

## Hubungan Antara Persen Penutupan dan Simpanan Karbon Lamun

Relationship Between Seagrass Percentage Cover and Their Carbon Stock

Supriadi Mashoreng<sup>1,2</sup>, Muhammad Banda Selamat<sup>1</sup>, Khairul Amri<sup>1</sup> dan  
Yayu Anugerah La Nafie<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin,  
Jl. Perintis Kemerdekaan KM 10 Tamalanrea Makassar 90245

<sup>2</sup> Corresponding Author; email : smashoreng@unhas.ac.id

### Abstrak

Padang lamun merupakan salah satu ekosistem pesisir yang berperan sebagai penyimpan karbon yang cukup penting. Diperlukan metode untuk mengestimasi karbon tersimpan lamun dengan memanfaatkan citra satelit sehingga dapat dilakukan secara cepat, mudah dan murah. Sebagai tahap awal untuk mengestimasi karbon tersimpan menggunakan citra satelit, diperlukan model hubungan antara tutupan jenis lamun dengan karbon tersimpannya sebagaimana yang dilakukan pada penelitian ini. Penelitian dilakukan pada bulan September-Oktober 2016 di Pulau Barranglompo Makassar. Penelitian diawali dengan mengambil biomassa 6 jenis lamun yaitu *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis* dan *Syringodium isoetifolium* pada area seluas 25cm x 25 cm. Pengambilan biomassa setiap jenis lamun dilakukan untuk masing-masing jenis dengan 10 tingkatan persentase tutupan lamun. sebanyak 10 kali pada persen tutupan jenis lamun yang berbeda-beda, mulai dari tutupan rendah sampai tutupan tertinggi yang ditemukan di lapangan. Penentuan penutupan lamun dilakukan dengan cara visual pada plot berukuran 50cm x 50cm. Selanjutnya dilakukan analisis karbon organik jaringan lamun (daun, rhizoma, akar dan seludang) masing-masing jenis, dengan ulangan 5 kali. Hasil perkalian antara biomassa lamun dengan kandungan karbonnya merupakan karbon tersimpan lamun tersebut. Hubungan antara persen tutupan jenis lamun dan karbon tersimpan dianalisis menggunakan regresi polynomial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada semua jenis lamun yang diamati, hubungan antara persen tutupan dengan simpan karbonnya mempunyai hubungan positif yang kuat. Koefisien determinasi,  $r^2$  berkisar 0,7413-0,9838 untuk simpanan karbon bagian bawah dan 0,8017-0,9683 untuk simpanan karbon bagian atas.

**Kata kunci** : lamun, tutupan jenis, karbon tersimpan, Pulau Barranglompo

### Abstract

Seagrass meadows are highly productive ecosystems and highly efficient in storing carbon. There have been many studies on carbon stock estimation using seagrass-harvesting method. The application of satellite image is required to estimate carbon stocks in a rapid, easy and inexpensive way. The method initiated by creating a model of correlation between seagrass species percentage cover and carbon stock. This study was conducted in September-October 2016 in Barranglompo island, Makassar. Six Seagrass species (*Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis* and *Syringodium isoetifolium*) was harvested from 25 cm x 25 cm plot. Harvesting was conducted for each species with 10 different coverage percentages (i.e. low to high percentage of coverage). Seagrass percentage cover was visually determined in 50cm x 50 cm plot. This was followed by seagrass tissues (leaves, rhizomes and sheaths) organic carbon analysis, with 5 replicates for each species. Seagrass biomass multiplied by their carbon content resulted the seagrass carbon stock. Polynomial regression analysis was conducted to understand the correlation between seagrass species percentage cover and their carbon stock. It was shown that all seagrass species in this study has a strong correlations between their percentage cover and their carbon stock, with coefficient determination,  $r^2$  ranges from 0.7413-0.9838 for below ground and 0.8017-0.9683 for above ground.

**Keywords** : seagrass, percentage cover, carbon stock, Barranglompo island

## Pendahuluan

Pemetaan padang lamun menggunakan citra satelit sudah sangat umum dilakukan. Penggunaan metode tersebut umumnya untuk mendapatkan gambaran tentang kondisi persen tutupan lamun, luas padang lamun dan perubahan kondisi lamun pada suatu wilayah (Dekker *et al.*, 2006; Knudby dan Nordlund, 2011; Lyons *et al.*, 2012). Perubahan kondisi lamun di Kepulauan Spermonde selama 44 tahun telah diidentifikasi oleh Nurdin *et al.* (2016) dengan menggunakan citra landsat 7 ETM dan Landsat 8 OLI-TIRS. Penggunaan metode remote sensing sangat memudahkan pekerjaan pemetaan lamun karena cakupan luas dengan waktu yang lebih cepat.

