



Cadangan Karbon di Area Padang Lamun Pesisir Pulau Bintan, Kepulauan Riau

Carbon Stock in Seagrass Meadows of Bintan Island, Riau Archipelago

Indriani¹, A'an J. Wahyudi^{2*}, Defri Yona¹

¹Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya

²Pusat Penelitian Oseanografi LIPI

*Email: aanj001@lipi.go.id

Submitted 17 September 2016. Reviewed 8 June 2017. Accepted 20 August 2017.

Abstrak

Karbon dioksida (CO₂) merupakan salah satu komponen gas rumah kaca yang berkontribusi dalam pemanasan global. Sebanyak 40 Tera ton karbon dioksida tersimpan di laut yang berperan penting dalam siklus karbon. Laut menyerap CO₂ melalui fotosintesis oleh komunitas plankton dan vegetasi pesisir (lamun dan bakau). Proses ini digunakan sebagai salah satu konsep dalam mengurangi efek gas rumah kaca. Pulau Bintan memiliki area padang lamun yang cukup luas. Potensi padang lamun, terutama dalam penyerapan karbon dioksida dapat ditentukan dengan menghitung cadangan karbon. Penelitian ini dilakukan pada bulan April 2016 di pesisir pulau Bintan (Teluk Bakau dan Pengudang). Spesies lamun *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii* secara khusus menjadi target penelitian karena merupakan spesies dominan di perairan pesisir Pulau Bintan. Penentuan potensi cadangan karbon dilakukan dengan melihat estimasi cadangan karbon di dalam sedimen dan di habitus lamun, yaitu bagian di atas substrat (AS) yang terdiri dari daun dan pelepah daun, dan bagian di bawah substrat (BS) yang terdiri dari akar dan rhizoma. Tujuan lain dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan cadangan karbon bagian AS dengan BS, serta antara kedua spesies tersebut. Hasil penelitian menunjukkan nilai cadangan karbon di Stasiun Pengudang (68.398,47 g C/m²) lebih tinggi dibandingkan Stasiun Teluk Bakau (57.763,47 g C/m²). Nilai estimasi cadangan karbon *Enhalus acoroides* secara umum lebih tinggi daripada *Thalassia hemprichii* baik di Stasiun Teluk Bakau maupun di Stasiun Pengudang. Sebaliknya, sedimen di Pengudang memiliki nilai cadangan karbon yang lebih tinggi dibandingkan di Teluk Bakau.

Kata Kunci: karbon dioksida, vegetasi pesisir, padang lamun, Pulau Bintan.

Abstract

Carbon dioxide (CO₂) is the main component of greenhouse gas that contributes to global warming. About 40 Tt CO₂ was accumulated in the ocean plays an important role in the oceans's carbon cycle. The ocean can absorb CO₂ through photosynthesis by the planktonic community or coastal vegetations (i.e. seagrass and mangrove) to reduce atmospheric CO₂. As a study case, we assessed Bintan Island that has the extensive area of seagrass meadows. The potential of seagrass meadows, especially in the absorption of CO₂ can be estimated by determining the carbon stock. The dominant species of seagrass in Bintan Island are *Enhalus acoroides* and *Thalassia hemprichii*. The objectives of this study are carbon stock assessment of the sediment and seagrass

habitus (i.e above substrate (AS) consist of leave blades and fronds and Below Substrate (BS) consist of roots and rhizomes). We compare carbon stock between AS and BS, as well as between two species. The result of the research show that carbon estimation value in Pengudang Station (PS) (68.398,47 g C/m²) is higher than Teluk Bakau Station (57.763,47 g C/m²). The carbon estimation value of *E. acoroides* is higher than others either in TBS or PS. The carbon stock in BS is higher than AS. While the estimated carbon stock in the sediment in PS was higher than in TBS.

Keywords: carbon dioxide, coastal vegetation, seagrass beds, Bintan Island.

Pendahuluan

Isu mengenai pemanasan global menjadi masalah yang hangat diperbincangkan saat ini. Kontributor masalah pemanasan global adalah Gas Rumah Kaca (GRK) yang terdiri dari karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), nitrogen oksida, dan gas *Chlorofluorocarbon* (CFC) (Imiliyana et al. 2011). Atmosfer lebih banyak menerima dibandingkan melepaskan karbon dioksida (komponen utama GRK), akibat dari pembakaran bahan bakar fosil dari kendaraan bermotor dan mesin industri (Houghton et al. 2001). Karbon dioksida yang berada di bumi dan tersimpan di laut sebanyak 93% (40 Tera ton CO₂) sehingga laut berperan penting dalam siklus karbon melalui proses fotosintesis (Nellemann et al. 2009).

Salah satu upaya untuk mengurangi kandungan karbon dioksida, baik di atmosfer maupun di lautan adalah dengan menggunakan vegetasi yang berada di darat maupun di laut untuk menyerap dan menyimpan karbon. Pemanfaatan vegetasi di darat dalam upaya mengurangi karbon dioksida sudah banyak dilakukan, sedangkan penerapan vegetasi laut belum terlihat secara signifikan (Nellemann et al. 2009; Rahmawati 2011). Salah satu komponen ekosistem laut yang dapat mengurangi karbon dioksida adalah lamun. Padang lamun dapat menyimpan karbon 35 kali lebih cepat dibandingkan hutan hujan tropis, dan dapat mengikat karbon dalam waktu ribuan tahun (Nellemann et al. 2009; Macreadie et al. 2014). Selain itu, ekosistem lamun dapat menangkap sekitar 70% dari karbon organik total yang berada di laut (Nellemann et al. 2009).

