

Serapan Karbon Lamun *Thalassodendron ciliatum* di Perairan Panrangluhu Kabupaten Bulukumba Propinsi Sulawesi Selatan

Carbon sequestration of *Thalassodendron ciliatum* at Panrangluhu Waters, Districts of Bulukumba South Sulawesi

Supriadi Mashoreng*, Rahima Rahman, Nurdina A. Rahman dan Fathin Nur Rahman

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10 Tamalanrea Makassar

*Corresponding author : smashoreng@unhas.ac.id

ABSTRAK

Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2019 untuk mengestimasi penyerapan karbon oleh jenis *Thalassodendron ciliatum* pada beberapa kedalaman perairan. Sampel lamun diambil utuh, kemudian daun lamun dibersihkan dari sedimen dan epifit. Metode perubahan oksigen digunakan untuk mengestimasi serapan karbon. Sebanyak 1 tunas *T. ciliatum* diinkubasi menggunakan botol kaca bening dan gelap dengan volume 270 ml. Inkubasi dilakukan pada jam 09.00-12.00 WITA pada kedalaman 50, 100 dan 150 cm dengan masing-masing 5 kali ulangan setiap kedalaman. Sebelum inkubasi, dilakukan pengukuran konsentrasi oksigen terlarut di perairan sebagai kandungan oksigen awal. Pengukuran oksigen di dalam botol bening dan gelap kembali dilakukan setelah inkubasi. Sebagai kontrol, inkubasi juga dilakukan pada air laut (mengandung fitoplankton) dengan 5 kali ulangan. Daun lamun yang telah digunakan untuk pengamatan serapan karbon diukur luasnya dengan cara *men-scan* daun lamun dan dianalisis menggunakan software *Image-J*. Selanjutnya dilakukan pengeringan menggunakan oven dan ditimbang untuk mengetahui biomassa keringnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serapan karbon per tunas berkisar antara 3,84-6,52 mgCO₂/tunas/jam, per biomassa berkisar 28,51-48,45 mgCO₂/gbk/jam, dan per luas daun berkisar 0,08-0,13 mgCO₂/cm²/jam. Serapan karbon tertinggi didapatkan pada kedalaman 150 cm, baik serapan karbon per tunas, biomassa maupun luas daun. Berbeda dengan penyerapan karbon, pelepasan karbon relatif sama antar kedalaman. Pelepasan karbon per tegakan berkisar antara 3,18-3,91 mgO₂/tegakan/jam, per biomassa daun berkisar 23,67-29,08 mgO₂/g berat kering/jam dan per luas daun berkisar 0,30-0,034 mgO₂/cm²/jam.

Kata kunci: serapan karbon, lamun, *Thalassodendron ciliatum*, Panrangluhu Bulukumba, karbondioksida, pemanasan global.

Pendahuluan

Lamun merupakan salah satu vegetasi perairan pesisir yang mampu menyerap dan menyimpan karbon dengan baik. Bersama dengan vegetasi lain seperti mangrove dan rawa asin, kontribusinya sangat signifikan terhadap penyimpanan karbon secara global (Huang *et al.*, 2015; Marba *et al.*, 2015; Lymo., 2016), walaupun pada sisi lain vegetasi ini terus mengalami tekanan sehingga terjadi laju penurunan kondisi yang mengkhawatirkan (Waycott *et al.*, 2009). Penyimpanan karbon bermula dari penyerapan karbon yang dilakukan pada proses fotosintesis, selanjutnya disimpan dalam bentuk biomassa. Lebih dari setengah karbon produksi daun lamun tenggelam ke dasar perairan, dan hanya sebagian kecil yang dikonsumsi oleh herbivora dan diekspor ke ekosistem lain sekitar ekosistem lamun (Mashoreng *et al.* 2017).