Padang lamun merupakan salah satu ekosistem pesisir yang berperan sebagai penyimpan karbon yang cukup penting (Mazarrasa *et al.* 2015; Alongi *et al.* 2016). Selama ini estimasi karbon tersimpan pada komunitas lamun umumnya masih dilakukan menggunakan metode pencuplikan secara langsung (Supriadi *dkk.*, 2014; Indriani, *dkk.* 2017). Namun untuk kepentingan survey pada kawasan yang luas, cara tersebut membutuhkan waktu, tenaga dan biaya yang cukup besar. Walaupun sudah ada penelitian yang menggunakan citra satelit untuk mengestimasi simpanan karbon lamun, namun terbatas pada 3 jenis lamun yaitu *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii* dan *Syringodium filiforme* (Condon *et al.* 2017). Struktur komunitas lamun tersebut sangat berbeda dengan yang ada pada lokasi penelitian, bahkan di Indonesia. Struktur komunitas lamun yang berbeda akan mempengaruhi ketepatan estimasi. Oleh karena itu diperlukan metode estimasi simpanan karbon lamun yang ada di Indonesia dengan memanfaatkan citra satelit sehingga dapat dilakukan secara cepat, mudah dan murah.

Sebagai tahap awal untuk mengestimasi karbon tersimpan menggunakan citra satelit, diperlukan model hubungan antara tutupan jenis lamun dengan karbon

tersimpannya. Lyons *et al.* (2015), sudah mulai menggunakan pendekatan model linear untuk menganalisis hubungan antara penutupan dan biomassa lamun, namun belum sampai mengestimasi simpanan karbonnya. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan model hubungan antara simpanan karbon dengan persen penutupan pada 6 jenis lamun. Model tersebut diharapkan dapat digunakan untuk mengkonversi nilai tutupan lamun menjadi nilai simpanan karbonnya. Selanjutnya dengan mengestimasi persen penutupan, simpanan karbon lamun dapat diestimasi.

## Bahan dan Metode

### Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilakukan pada bulan September - November 2016 di Pulau Barranglompo Makassar ( $5^{\circ}02'54,98''$  LS dan  $119^{\circ}19'44,87''$  BT). Pulau Barranglompo merupakan salah satu pulau yang termasuk Kepulauan Sangkarang dan mempunyai kepadatan penduduk paling tinggi. Padang lamun terluas tumbuh pada perairan sisi Barat pulau. Pulau ini berjarak sekitar 12 km dari daratan Kota Makassar.

### Penutupan dan Biomassa Lamun

Tahap pertama dari penelitian ini adalah mengambil sampel biomassa semua jenis lamun dengan kondisi penutupan yang berbeda, mulai dari penutupan yang rendah sampai penutupan yang tinggi. Penentuan penutupan lamun dilakukan pada plot sebagaimana yang disarankan oleh McKenzie *et al.* (2001). Plot yang digunakan berukuran 50 cm x 50 cm. Estimasi tutupan lamun menggunakan standar Seagrass Watch Method (McKinzie *et al.*, 2001). Setiap posisi transek dicatat berdasarkan pembacaan pada Global Positioning System (GPS). Selain pengamatan tutupan secara langsung, plot yang terpasang pada lamun kemudian difoto tegak lurus dari atas dengan posisi kamera pada ketinggian sekitar 60 cm. Posisi kamera pada

ketinggian tersebut dimaksudkan agar foto yang dihasilkan dapat mengambil keseluruhan plot.

Setelah pengamatan persenutupan lamun, maka dilakukan sampling biomassa dalam plot tersebut dengan mencuplik area seluas 25 cm x 25 cm. Semua lamun yang terdapat pada area tersebut dicuplik dengan menggunakan linggis khusus sampai pada kedalaman penetrasi akar. Sebelum dicuplik terlebih dahulu dilakukan pemotongan rhizoma yang menjalar ke samping dengan menggunakan parang untuk mempermudah pencuplikan (Supriadi dkk., 2014). Sampel dimasukkan ke kantong sampel setelah dibersihkan dari substrat dan dibawa ke laboratorium. Sampel lamun setiap jenis kemudian dipisah menurut bagian lamun (daun, rhizoma, akar, seludang), setelah itu dibersihkan, dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C sampai didapatkan berat konstan (Lyimo *et al.* 2006). Sampel yang telah dikeringkan ditimbang beratnya. Total biomassa lamun kemudian dikonversi ke dalam satuan berat kering per luasan meter persegi.