Salah satu wilayah yang memiliki potensi dalam menyerap karbon adalah Pulau Bintan. Keberadaan padang lamun yang cukup luas, topografi pesisir Pulau Bintan yang landai dengan substrat berpasir dan berlumpur membuat lamun dapat tumbuh dengan baik (Nasution dan Siska 2012). Menurut Kuriandewa dan Supriyadi (2006) terdapat sekitar 2.094 ha lamun yang tersebar di sebelah timur Pulau Bintan, dari Teluk Bakau

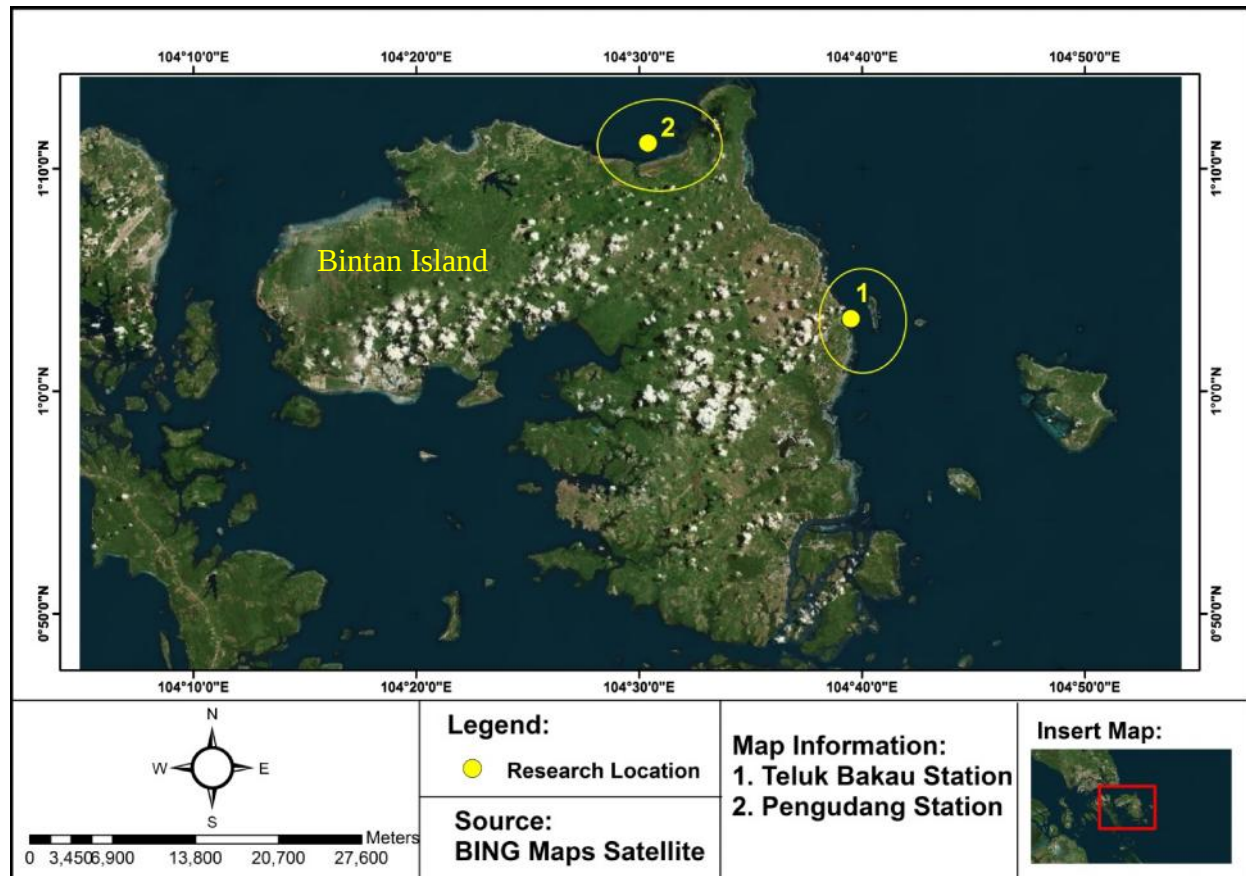
hingga Tanjung Berangkit, dan ditemukan sekitar 10 spesies lamun. Oleh karena itu, cadangan karbon di dalam sedimen dan lamun di pesisir Pulau Bintan penting untuk diketahui.

Berkaitan dengan fungsi lamun sebagai penyerap karbon, kekayaan spesies lamun yang tinggi di Pulau Bintan sangat mendukung upaya pengurangan karbon dioksida dari perairan dan atmosfer. Menurut Lavery et al. (2013), karbon biru/*blue carbon* (termasuk cadangan dan serapan karbon) menjadi sorotan yang potensial bagi ekosistem pesisir karena ekosistem pesisir, terutama lamun, dapat mengurangi emisi CO₂ dengan menangkap dan menyimpan karbon tersebut dalam bentuk biomassa. Penelitian ini dilakukan untuk melihat potensi cadangan karbon di dalam sedimen, dan di dua bagian lamun, yaitu bagian di atas substrat (AS), yang terdiri dari helai daun serta pelepah lamun, dan bagian di bawah substrat (BS), yang terdiri dari akar dan rhizoma pada spesies *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii*.

Metodologi

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April 2016 di Pulau Bintan, Kepulauan Riau. Lokasi penelitian terletak di bagian timur Pulau Bintan, yaitu di Teluk Bakau dan di bagian utara Pulau Bintan, yaitu di Pengudang (Gambar 1). Pulau ini memiliki iklim tropis dengan dua musim yang berbeda sepanjang tahun, yaitu Muson Timur dari bulan November hingga Maret dan Muson Barat dari bulan Juni hingga Oktober (Wahyudi et al. 2016). Menurut DKP Kabupaten Bintan (2011), suhu rata-rata perairan Pulau Bintan pada Muson Barat berkisar 27,0–28,0°C, Muson peralihan dari barat ke timur berkisar 29,0–29,5°C, dan Muson Timur berkisar 31,0–31,5°C. Kondisi salinitas dan pH perairan Kabupaten Bintan rata-rata sebesar 30‰ dan 7,9–8,1. Kandungan oksigen terlarut (DO) berkisar 6,66–8,32 mg/l.



Gambar 1. Lokasi penelitian.

Figure 1. Research location.

Kerapatan Lamun dan Pengambilan Sampel Lamun

Kerapatan lamun dihitung berdasarkan KEPMEN LH No. 200 Tahun 2004 dan Rahmawati et al. (2014), yaitu dengan mengestimasi secara visual menggunakan transek kuadrat berukuran 50 cm x 50 cm. Transek kuadrat diletakkan pada jarak 50 m dari bibir pantai dengan pengulangan plot sebanyak 13 kali di Teluk Bakau dan 6 kali di Pengudang, dengan jarak antara transek 20 m.