Potensi serapan karbon jenis lamun yang sebarannya luas telah diteliti, namun lamun dengan sebaran terbatas belum pernah dikaji, salah satunya *Thalassodendron ciliatum*. Kompilasi yang dilakukan oleh Sjafrie *et al.* (2018) dari beberapa hasil penelitian menemukan bahwa dari 366 lokasi penelitian, jenis *T. ciliatum* hanya ditemukan pada 33 lokasi atau hanya 9%. Di Sulawesi Selatan

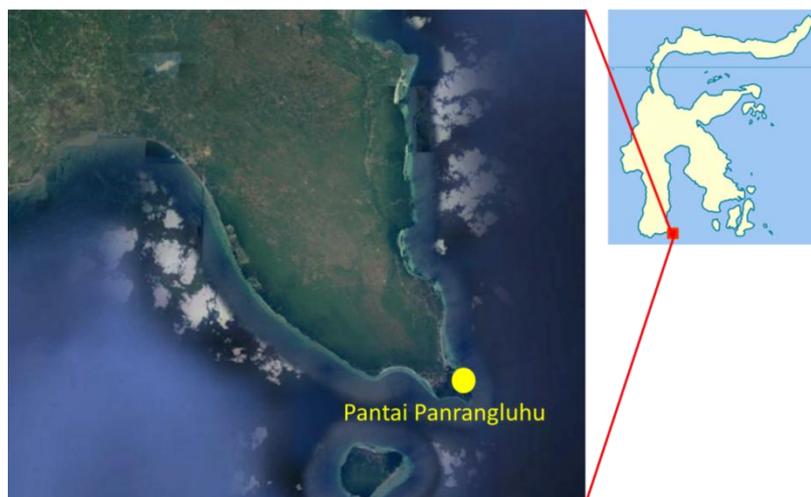
jenis lamun ini hanya ditemukan di Kabupaten Selayar dan Kabupaten Bulukumba.

Walaupun mempunyai sebaran yang terbatas, namun jenis ini bisa ditemukan tumbuh dengan lebat dan sebagai spesies tunggal (monospesies) pada daerah-daerah tertentu yang didominasi oleh substrat pecahan karang. Umumnya ditemukan tumbuh di dekat terumbu karang pada kedalaman sekitar 1-2 meter. Kenyataan ini menunjukkan bahwa pada daerah yang terdapat *T. ciliatum*, kontribusi jenis ini dalam menyerap dan menyimpan karbon bisa signifikan. Dengan demikian perlu dilakukan penelitian untuk mengestimasi peran lamun *T. ciliatum* dalam menyerap karbon dalam konteks mitigasi perubahan iklim.

Metode Penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2018 dan Mei 2019 di Perairan Pantai Panrangluhu, Kecamatan Bira Kabupaten Bulukumba Propinsi Sulawesi Selatan (Gambar 1). Pantai Panrangluhu terletak pada posisi geografis 120°27'44,74 Bujur Timur dan 5°36'9,27" Lintang Selatan. Pantai berpasir putih ini merupakan salah satu kawasan wisata di Kabupaten Bulukumba yang berjarak sekitar 194 km dari Kota Makassar. Pada bulan Desember 2018, pengamatan hanya dilakukan terhadap kondisi lingkungan, sementara pada bulan Mei 2019, disamping kondisi lingkungan juga dilakukan pengamatan serapan dan pelepasan karbon oleh lamun.



Gambar 1 . Peta lokasi penelitian

Metode Pengumpulan Data

Penyerapan karbon didapatkan dengan menggunakan metode perubahan oksigen untuk produktifitas primer (Mateo *et al.*, 2001 dan Silva *et al.*, 2009), dan kemudian dikonversi untuk mendapatkan jumlah serapan karbon. Lamun jenis *T. ciliatum* diambil dari daerah yang berdekatan dengan terumbu karang di Pantai Panrangluhu. Daun lamun dibersihkan dari epifit dan sedimen yang melekat. Metode inkubasi didasarkan sebagaimana yang dilakukan oleh Mashoreng *et al.* (2019). Daun lamun dimasukkan ke dalam botol bening botol gelap berkapasitas

270 ml dengan menjepit bagian batang menggunakan tutup botol dari karet sandal yang telah dilubangi, sedangkan rhizoma dan akar lamun dibiarkan muncul ke luar (Gambar 2a). Setiap botol diisi sebanyak 1 tegakan lamun. Sebelumnya botol tersebut telah diisi dengan air laut yang dilakukan di dalam air.