#### *Kandungan Karbon Jaringan Lamun dan Karbon Tersimpan*

Sebanyak 5 sampel masing-masing jenis lamun yang telah dioven diambil untuk analisis kandungan karbonnya. Kandungan karbon jaringan lamun dianalisis dengan menggunakan metode Walkley dan Black (Sulaeman *et al.* 2005). Analisis ini menghasilkan karbon dengan satuan persen terhadap berat kering lamun. Selanjutnya, berdasarkan data biomassa dan kandungan karbon jaringan lamun masing-masing jenis, maka dapat diketahui nisbah antara berat kering dan kandungan karbon. Nilai nisbah ini digunakan untuk mengkonversi biomassa lamun menjadi nilai karbon tersimpan lamun, dengan satuan gram karbon per meter persegi.

#### *Analisis Statistik*

Analisis hubungan antara penutupan lamun dengan simpanan karbon menggunakan regresi polinomial. Nilai persenutupan lamun sebagai variabel bebas (y) dan nilai simpanan karbon lamun sebagai variabel tak bebas (x). Analisis regresi dilakukan pada semua jenis lamun yang diamati dengan jumlah data masing-masing 10 data.

### **Hasil dan Pembahasan**

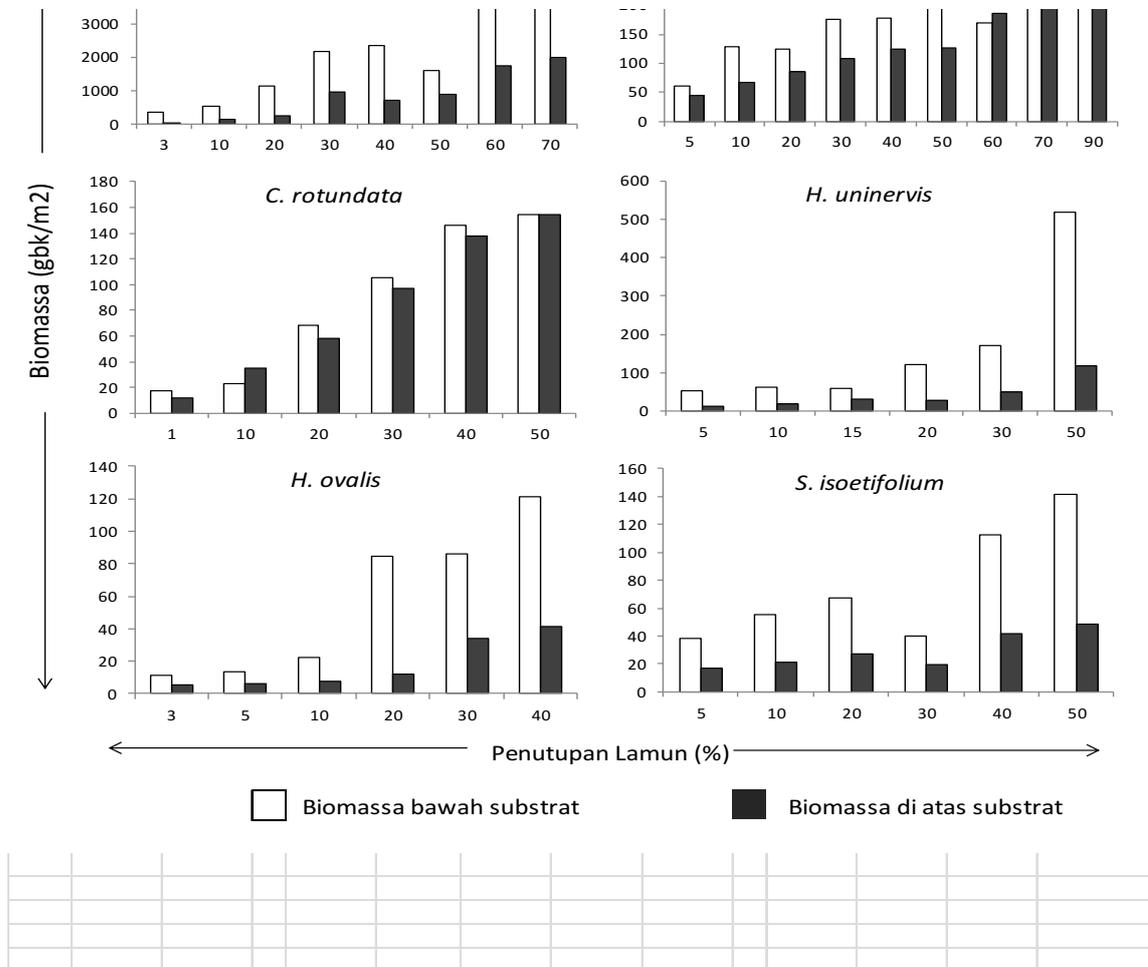
#### *Tutupan dan Biomassa*

Jumlah jenis lamun yang diamati sebanyak enam jenis yaitu *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis* dan *Syringodium isoetifolium*. Menurut Supriadi dkk. (2014), terdapat delapan jenis lamun di Pulau Barranglompo. Namun demikian, dua jenis masing-masing *Cymodocea serrulata* dan *Halodule pinifolia* mempunyai distribusi yang sangat terbatas, sehingga keduanya tidak memungkinkan untuk dianalisis secara regresi untuk melihat hubungan antara penutupan dan biomasnya.