Sampel lamun *E. acoroides* dan *T. hemprichii* diambil secara acak dari setiap transek kuadrat. Sampel yang diambil meliputi lamun utuh yang terdiri dari akar, rhizoma, dan pelepah daun. Sampel dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan air dan dimasukkan ke dalam plastik. Setelah itu, sampel dimasukkan ke dalam *cool box* untuk dianalisis di laboratorium.

Rumus yang digunakan untuk menghitung kerapatan jenis lamun (Supriadi et al. 2014) adalah:

$$D = \frac{\sum ni}{A}$$

Keterangan:

D = Kerapatan jenis (individu/m²)

ni = Jumlah tegakan

A = Luas daerah yang disampling (m²)

Pengambilan Sedimen

Sampel sedimen diambil dari setiap transek di masing-masing stasiun menggunakan pipa paralon yang berdiameter 2,5 inci dan panjang 10 cm. Sedimen yang telah diambil dimasukkan ke dalam *cool box* untuk dihitung kandungan karbonnya di Laboratorium Biogeokimia Pusat Penelitian Oseanografi LIPI.

Analisis Biomassa Lamun

Biomassa lamun dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian di atas substrat (AS) yang meliputi daun dan pelepah daun, dan bagian di bawah substrat (BS) yang meliputi akar dan rhizoma. Sampel yang telah diambil dari transek kuadrat dipisahkan antara AS dan BS, kemudian ditimbang. Sampel kemudian dikeringkan pada suhu 60°C dalam oven selama 24 jam, kemudian ditimbang kembali, sehingga diperoleh bobot kering (BK). Penghitungan biomassa lamun menggunakan rumus dari Graha (2016):

$$B = W \times D$$

Keterangan:

B = Biomassa lamun (g/m²)

W = Berat kering sebuah tunas lamun (g/tunas)

D = Kerapatan lamun (individu/m²)

Analisis Kandungan Karbon dalam Lamun dan Sedimen

Penghitungan kandungan karbon dalam lamun (AS dan BS) dan sedimen dilakukan dengan metode pengabuan di Laboratorium Biogeokimia Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Metode pengabuan yang digunakan Helrich (1990) terdiri dari tiga komponen penghitungan, yaitu kadar abu, kandungan bahan organik, dan kandungan karbon.

Persentase kadar abu ditentukan dengan rumus (Helrich 1990):

$$\text{Kadarabu} = \frac{c - a}{b - a} \times 100$$

Keterangan:

a = berat cawan;

b = berat (cawan+sampel);

c = berat (cawan+abu).

Selanjutnya, bahan organik total (*total organic matter*, TOM) dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{TOM} = \frac{[(b - a) - (c - a)]}{b - a} \times 100$$

Keterangan:

a = berat cawan;

b = berat (cawan+sampel);

c = berat (cawan+abu).

Selanjutnya, kandungan karbon dihitung dengan mempertimbangkan faktor konversi (Helrich, 1990) dengan rumus:

$$\text{Kandungankarbon} = \frac{\text{TOM}}{1,724}$$

dengan 1,724 = Konstanta nilai bahan organik karbon total.

Sementara itu cadangan karbon (*carbon stock*) dihitung dengan memperhatikan faktor luas area padang lamun.

Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis dengan *software* IBM SPSS Statistic 2.0 menggunakan uji

normalitas yang kemudian dilanjutkan dengan uji Kruskal Wallis dengan nilai signifikansi (α) sebesar 0,05 dan selang kepercayaan sebesar 95%.

Hasil

Kerapatan Lamun

Nilai total kerapatan lamun *E. acoroides* dan *T. hemprichii* di Teluk Bakau dan Pengudang memiliki perbedaan yang tidak begitu besar (65,23 individu/m² di Teluk Bakau; 70,67 ind/m² di Pengudang), namun memiliki komposisi lamun yang berbeda. Di Teluk Bakau spesies *E. acoroides* memiliki kerapatan lebih tinggi (42,15 individu/m²) dibandingkan dengan spesies *T. hemprichii* (23,08 individu/m²). Namun, di Pengudang spesies *T. hemprichii* memiliki kerapatan lebih tinggi (42,67 individu/m²) dibandingkan dengan spesies *E. acoroides* (28 individu/m²). Tabel 1 menunjukkan nilai kerapatan lamun di Teluk Bakau dan Pengudang.

Biomassa dan Kandungan Karbon Lamun

Biomassa total AS + BS pada spesies *E. acoroides* di Teluk Bakau lebih tinggi, yaitu 1.261,99 g BK/m² dibandingkan dengan di Pengudang, yakni sebesar 964,87 g BK/m² (Tabel 2). Merujuk nilai konversi karbon dari biomasanya, biomassa spesies *E. acoroides* di Pengudang lebih tinggi dibandingkan di Teluk Bakau, yaitu masing-masing 82,84 dan 73,64 g C. Sementara itu, spesies *T. hemprichii* di Pengudang memiliki biomassa total yang lebih tinggi dibandingkan dengan di Teluk Bakau. Biomassa total *T. hemprichii* di Pengudang adalah 551,83 g BK/m² (setara dengan 71,04 g C), sedangkan di Teluk Bakau sebesar 248,66 g BK/m² (setara dengan 36,51 g C).

Tabel 1. Nilai kerapatan lamun.

Table 1. The values of seagrass density.

Station	<i>E. acoroides</i> (ind/m ²)	<i>T. hemprichii</i> (ind/m ²)	Total (ind/m ²)
Teluk Bakau	42.15	23.08	65.23
Pengudang	28.00	42.67	70.67

Tabel 2. Nilai biomassa dan konversinya ke nilai karbon.

Table 2. The values of biomass and its conversion into carbon values.

Station	Species	Above Substrate (AS)		Below Substrate (BS)		AS + BS	
		Biomass (g DW/m ²)	Carbon (g C/m ²)*	Biomass (g DW/m ²)	Carbon (g C/m ²)*	Biomass (g DW/m ²)	Carbon (g C/m ²)*
Teluk Bakau	Ea	188.65	35.08	1,073.34	38.56	1,261.99	73.64
	Th	34.40	17.69	214.26	18.82	248.66	36.51
Total						1,510.65	110.51
Pengudang	Ea	106.22	39.26	858.65	43.58	964.87	82.84
	Th	54.75	30.91	497.08	40.13	551.83	71.04
Total						1,516.7	153.88

Remarks: Ea = *E. acoroides* Th = *T. hemprichii*

* The carbon value in g C denotes equality of biomass value if converted to carbon value.