Selain mengisi botol inkubasi, dilakukan pengukuran oksigen awal perairan sebanyak 5 ulangan dengan menggunakan metode titrasi Winkler (Parsons *et al.*, 1984). Selanjutnya dilakukan inkubasi botol selama 3 jam (Mateo *et al.*, 2001) dari jam 09.00-12.00 WITA, pada kedalaman 50cm, 100cm dan 150cm dibawah permukaan air dengan masing-masing 5 kali ulangan (Gambar 2b). Pada setiap kedalaman juga diinkubasi masing-masing 5 botol berisi air laut (mengandung plankton) sebagai kontrol. Setelah diinkubasi dilakukan pengukuran kandungan oksigen terlarut.

Nilai oksigen terlarut didapatkan dengan menggunakan formula APHA (1995) sebagai berikut:

$$OT = \frac{1000 \times A \times N \times 8}{Vc \times Vb / (Vb - 6)}$$

dimana :

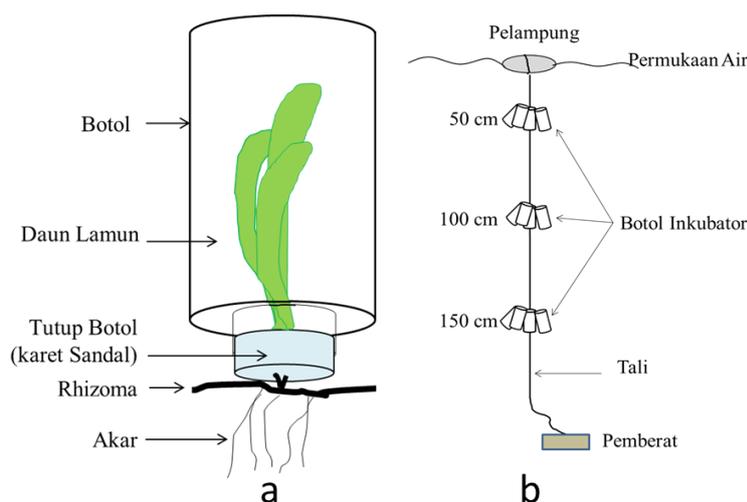
- A = mL larutan baku natrium tiosulfat yang digunakan;
- Vc = mL larutan yang dititrasi;
- N = kenormalan larutan natrium tiosulfat;
- Vb = volume botol BOD

Produktivitas primer lamun diperoleh dengan menggunakan formula menurut APHA (1995) sebagai berikut :

$$PPB = 0,375 \times \frac{LB-IB}{N \times PQ},$$

dimana :

- PPB = Produktivitas primer bersih (mgC/jam)
- 0,375 = Faktor konversi dari oksigen ke karbon
- LB = Kandungan oksigen pada botol bening (mg/l)
- IB = Kandungan oksigen awal (sebelum inkubasi) (mg/l)
- N = Waktu inkubasi (jam)
- PQ = Photosynthetic quotient (lamun 1,25 dan fitoplankton 1,20) (Kaladharan dan Raj, 1989).



Gambar 2. Sketsa metode perubahan oksigen untuk mengukur serapan karbon lamun (a) Posisi lamun dalam botol bening, dan (b) posisi botol pada saat inkubasi di lapangan (Mashoreng *et al.* 2019, modifikasi kedalaman).

Karbon yang diserap oleh lamun terdiri dari dua bentuk yaitu karbondioksida dan bikarbonat (Larkum *et al.*, 2006). Konversi nilai produktivitas primer ke dalam bentuk CO_2 yang diserap lamun, menggunakan perbandingan yaitu setiap 1 gram karbon yang diproduksi melalui fotosintesis menggunakan 3,67 gram CO_2 atau 5,08 gram HCO_3^- . Konversi nilai penyerapan karbon disetarakan (equivalen) ke dalam bentuk karbondioksida (CO_2) atau bikarbonat (HCO_3^-).