Penutupan maksimal jenis lamun tergantung pada bentuk morfologi, ukuran dan bentuk tumbuhnya. Jenis lamun *H. ovalis* mempunyaiutupan maksimal yang paling rendah yaitu 40%, sedangkan tertinggi ditemukan pada jenis *T. hemprichii* yang mencapai 90% (Gambar 1). Tingginyautupan lamun akan berpengaruh terhadap biomasnya. Hubungan antara penutupan jenis lamun dengan biomasnya menunjukkan variasi, baik antar jenis lamun maupun antar bagian atas dan bawah pada jenis lamun yang sama. Peningkatan biomassa lamun seiring dengan peningkatanutupan (Gambar 1). Analisis regresi polinomial menunjukkan bahwa pada penutupan yang rendah, hubunganutupan lamun dengan biomasnya masih bersifat linear, namun pada penutupan yang tinggi hubungan keduanya bersifat non-linear. Model seperti ini disebabkan karena pada

penutupan rendah, daun-daun lamun tidak saling menutupi sehingga peningkatan biomassa bersifat linear dengan peningkatan tutupannya. Pada tutupan yang tinggi, daun-

daun lamun saling menutupi sehingga peningkatan tutupan yang rendah akan meningkatkan biomassa yang tinggi.



Gambar 1. Rata-rata biomassa lamun pada berbagai tingkat penutupan  
Figure 1. The average of seagrass biomass at different levels of closure

Biomassa lamun terbagi atas biomassa di bagian atas (*above ground*) dan biomassa di bagian bawah (*below ground*). Biomassa di bagian atas terdiri dari daun, selundang dan batang vertikal. Pada beberapa jenis batang vertikal tidak ditemukan. Biomassa di bagian bawah terdiri dari akar dan rhizoma. Keenam jenis lamun yang diteliti mempunyai biomassa bagian bawah lebih besar dibandingkan biomassa bagian atasnya, namun dengan nisbah yang bervariasi.

Nisbah biomassa bagian atas : bagian bawah berkisar  $0,311 \pm 0,123$  sampai

$0,881 \pm 0,380$  (Tabel 1). Nilai ini lebih besar dibanding yang didapatkan di pesisir Pulau Bintan yang berkisar 0,110-0,176 dari dua jenis lamun yaitu *E. acoroides* dan *T. hemprichii* (Indriani dkk, 2017). Semakin besar nilai nisbah maka perbedaan antara biomassa bagian atas dan biomassa bagian bawah tidak terlalu besar, sebaliknya semakin kecil nisbah maka biomassa bagian bawahnya relatif sangat besar dibanding biomassa atasnya. Pada beberapa kasus, biomassa di bawah substrat lebih kecil dibanding di atas substrat. Sebagai contoh, penelitian yang

dilakukan oleh Kiswara dan Ulumuddin (2009) di Pulau Pari menunjukkan bahwa jenis *C. rotundata* mempunyai biomassa di bawah substrat 11.25 gbk/m<sup>2</sup> dan 23.29 gbk/m<sup>2</sup>, sedangkan di atas substrat masing-masing 19.50 gbk/m<sup>2</sup> dan 24.93 gbk/m<sup>2</sup>.

Lamun yang secara morfologis berukuran kecil seperti *H. uninervis* dan *H. ovalis* mempunyai nisbah yang kecil yaitu masing-masing 0,311±0,123 dan 0,367±0,137. Namun demikian, jenis lamun *E. acoroides* yang berperawakan besar juga mempunyai

nisbah yang kecil yaitu 0,320±0,147. Nilai nisbah ketiga jenis lamun tersebut menunjukkan bahwa biomassa bagian atasnya hanya sekitar sepertiga dari biomassa bagian bawahnya. Tingginya biomassa di bagian bawah menunjukkan bahwa sebagian besar hasil fotosintesis lamun disimpan di bawah sedimen. Salah satu fungsi dari kondisi tersebut adalah untuk memperkuat penancapan lamun (Tabel 1).