Nilai biomassa bagian AS dan BS di kedua stasiun menunjukkan persamaan, yaitu nilai BS lebih besar daripada nilai AS pada kedua spesies. Spesies *E. acoroides* di Teluk Bakau memiliki nilai biomassa AS dan BS yang lebih tinggi daripada di Pengudang, walaupun perbedaannya tidak begitu besar. Biomassa dan kandungan karbon bagian AS dan BS pada spesies *T. hemprichii* di Pengudang mencapai dua kali lipat biomassa di Teluk Bakau.

Persentase total biomassa AS dan BS di kedua stasiun menunjukkan persamaan, walaupun secara keseluruhan nilai BS lebih besar daripada nilai AS. Persentase lamun yang besar di bagian BS jauh lebih tinggi daripada di bagian AS, 5–8 kali lipat, baik di Teluk Bakau maupun di Pengudang. Persentase biomassa lamun bagian AS lebih besar di Teluk Bakau (15%) daripada di Pengudang (11%). Sebaliknya, persentase biomassa bagian BS lebih besar di Pengudang (89%) daripada di Teluk Bakau (85%) (Gambar 2).

Kandungan Karbon per Gram Biomassa

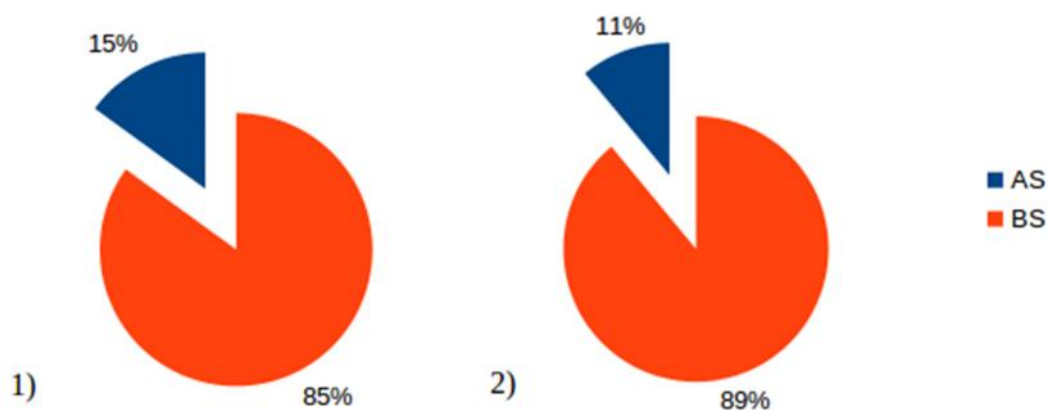
Kandungan total karbon dalam lamun per gram biomassa spesies *E. acoroides* lebih tinggi di Pengudang dibandingkan di Teluk Bakau dengan nilai hampir dua kali lipat, yaitu 0,23 g C/g biomassa di Teluk Bakau dan 0,42 g C/g biomassa di Pengudang (Tabel 3). Hal yang sama terjadi

untuk kandungan karbon dalam lamun per gram biomassa pada spesies *T. hemprichii* yang lebih tinggi di Pengudang (0,64 g C/g biomassa) dibandingkan dengan di Teluk Bakau (0,60 g C/g biomassa).

Kandungan karbon yang tersimpan dalam biomassa lamun lebih tinggi di bagian AS dibandingkan BS, baik pada spesies *E. acoroides* maupun *T. hemprichii*. Perbandingan kandungan karbon di bagian AS dan BS pada spesies *E. acoroides* di kedua lokasi penelitian lebih tinggi di Pengudang. Pada spesies *T. hemprichii* nilai kandungan karbon di bagian AS juga lebih tinggi di Pengudang, tetapi nilai kandungan karbon di bagian BS lebih tinggi di Teluk Bakau.

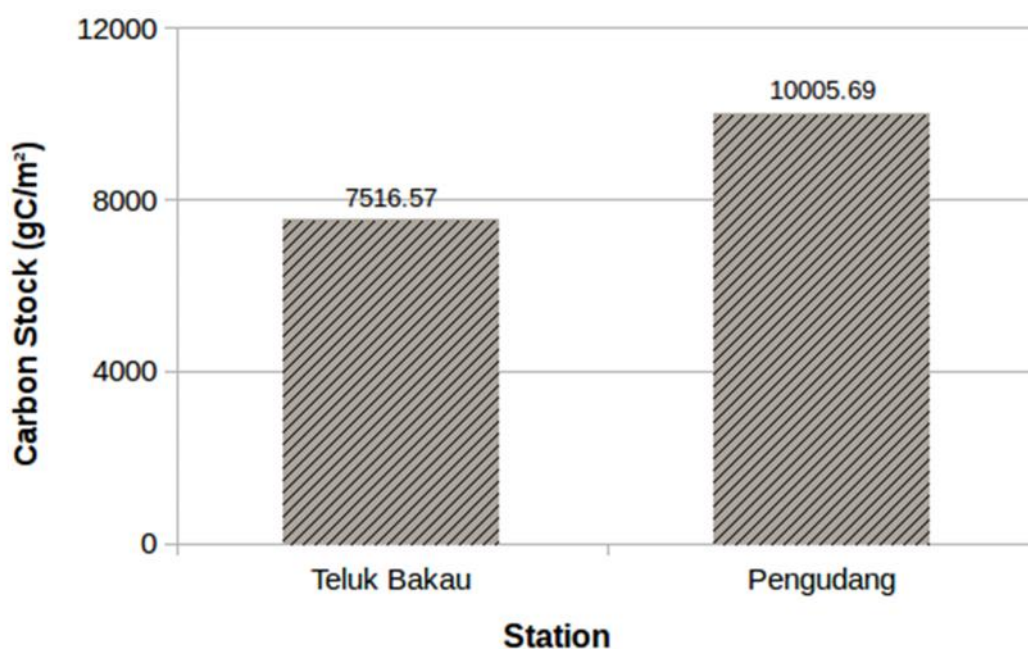
Cadangan Karbon dalam Sedimen

Cadangan karbon (*carbon stock*) merupakan jumlah karbon yang tersimpan. Istilah ini dibedakan dengan kandungan karbon dalam hal cakupannya dimana cadangan karbon mempertimbangkan total luas area lokasi yang diuji. Cadangan karbon dalam sedimen lebih tinggi di Pengudang dibandingkan di Teluk Bakau dengan perbedaan yang signifikan, yaitu 7.516,57 g C/m² di Teluk Bakau dan 10.005,69 g C/m² di Pengudang (Gambar 3).



