, K. dan Azkab, M.H. (2010). Struktur komunitas lamun di Pulau Talise, Sulawesi Utara. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 36 (1), 85–95.
- Touchette, B.W. (2007). Seagrass-Salinity Interactions: Physiological mechanisms used by submersed marine angiosperms for a life at sea. *Experimental Marine Biology and Ecology*, 350, 194-215
- Torquemada, Y.F., Durako, M.J., dan Lizaso, J.L.S. (2005). Effects of salinity and possible interactions with temperature and pH on growth and photosynthesis of *Halophila johnsonii* Eismen. *Marine Biology*, 148, 251-260
- Triapriyasan, A., Muslim, M., dan Suseno, H. (2016). Analisis jenis ukuran butir sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Oseanografi*, 5 (3), 309-316
- UNEP [United Nations Environment Programme]. (2007). *Annual Report: Global Environment Outlook Yearbook*. Nairobi: UNEP
- Wahyudi, A.J., S. Rahmawati, B. Prayudha, M.R. Iskandar, dan T. Arfianti. (2016). Vertical carbon flux of marine snow in *Enhalus acoroides* dominated seagrass meadows. *Regional Studies in Marine Science*, 5, 27-34.
- Wahyudi, A.J., S. Rahmawati, A. Irawan, H. Hadiyanto, B. Prayudha, M. Hafizt, A. Afdal, N.S. Adi, A. Rustam, U.E. Hernawan, Y.P. Rahayu, M.Y. Iswari, I.H. Supriyadi, T. Solihudin, R.N.A. Ati, T.L. Kepel, M.A. Kusumaningtyas, A. Daulat, H.L. Salim, N. Sudirman, D.D. Suryono, dan W. Kiswara. (2020). Assesing carbon stock and sequestration of the tropical seagrass meadows in Indonesia. *Ocean Science*, 55, 85-97
- Wouthuyzen, S., Kuriandewa, T.R., Prayuda, B., Afadhal, A., Arifin, A. dan Nikijuluw, I. (2009). *Riset untuk Penyusunan Rencana Pengelolaan Sumberdaya Lamun dan Ekosistem Terkait di Wilayah Pesisir Bintan Timur, Riau Kepulauan*. Jakarta: P2O-LIPI.