Luas daun lamun yang telah digunakan pada botol diukur. Metode pengukuran luas daun yang digunakan mengacu pada Mashoreng *et al.* (2019). Daun lamun diletakkan pada kertas yang telah diberi garis batas (bingkai) dengan ukuran 15 cm x 15 cm, kemudian dipindai (di-*scan*). Garis batas dimasukkan agar luas bingkai dapat diketahui. Selanjutnya gambar hasil scan dianalisis menggunakan software *ImageJ* untuk mendapatkan nilai persen tutupan daun lamun terhadap luas bingkai. Nilai persen tutupan daun lamun dikali dengan luas bingkai sehingga didapatkan luas daun lamun. Rumus yang digunakan adalah :

$$L_d = P_d \times L_b$$

Dengan :

L_d = Luas daun (cm^2)

P_d = Persentase tutupan daun lamun terhadap bingkai (%)

L_b = Luas bingkai (cm^2)

Selanjutnya daun lamun yang telah difoto kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 40°C sampai berat konstan. Daun lamun kering ditimbang menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,001 gram untuk mengetahui biomasnya.

Analisis Data

Perbedaan serapan karbon antar kedalaman berdasarkan tegakan, biomassa dan luas daun dianalisis menggunakan sidik ragam, yang dilanjutkan dengan analisis Tukey untuk mengetahui kedalaman yang mempunyai perbedaan serapan karbon.

Hasil dan Pembahasan

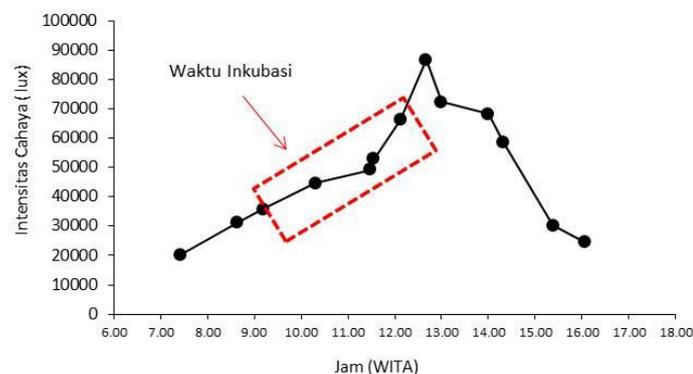
Parameter Lingkungan

Parameter lingkungan yang terukur menggambarkan kondisi pada bulan Desember 2018 dan Mei 2019 yang meliputi kekeruhan, pH, suhu, salinitas dan tipe sedimen (Tabel 1 dan Gambar 3). Hanya dua parameter lingkungan yang menunjukkan variasi cukup besar yaitu kekeruhan dan salinitas. Kekeruhan pada bulan Mei 2019 lebih tinggi dibanding bulan Desember 2018. Kekeruhan yang lebih tinggi pada bulan Mei 2019 dipicu oleh ombak yang besar menyebabkan substrat dasar teresuspensi sehingga menghalangi cahaya masuk ke perairan. Sedangkan salinitas pada bulan Mei 2019 lebih rendah dibanding Desember 2019. Pada saat penelitian bulan Mei 2019, beberapa kali terjadi hujan sehingga menurunkan salinitas perairan.

Tabel 1. Faktor lingkungan saat penelitian

Parameter Lingkungan	Rata-rata	Kisaran
Kekeruhan (NTU)	5,69	3,36-8,48
pH	7,93	7,06-8,32
Suhu (°C)	30,3	29-31
Salinitas (‰)	31,6	30,0-34,2
Tipe sedimen	Pasir sedang	Pasir sedang