Gambar 2. Persentase biomassa lamun bagian AS dan BS untuk 1) Stasiun Teluk Bakau dan 2) Stasiun Pengudang.

Figure 2. Percentage of AS and BS seagrass biomass for 1) Teluk Bakau and 2) Pengudang stations



Gambar 3. Cadangan karbon dalam sedimen.

Figure 3. Carbon stock in sediment.

Tabel 3. Kandungan karbon per gram biomassa.

Table 3. Carbon concentration per gram of biomass.

Station	Species	Carbon concentration (g C/g biomass)		Total Carbon concentration (AS + BS) (g C/g biomass)
		AS	BS	
Teluk Bakau	Ea	0.19	0.04	0.23
	Th	0.51	0.09	0.60
Pengudang	Ea	0.37	0.05	0.42
	Th	0.56	0.08	0.64

Tabel 4. Estimasi cadangan karbon pada lamun.

Tabel 4. Estimation of carbon stock in seagrass.

Station	Species	Carbon stock (g C/m ²)		Species carbon stock (g C/ m ²)
		AS	BS	
Teluk Bakau	Ea	7,063.77	42,826.10	49,889.87
	Th	1,096.49	6,777.11	7,873.6
Total				57,763.47
Pengudang	Ea	4,195.85	37,527.43	41,723.28
	Th	1,884.97	24,790.22	26,675.19
Total				68,398.47

Estimasi Cadangan Karbon dalam Lamun

Nilai estimasi cadangan karbon dalam spesies *E. acoroides* di kedua stasiun memiliki perbedaan yakni 49.889,87 g C/m² di Teluk Bakau dan 41.723,28 g C/m² di Pengudang. Berbeda halnya dengan spesies *T. hemprichii* yang memiliki nilai estimasi cadangan karbon yang lebih tinggi di Pengudang (26.675,19 g C/m²) daripada di Teluk Bakau (7.873,6 g C/m²). Nilai estimasi cadangan karbon pada spesies *E. acoroides* lebih besar dibandingkan spesies *T. hemprichii* dengan perbedaan yang nyata (Kruskal Wallis test: Chi-Square = 12,976, dF = 1, *p*-value = 0,00).

Estimasi cadangan karbon di kedua stasiun penelitian memiliki perbedaan signifikan antara bagian AS dan BS. Di Teluk Bakau, estimasi cadangan karbon bagian BS mencapai enam kali lipat bagian AS pada kedua spesies. Di Pengudang estimasi cadangan karbon bagian BS pada spesies *E. acoroides* mencapai delapan kali lipat bagian AS dan pada spesies *T. hemprichii* mencapai tiga belas kali lipat bagian AS.

Pembahasan

Kerapatan Lamun

Kerapatan spesies *E. acoroides* yang tinggi di Teluk Bakau dan *T. hemprichii* di Pengudang (Tabel 1) sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nainggolan (2011) di Teluk Bakau dan Harpiansyah et al. (2014) di Pengudang. Menurut Nainggolan (2011), kedua spesies tersebut tersebar secara luas di perairan Teluk Bakau, terutama *E. acoroides*. Sebaliknya, penelitian Harpiansyah et al. (2014) mengenai struktur komunitas lamun di Pengudang menyatakan bahwa nilai rata-rata kerapatan lamun di Pengudang lebih tinggi pada spesies *T. hemprichii* dibandingkan dengan spesies yang lain.

Perbedaan komposisi lamun di masing-masing stasiun penelitian berkaitan dengan kemampuan adaptasi yang berbeda pada kedua spesies. Perbedaan tersebut diduga karena tipe

sedimen yang secara visual berbeda di kedua stasiun. Teluk Bakau memiliki sedimen dengan ukuran butiran yang lebih besar dan bercampur dengan pecahan cangkang biota, sedangkan Pengudang memiliki tipe sedimen lebih halus dan bercampur dengan sedikit lumpur. Menurut penelitian Feryatun et al. (2012), hal yang dapat memengaruhi kerapatan lamun adalah karakteristik substrat yang berbeda antara stasiun, sebaran pertumbuhan lamun yang tidak merata, dan faktor lingkungan lain seperti kondisi lingkungan yang berbeda. Perbedaan komposisi substrat akan memengaruhi jenis lamun yang tumbuh di atasnya. Berdasarkan morfologi akar lamun, spesies *E. acoroides* memiliki akar yang besar yang diduga mampu menangkap sedimen dari ukuran halus hingga kasar, sedangkan Spesies *T. hemprichii* memiliki akar halus yang mampu menangkap sedimen dengan ukuran butiran yang lebih halus (Harpiansyah et al. 2014).

Kandungan Karbon dalam Lamun

Secara keseluruhan, biomassa lamun dan kandungan karbon pada spesies *E. acoroides* lebih besar dibandingkan spesies *T. hemprichii*, baik di Teluk Bakau maupun di Pengudang (Tabel 2). Hal ini berkaitan dengan morfologi spesies *E. acoroides* yang memiliki daun panjang seperti ikat pinggang, serta akar dan rhizoma yang lebih besar dibandingkan dengan spesies *T. hemprichii*, sehingga potensi untuk menyimpan karbon dalam biomassa akan semakin besar. Menurut Laffoley dan Grimsditch (2009), spesies lamun yang secara morfologi berukuran besar cenderung menyimpan biomassa yang lebih besar di bagian bawah substrat (BS) dan kapasitas untuk mengakumulasi karbon menjadi semakin tinggi.