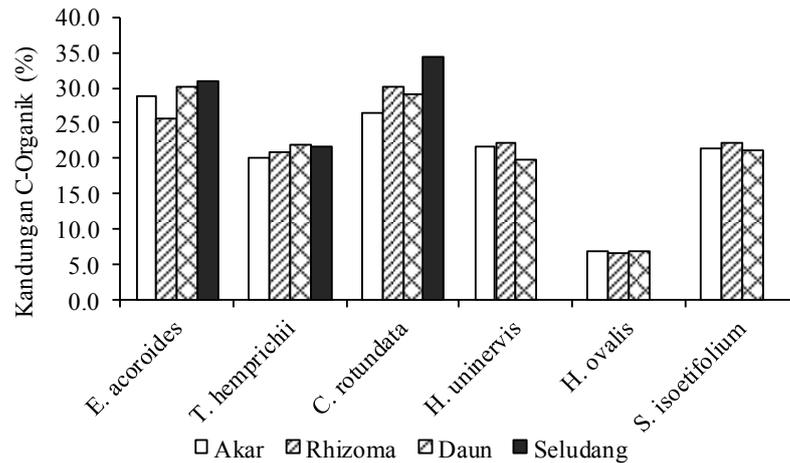
Tabel 1. Nisbah antara biomassa bagian atas dan biomassa bagian bawah  
Table 1. Ratio between upper biomass and lower biomass

No.	Jenis Lamun	Nisbah biomassa atas dan bawah
1	<i>Enhalus acoroides</i>	0,320±0,147
2	<i>Thalassia hemprichii</i>	0,798±0,317
3	<i>Cymodocea rotundata</i>	0,881±0,380
4	<i>Halodule uninervis</i>	0,311±0,123
5	<i>Halophila ovalis</i>	0,367±0,137
6	<i>Syringodium isoetifolium</i>	0,410±0,075

#### Kandungan Karbon

Analisis konsentrasi karbon menunjukkan adanya variasi antara jenis lamun dan antara jaringan lamun. Kandungan karbon pada jaringan *E. acoroides* dan *C. rotundata* lebih tinggi dibandingkan konsentrasi karbon pada jaringan lamun lainnya. Jenis lamun *H. ovalis* mempunyai kandungan karbon terendah diantara jenis lamun lainnya (Gambar 2). Pada jenis lamun *E. acoroides*, *T. hemprichii* dan *C. rotundata*, kandungan karbon tertinggi didapatkan pada jaringan di bagian atas (daun atau seludang), sementara jenis *H. uninervis*, *H. ovalis* dan *S. isoetifolium*

kandungan karbon yang tinggi ditemukan pada bagian bawah (akar atau rhizoma). Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Kiswara (2010) di Pulau Pari, konsentrasi karbon lamun di Pulau Barranglompo lebih rendah. Penelitian di Pulau Pari tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi karbon akar lamun berkisar 26,79-37,77%; rhizoma 41,53-50,62%; pelepah daun 30,30-40,22% dan helaian daun 37,60-43,97. Lee *et al.* (2007) mengemukakan bahwa konsentrasi karbon pada jaringan lamun berkisar 30-40% dari berat kering.

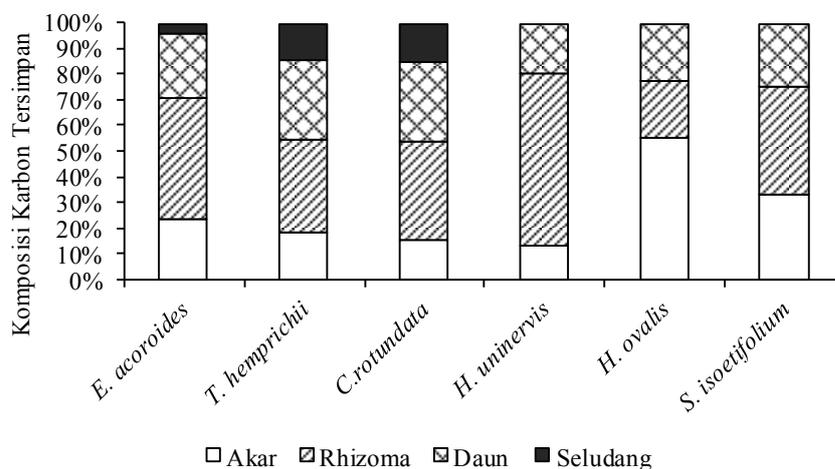


Gambar 2. Rata-rata konsentrasi karbon jaringan lamun  
Figure 2. The average carbon seawater concentration

### Karbon Tersimpan

Kandungan karbon tersimpan pada lamun sebagian besar berada di bagian bawah, yaitu pada akar dan rhizoma. Kandungan karbon tersimpan pada bagian bawah mencapai 54,0-77,3% dan bagian atas 22,7-46,0%. Secara umum jenis lamun yang mempunyai ukuran morfologi yang kecil mempunyai komposisi karbon

tersimpan di bagian bawah yang lebih besar dibanding lamun yang berukuran besar, yakni lebih dari tiga perempatnya. Secara berturut-turut, jenis lamun yang mempunyai karbon tersimpan bagian bawah dari terkecil adalah *C. rotundata* (54,0%), *T. hemprichii* (54,5%), *E. acoroides* (71,2%), *S. isoetifolium* (75,3%) dan *H. ovalis* (77,3%) (Gambar 3).