Biomassa di bagian BS menunjukkan nilai yang lebih besar daripada bagian AS baik di Teluk Bakau maupun di Pengudang (Tabel 2 dan Gambar 2). Di Teluk Bakau persentase biomassa di bagian AS hanya 15%, sedangkan di bagian BS mencapai 85%. Di stasiun Pengudang, persentase biomassa

di bagian AS dan BS tidak jauh berbeda, berturut-turut sebesar 11% dan 89%. Hal ini sesuai dengan penelitian Alie (2012), Rustam et al. (2014b), dan Wahyudi et al. (2016) yang menyatakan bahwa rata-rata biomassa lebih tinggi di bagian bawah substrat (BS) dibandingkan dengan atas substrat (AS). Penjelasan mengenai biomassa yang tinggi di bagian BS dijelaskan oleh Rustam et al. (2014a), bahwa biomassa lamun sebagai potensi *blue carbon* lebih banyak tersimpan di bagian bawah substrat. Materi biomassa yang terbentuk di bagian BS umumnya berupa biomassa yang lebih padat dibandingkan dengan biomassa di bagian AS seperti daun. Selain itu, biomassa yang tinggi di bagian BS berhubungan dengan ukuran atau morfologi rhizoma dan akar. Menurut Fourqurean et al. (2012), secara global karbon organik disimpan dalam biomassa lamun sebanyak rata-rata $2,52 \pm 0,48 \text{ mg C ha}^{-1}$ dan dua pertiganya disimpan dalam rhizoma dan akar.

Biomassa dan kerapatan lamun memiliki keterkaitan, pada spesies *E. acoroides* biomassa dan kerapatan lebih tinggi di Teluk Bakau. Pada spesies *T. Hemprichii*, biomassa dan kerapatan lebih tinggi di Pengudang. Pendapat ini sesuai dengan Azkab (1999), yang menyatakan bahwa kerapatan jenis merupakan elemen struktur komunitas yang dapat digunakan untuk mengestimasi biomassa lamun, dengan kata lain biomassa lamun saling berkaitan dengan kerapatan jenis.

Kandungan total karbon per gram biomassa spesies *E. acoroides* lebih besar dibandingkan spesies *T. hemprichii*, hal tersebut disebabkan karena biomassa pada spesies *E. acoroides* memiliki nilai lebih besar (Tabel 2). Namun demikian, kandungan karbon per gram biomassa spesies *E. acoroides* yang diamati lebih kecil daripada spesies *T. hemprichii* (Tabel 3). Hal ini diduga karena komponen yang menyusun spesies *E. acoroides* sebagian besar didominasi oleh N dan P. Komponen N dan P merupakan unsur utama bahan organik yang menyusun tumbuhan termasuk lamun. Kedua bahan organik ini berperan penting terhadap pertumbuhan sel jaringan organisme serta dalam proses fotosintesis (Ulqodry et al. 2010, Yunita 2015).

Kandungan karbon per gram biomassa antara bagian AS dan BS pada masing-masing spesies memiliki perbedaan yang besar (Tabel 3), dimana nilai AS lebih besar dibandingkan dengan BS. Tingginya kandungan karbon per gram biomassa pada bagian AS diduga berhubungan dengan penyerapan karbon yang lebih banyak terjadi pada bagian daun. Lamun seperti tanaman darat lainnya yang memanfaatkan karbondioksida (CO_2) untuk fotosintesis (Rustam et al. 2014b). Proses

fotosintesis ini terjadi pada bagian daun karena proses fotosintesis membutuhkan klorofil, maka klorofil umumnya disintesis pada daun untuk menangkap cahaya matahari (Hendriyani and Setiari 2009).

Cadangan Karbon pada Sedimen

Cadangan karbon dalam sedimen di kedua lokasi berbeda signifikan, cadangan karbon dalam sedimen di Pengudang lebih tinggi dibandingkan daripada di Teluk Bakau (Gambar 2). Tinggi dan rendahnya cadangan karbon dalam sedimen berkaitan dengan perbedaan karakter sedimen di kedua stasiun. Secara visual sedimen di Teluk Bakau memiliki ukuran butir yang lebih besar dan bercampur dengan pecahan cangkang biota, sedangkan di Stasiun Pengudang secara visual sedimen agak berwarna hitam dengan ukuran butir yang lebih halus dengan sedikit lumpur. Sedimen yang banyak mengandung lumpur pada umumnya memiliki bahan organik yang tinggi dibandingkan sedimen berpasir (English et al. 1994; Afiati et al. 2014).

Estimasi Cadangan Karbon dalam Lamun

Estimasi cadangan karbon secara keseluruhan di Pengudang lebih tinggi dibandingkan Teluk Bakau (Tabel 4). Estimasi cadangan karbon secara langsung dipengaruhi oleh biomassa lamun. Hal ini sesuai dengan pendapat Imiliyana et al. (2011) dan Rahmawati (2011) dimana faktor yang mempengaruhi besarnya cadangan karbon adalah kandungan karbon dan biomassa setiap jenis lamun. Cadangan karbon akan meningkat sejalan dengan peningkatan biomassa. Oleh karena itu terdapat hubungan antara estimasi cadangan karbon dengan biomassa lamun.

Tingginya estimasi cadangan karbon pada spesies *E. acoroides* berhubungan dengan tingginya biomassa lamun pada spesies ini. Hal tersebut yang mempengaruhi tingginya estimasi cadangan karbon pada spesies *E. acoroides* daripada *T. hemprichii*. Nilai estimasi cadangan karbon yang berbeda antara spesies *E. acoroides* dan spesies *T. hemprichii* dibuktikan dengan hasil analisis uji statistik Kruskal Wallis test (Chi-Square = 12,976, dF = 1, p -value = 0,00). Nilai estimasi cadangan karbon spesies *E. acoroides* jauh lebih tinggi daripada spesies *T. Hemprichii*, baik di Teluk Bakau maupun Pengudang. Perbedaan nilai estimasi cadangan karbon antara kedua spesies berkaitan dengan morfologi lamun. Lamun yang berukuran besar diindikasikan dapat mengakumulasi karbon lebih besar karena pertumbuhan akar dan rhizoma yang relatif lambat sehingga dapat menyimpan karbon lebih lama (Kennedy dan Bjork 2009, Rahmawati 2011)

Perbandingan estimasi cadangan karbon antara AS dan BS pada spesies *E. acoroides* dan *T. hemprichii* menunjukkan bahwa nilai estimasi cadangan karbon bagian BS jauh lebih tinggi dari bagian AS. Tingginya estimasi cadangan karbon pada bagian BS di duga karena tingginya biomassa dan kandungan karbon pada bagian BS. Pernyataan tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan Rahmawati (2011) yang menyatakan bahwa cadangan karbon ditentukan biomassa dan nilai kandungan karbonnya.