Gambar 3. Komposisi karbon tersimpan masing-masing bagian lamun  
Figure 3. The composition of carbon stored in each seagrass section

Jaringan yang paling banyak menyimpan karbon adalah bagian rhizoma, kecuali pada jenis *H. ovalis*. Bagian tersebut menyimpan 21,7-66,9% dari keseluruhan karbon tersimpan. Sementara

pada *H. ovalis*, bagian akar menyimpan karbon terbanyak yaitu mencapai 55,6% dari keseluruhan karbonnya (Gambar 3). Tingginya karbon tersimpan pada bagian bawah substrat merupakan kunci peran

lamun sebagai salah satu ekosistem pesisir yang bersifat *carbon sinker*. Karbon yang tersimpan di bawah substrat merupakan karbon yang “terkunci” karena sebagian besar akan tertahan dan tertimbun sepanjang waktu (Miyajima *et al.* 2015). Adanya sedimentasi di daerah lamun akan membantu percepatan penimbunan karbon tersebut karena semakin dalam posisi karbon pada lapisan sedimen maka aktifitas dekomposisi oleh mikroorganisme semakin berkurang atau tidak lagi berlangsung (Mateo *et al.* 1997). Menurut Fenchel *et al.* (1998) dan Thamdrup (2000), pada lapisan beberapa milimeter bagian atas substrat di pantai, aktivitas mikroba masih sangat penting untuk mendekomposisi bahan organik, namun seiring dengan pertambahan kedalaman substrat, aktifitas dekomposisi juga berkurang (Marba *et al.* 2006).

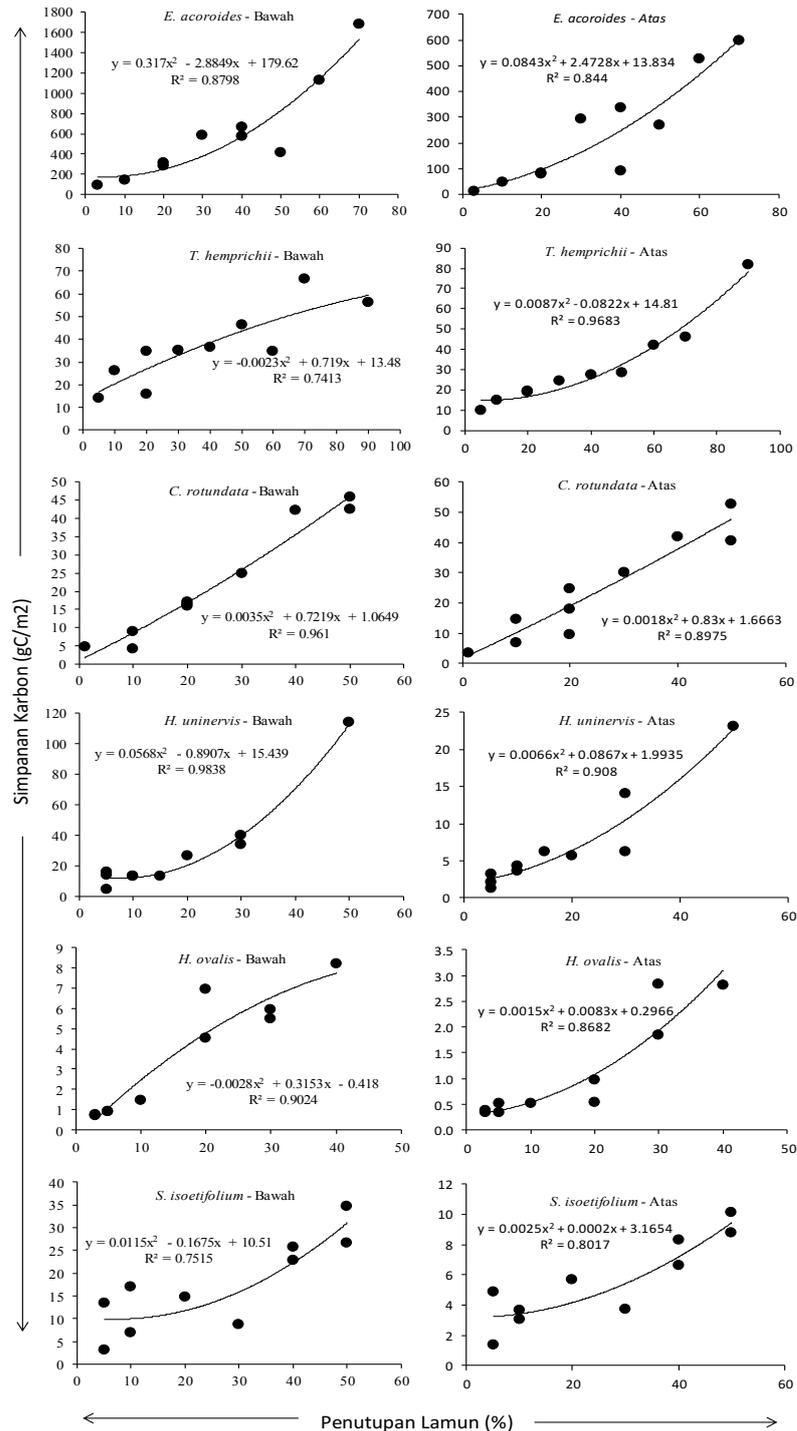
Analisis regresi polynomial antara penutupan lamun dengan jumlah karbon tersimpan—menunjukkan hubungan yang erat, baik antar jenis maupun antar bagian bawah dan bagian atas. Umumnya nilai