Potensi Cadangan Karbon Lamun di Pesisir Pulau Bintan

Menurut DKP Kabupaten Bintan, luasan ekosistem lamun pada tahun 2012 secara keseluruhan sebesar 2.918,26 ha, sebanyak 58,01% berada dalam kondisi baik. Pada tahun 2015 luasan ekosistem lamun di Kabupaten Bintan menurun hingga 2600 ha (Wouthuyzen 2015, Wahyudi et al. 2016). Wahyudi et al. (2016) telah mengukur luas padang lamun di Stasiun Berakit, Malang Rapat dan Teluk Bakau masing masing sebesar 390,65 ha, 422,19 ha dan 151,36 ha. Luas tutupan spesies *E. acoroides* dan *T. hemprichii* sebesar 263,49 ha (Berakit), 307,06 ha (Malang Rapat) dan 89,90 ha (Teluk Bakau) dari luasan total (Wahyudi et al. 2016). Menurut Susanti (2015) luasan lamun yang berada di Pengudang sebesar 718,37 ha dengan persentasi sebesar 24,9% atau sebesar 178,87 ha merupakan luas tutupan spesies *E. acoroides* dan sebesar 23,57% atau 169,32 ha adalah luas tutupan spesies *T. hemprichii*.

Estimasi total cadangan karbon dalam lamun di pesisir Pulau Bintan pada penelitian ini adalah sebesar 820.052,48 ton karbon dengan nilai rata-rata estimasi cadangan karbon sebesar 31.540,48 g C/m² dengan luasan lamun sebesar 2600 ha (Wouthuyzen 2015, Wahyudi et al. 2016). Estimasi total cadangan karbon tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Supriadi et al. (2013) yang dilakukan di Pulau Barranglombo Makassar, Graha et al. (2016) di Pantai Sanur Denpasar Bali dan Wawo et al. (2014) di Teluk Kotania, Barat Pulau Seram, Provinsi Maluku. Simpanan total karbon dalam jaringan lamun *E. acoroides* di Pulau Barranglombo Makassar mencapai 52,06 ton karbon dengan luas lamun 58,05 ha, dimana sebanyak 81,9% atau 42,65 ton karbon merupakan karbon yang tersimpan di bawah substrat. Penelitian yang dilakukan oleh Graha et al. (2016) menunjukkan rata-rata cadangan karbon lamun di Pantai Sanur sebesar 20,68 g C/m² dengan cadangan total karbon di seluruh area sebesar 66,60 ton karbon di padang lamun seluas 322 ha. Wawo et al. (2014) menyebutkan simpanan total karbon sebesar

2054,50 Mg C di Teluk Kotania, Barat Pulau Seram, Provinsi Maluku di area padang lamun seluas 823,615 ha dan rata-rata simpanan karbon sebesar 238,4771 g C/m².

Kesimpulan

Hasil penelitian ini memberikan data dukung baru bahwa biomassa dan morfologi spesies menentukan nilai cadangan karbon. Hal ini ditunjukkan dengan perbandingan biomassa dan cadangan karbon *E. acoroides* yang lebih besar daripada *T. Hemprichii*. Nilai biomassa BS yang lebih besar daripada AS juga sebanding dengan nilai cadangan karbonnya. Nilai estimasi cadangan karbon pada sedimen di Pengudang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan Teluk Bakau. Tingginya estimasi cadangan karbon dalam sedimen diduga disebabkan oleh perbedaan tipe sedimen pada kedua stasiun.

Persantunan

Penelitian ini merupakan bagian dari program riset unggulan LIPI berjudul Konsep Mitigasi Perubahan Iklim Berbasis Potensi Wilayah dalam Penyerapan Karbon tahun anggaran 2016. Karya tulis ilmiah ini merupakan salah satu kontribusi luaran terhadap program riset unggulan tersebut. Penulis Indriani dan Aan Johan Wahyudi merupakan kontributor utama dan berkontribusi secara setara dalam penulisan makalah ini. Penulis Defri Yona berkontribusi pada ide dasar penelitian dan penerapan metode.

Daftar Pustaka

- Afiati, R. N., A. Rustam, T. L. Kepel, N. Sudirman, M. Astrid, A. Daulat, P. Mangindaan, H. L. Salim dan A. Hutahaean. 2014. Stok Karbon dan Struktur Komunitas Mangrove sebagai Blue Carbon di Tanjung Lesung, Banten. Jurnal Segara 10(2):119–127.
- Alie, K. 2012. Pertumbuhan Biomassa Lamun *Thalassia hemprichii* di Perairan Pulau Bone Batang, Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan. Jurnal Sains MIPA Universitas Lampung 8(2):105-110.
- Azkab, M. H. 1999. Pedoman Inventarisasi Lamun. Oseana 24(1):1–16.
- DKP, K. B. 2011. Profil Kelautan dan Perikanan Kabupaten Bintan. Dinas Kelautan Perikanan Kabupaten Bintan.
- English, S., C. Wilkinson, and V. Baker. 1994. Survey Manual for Tropical Marine Resources.

- Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.
- Feryatun, F., B. Hendrarto, dan N. Widyorini. 2012. Kerapatan dan Distribusi Lamun (Seagrass) Berdasarkan Zona Kegiatan yang Berbeda di Perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu. *Journal of Management of Aquatic Resources* 1(1):1–7.
- Fourqurean, J. W., C. M. Duarte, H. Kennedy, N. Marbà, M. Holmer, M. A. Mateo, E. T. Apostolaki, G. A. Kendrick, D. Krause-Jensen, K. J. McGlathery, and O. Serrano. 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience* 5(7):505–509.
- Graha, Y., I. W. Arthana, and I. Astawa Karang. 2016. Simpanan Karbon Padang Lamun di Kawasan Pantai Sanur, Kota Denpasar. *Ecotrophic: Journal of Environmental Science* 10(1):46–53.
- Harpiansyah, A. Pratomo, dan F. Yandri. 2014. Struktur Komunitas Padang Lamun di Perairan Desa Pengudang Kabupaten Bintan. *Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjung Pinang, Kepulauan Riau*.
- Helrich, K. 1990. *Method of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists*. Fifteenth. Arlington, VA: The Association, 1990, Virginia.
- Hendriyani, I. S., dan N. Setiari. 2009. Kandungan klorofil dan pertumbuhan kacang panjang (*Vigna sinensis*) pada tingkat penyediaan air yang berbeda. *Jurnal Sains & Matematika* 17(3):145–150.
- Houghton, J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. V. Linden, X. Dai, K. Maskell, and C. A. Johnson, editors. 2001. *Climate change 2001: the scientific basis: contribution of Working Group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge; New York.
- Imiliyana, A., M. Muryono, dan H. Purnobasuki. 2011. Estimasi Stok Karbon pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Camplong, Sampang-Madura. *Presentasi ilmiah tidak dipublikasi*.
- Kennedy, H., and M. Bjork. 2009. *Seagrass Meadows*. IUCN, Gland Switzerland.
- Kuriandewa, T. E., and I. H. Supriyadi. 2006. Seagrass Mapping in East Bintan Coastal Area, Riau Archipelago, Indonesia 30(1):154–161.
- Laffoley, D., and G. D. Grimsditch. 2009. *The Management of Natural Coastal Carbon Sinks*. IUCN, Gland Switzerland.
- Lavery, P. S., M.-Á. Mateo, O. Serrano, and M. Rozaimi. 2013. Variability in the Carbon Storage of Seagrass Habitats and Its Implications for Global Estimates of Blue Carbon Ecosystem Service. *PLoS ONE* 8(9):e73748.
- Macreadie, P. I., M. E. Baird, S. M. Trevathan-Tackett, A. W. D. Larkum, and P. J. Ralph. 2014. Quantifying and modelling the carbon sequestration capacity of seagrass meadows – A critical assessment. *Marine Pollution Bulletin* 83(2):430–439.
- Nainggolan, P. 2011. *Distribusi Spasial dan Pengelolaan Lamun (Seagrass) Di Teluk Bakau, Kepulauan Riau*. Skripsi, IPB. Bogor.
- Nasution, S., and M. Siska. 2012. Kandungan logam berat Timbal (Pb) pada sedimen dan siput *Strombus canarium* di Perairan Pantai Pulau Bintan. *Jurnal Ilmu Lingkungan Jurnal Ilmu Lingkungan* 5(2):82-93.
- Nellemann, C., E. Corcoran, C. M. Duarte, L. Valdes, C. De Young, L. Fonseca, and G. D. Grimsditch, editors. 2009. *Blue carbon: the role of healthy oceans in binding carbon: a rapid response assessment*. GRID-Arendal, Arendal, [Norway].
- Rahmawati, S. 2011. Estimasi cadangan karbon pada komunitas lamun di Pulau Pari, Taman Nasional Kepulauan Seribu, Jakarta. *Jurnal Segara* 7 (1):1–12.
- Rahmawati, S., A. Irawan, I. H. Supriyadi, dan M. H. Azkab. 2014. *Panduan Monitoring Padang Lamun* (Edt: M. Hutomo dan A. Nontji). CRITC COREMAP CTI Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 37pp. ISBN 978-979-3378-83-1
- Rustam, A., D. G. Bengen, Z. Arifin, J. L. Gaol, dan R. E. Arhatin. 2014a. Growth Rate and Productivity Dynamics of *Enhalus acoroides* Leaves at the Seagrass Ecosystem in Pari Islands Based on In Situ and Alos Satellite Data. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)* 10(1):37-46.
- Rustam, A., T. L. Kapel, R. N. Afiati, H. L. Salim, M. Astrid, A. Daulat, P. Mangindaan, N. Sudirman, Y. Puspitaningsih, D. Dwiyantri, dan A. Hutahaeen. 2014b. Peran Ekosistem Lamun sebagai Blue Carbon dalam Mitigasi Perubahan Iklim, Studi Kasus Tanjung Lesung, Banten. *Jurnal Segara* 10(2):107–117.
- Supriadi, S., R. F. Kaswadji, D. G. Bengen, dan M. Hutomo. 2013. Potensi Penyimpanan Karbon Lamun *Enhalus acoroides* di Pulau Barranglompo Makassar. *Jurnal Ilmu Kelautan* 19(1):1–10.
- Supriadi, R. F. Kaswadji, D. G. Bengen, dan M. Hutomo. 2014. Carbon Stock of Seagrass Community in Barranglompo Island, Makassar. *Jurnal Ilmu Kelautan* 19(1):1–10.

- Susanti, D. 2015. Struktur Komunitas dan Valuasi Ekonomi Ekosistem Padang Lamun di Kawasan Konservasi Perairan Daerah Desa Pengudang Kecamatan Teluk Sebong Kabupaten Bintan. Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Ulgodry, Z. T., Yulisman, M. Syahdan, dan Santoso. 2010. Karakteristik dan Sebaran itrat, Fosfat, dan Oksigen di perairan Karimunjawa Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Sains* 13:35–41.
- 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.
- Wawo, M., Y. Wardiatno, L. Adrianito, dan D. G. Bengen. 2014. Carbon Stored on Seagrass Community in Marine Nature Tourism Park of Kotania Bay, Western Seram, Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika (Journal of Tropical Forest Management)* 20(1):51–57.
- Wouthuyzen, S. 2015. Seagrass Resources and their Management in the East Coast of Bintan Island, Indonesia. Page LIPI-JSPS Asian Core Program Joint International Seminar on Coastal Ecosystem in Southeast Asia. Jakarta.
- Yunitha, A. 2015. Kandungan C-Organik pada Lamun Berdasarkan Habitat dan Jenis Lamun di Pesisir Desa Baho Kabupaten Minahasa Utara Sulawesi Utara. Tesis, Institut Pertanian Bogor, Bogor