koefisien determinasi ( $r^2$ ) lebih besar pada hubungan antara penutupan dengan karbon tersimpan bagian atas dibandingkan hubungan antara penutupan dengan karbon tersimpan bagian bawah. Nilai  $r^2$  pada model persamaan hubungan penutupan dengan karbon tersimpan bagian bawah berkisar 0,6214-0,8866, sedangkan dengan bagian atas berkisar 0,7706-0,8968 (Gambar 4). Penelitian Congdon *et al* (2017) yang menggunakan model linear untuk melihat hubungan penutupan lamun dengan simpanan karbonnya juga mendapatkan adanya penambahan simpanan karbon seiring dengan peningkatan tutupannya. Namun demikian, model linear yang terbentuk mempunyai nilai  $r^2$  yang lebih kecil dibandingkan penelitian ini, yaitu 0,52-0,77 untuk simpanan karbon bagian atas dan 0,15-0,63 untuk simpanan karbon bagian bawah. Secara ringkas, model persamaan regresi polynomial antara penutupan dengan simpanan karbon lamun pada penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan model regresi polynomial antara penutupan jenis lamun dengan simpanan karbonnya di Pulau Barranglombo

Table 2. Summary of the polynomial regression model between seagrass type closure and carbon storage in Barranglombo Island

Jenis	Simpanan Karbon			
	Bagian Bawah		Bagian Atas	
	Persamaan	$r^2$	Persamaan	$r^2$
<i>E. acoroides</i>	$Y=-0,317X^2-2,8849X+179,62$	0,8798	$Y=0,0843X^2+2,4728X+13,834$	0,8440
<i>T. hemprichii</i>	$Y=-0,0023X^2+0,719X+13,48$	0,7413	$Y=0,0087X^2-0,0822X+14,81$	0,9683
<i>C. rotundata</i>	$Y=0,0035X^2+0,7219X+1,0649$	0,9610	$Y=0,0018X^2+0,83X+1,6663$	0,8975
<i>H. uninervis</i>	$Y=0,0568X^2-0,8907X+15,439$	0,9838	$Y=-0,0066X^2+0,0867X+1,9935$	0,9080
<i>H. ovalis</i>	$Y=-0,0028X^2+0,3153X-0,418$	0,9024	$Y=0,0015X^2+0,0083X+0,2966$	0,8682
<i>S. isoetifolium</i>	$Y=0,0115X^2-0,1675X+10,51$	0,7515	$Y=0,0025X^2+0,0002X+3,1654$	0,8017



Gambar 4. Hubungan penutupan jenis lamun dengan karbon tersimpan  
 Figure 4. The closing relationship of seagrass species with stored carbon

### Kesimpulan

Nilai simpanan karbon lamun umumnya semakin tinggi seiring dengan meningkatnya persen penutupan. Model regresi polynomial lebih tepat menggambarkan hubungan antara persen penutupan dan simpanan karbon lamun.

Hal ini disebabkan karena pada persen penutupan lamun yang lebih rendah, hubungan kedua parameter tersebut masih relatif linear, namun pada persen penutupan yang tinggi, peningkatan simpanan karbon cenderung lebih tinggi dibanding peningkatan persen tutupannya.

Model hubungan antara penutupan lamun dengan simpanan karbonnya bervariasi antar jenis dan antara bagian bawah dan bagian atas. Variasi lebih besar terjadi pada hubungan antara penutupan dan simpanan karbon bagian bawah substrat, sementara jenis lamun *H. ovalis* mempunyai variasi yang lebih besar dibanding jenis lainnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alongi DM, Murdiyarso D, Fourqurean JW, Kauffman JB, Hutahaean A, Crooks S, Lovelock CE, Howard J, Herr D, Fortes M, Pidgeon E, Wagey T. 2016. Indonesia's blue carbon: a globally significant and vulnerable sink for seagrass and mangrove carbon. *Wetlands Ecology and Management* 24 (1): 3-13.
- Condon VM, Wilson SS, Dunton KH. 2017. Evaluation of relationships between cover estimates and biomass in subtropical seagrass meadows and application to landscape estimates of carbon storage. *Southeastern Geographer* 57 (3): 231-245.
- Dekker A., Brando V., Anstee J., Fyfe S.K., Malthus T., Karpouzli E. 2006. Di dalam: A.W. D. Larkum, R. Orth, & C. M. Duarte (Eds.). *Remote sensing of seagrass systems: Use of spaceborne and airborne systems, Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer, Dordrecht, pp. 347-359.
- Fenchel T, King GM, Blackburn TH. 1998. Bacterial biogeochemistry. The ecophysiology of mineral cycling. Academic Press, San Diego, California.
- Indriani, Wahyudi AJ, Yona D. 2017. Cadangan karbon di area padang lamun pesisir Pulau Bintan Kepulauan Riau. *Oceanologi dan Limnologi di Indonesia* 2 (3): 1-11.
- Kiswara W. 2010. Studi pendahuluan: potensi padang lamun sebagai karbon rosot dan penyerap karbon di Pulau Pari Teluk Jakarta. *Oceanologi dan Limnologi di Indonesia* 36 (3): 361-376.
- Knudby A., Nordlund L. 2011. *Remote sensing of seagrass in a patchy multi-species environment*. *International Journal of Remote Sensing*, 32 (8): 2227-2244. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/01431161003692057>.
- Lee KS, Park SR, Kim YK. 2007. Effect of irradiance, temperature, and nutrients on growth dynamics of seagrass: a review. *J Exp Mar Bio Ecol* 350: 144-175.
- Lyimo TJ, Mvungi EF, Lugomela C, Bjork M. 2006. Seagrass biomass and productivity in seaweed and non-seaweed farming areas in the East Coastal of Zanzibar, Tanzania. Western Indian Ocean. *J Mar Sci* 5(2): 141-152.
- Lyons MB, Roelfsema C, Kovacs E, Samper-Villareal J, Saunders M, Maxwell P, Phinn S. 2015. Rapid monitoring of seagrass biomass using a simple linear modelling approach, in the field and from space. *Marine Ecological Progress Series* 530: 1-14.
- Lyons MB., Phinn SR., Roelfsema CM. 2012. Long term land cover and seagrass mapping using Landsat and object-based image analysis from 1972 to 2010 in the coastal environment of South East Queensland, Australia. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 71: 34-46. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.05.002>.
- Marba N, Holmer M, Gacia E, Barron C. 2006. Seagrass beds and coastal biogeochemistry. In: Larkum AWD,

- Orth R, Duarte CM (Ed). 2006. Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation. Springer. Netherlands.
- Mateo MA, Romero J, Perez M, Littler MM, Littler DS. 1997. Dynamics of millenary organic deposits resulting from growth of Mediterranean seagrass *Posidonia aceanica*. Estuar. Coast. Shelf Sc. 44: 103-110.
- Mazarrasa, I., Marba, N., Lovelock, C.E., Serrano, O., Lavery, P.S., Fourqurean, J.W., Kennedy, H., Mateo, M.A., Krause-Jensen, D., Steven, A.D.L. dan Duarte, C.M. 2015. Seagrass meadow as a globally significant carbonat reservoir. Bioesciences 12: 4993-5003.
- McKinzie, L., R. Yoshida. 2001. Seagrass Watch: Manual for Mapping and Monitoring Seagrass by Community (Citizen) volunteers. QFS, NFC, Cairns.
- 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 20 (4): 397-415.
- Nurdin N, Komatsu T, Rani C, Supriadi, Fakhriyyah S, Agus. 2016. Coral reef destruction of Small island in 44 years and destructive fishing in Spermonde Archipelago, Indonesia. IOP Conf. Series: Earth and environmental Sci. 47: 1-9.
- Sulaeman, Suparto, Eviati. 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Bogor: Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Supriadi, Kaswadji, R.F., Bengen, D.G. dan Hutomo, M. 2014. Carbon stok of seagrass community in Barranglompo Island Makassar. Indonesian Journal of Marine Science 19 (1): 1-10.
- Thamdrup B. 2000. Bacterial manganese and iron reduction in aquatic sediments. In: Schink B (ed). *Advances in Microbial Ecology*, pp 41-84. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.