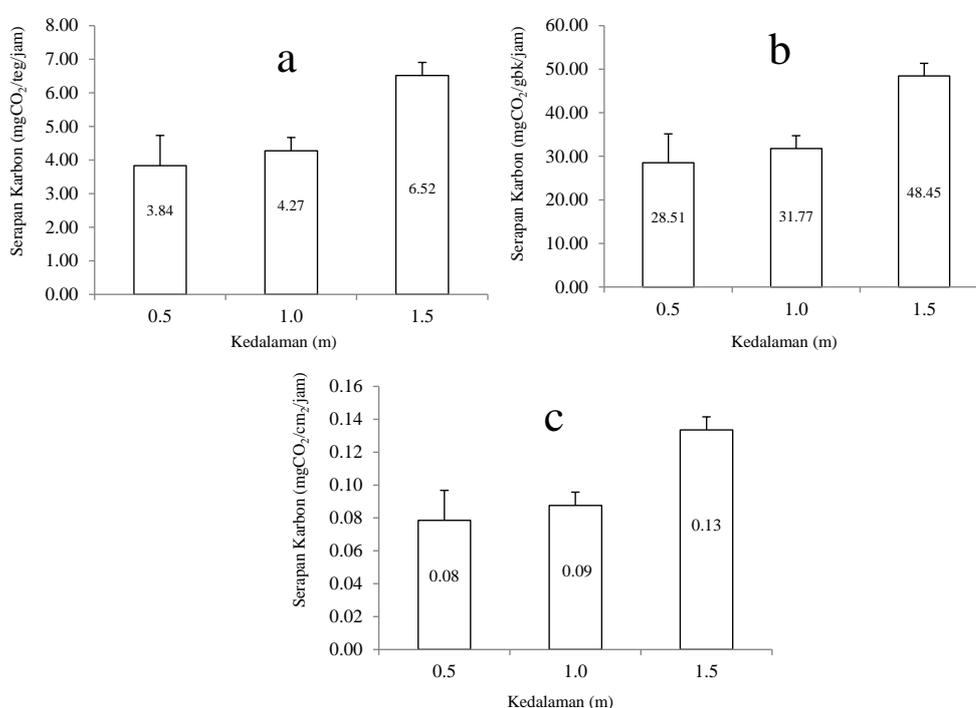
Intensitas cahaya tertinggi pada permukaan perairan terjadi antara jam 12.00 sampai 13.00 WITA yakni 86.700-72.300 lux. Laju peningkatan intensitas cahaya dari pagi sampai siang lebih lambat dibanding laju penurunan intensitas cahaya dari siang sampai sore yang ditandai oleh trend peningkatan yang lebih landai dibanding tren penurunan (Gambar 3).



Gambar 3. Intensitas cahaya terukur. (a) Profil intensitas cahaya permukaan perairan berdasarkan waktu, dan (b) Profil intensitas cahaya berdasarkan kedalaman

Serapan Karbon

Serapan karbon lamun *T. ciliatum* menunjukkan kecenderungan meningkat dari kedalaman 0,5 m sampai kedalaman 1,5 m untuk semua kategori yaitu berdasarkan tegakan, biomassa dan luas daun. Serapan karbon pada kedalaman 0,5 m dan 1,0 m tidak berbeda nyata, namun keduanya berbeda nyata dengan serapan karbon pada kedalaman 1,5 m ($P < 0,05$). Serapan karbon per tegakan berkisar antara 3,84-6,52 mgCO₂/tegakan/jam (Gambar 4a). Pola yang sama ditunjukkan oleh serapan karbon per biomassa kering daun dengan kisaran 28,51-48,48 mgCO₂/g berat kering/jam (Gambar 4b) dan serapan karbon per luas daun dengan kisaran 0,08-0,013 mgCO₂/cm²/jam (Gambar 4c). Serapan karbon jenis *T. ciliatum* ini lebih tinggi dibanding yang ditemukan oleh Mashoreng *et al.* (2019) pada lamun jenis *T. hemprichii* di Gusung Bonebatang.



Gambar 4. Serapan karbon dioksida (CO₂) *T. ciliatum* berdasarkan kedalaman: (a) per tegakan; (b) per biomassa kering; dan (c) per luas daun.

Salah satu parameter penting dalam proses fotosintesis tumbuhan adalah cahaya matahari. Namun demikian tidak selalu proses penyerapan karbon melalui fotosintesis mempunyai hubungan linear dengan cahaya. Hal yang sama juga ditemukan pada penelitian ini. Serapan karbon tertinggi ditemukan pada kedalaman 1,5 m dimana cahaya matahari lebih rendah dibanding kedalaman 0,5 m dan 1,0 m (Gambar 3). Fenomena ini kemungkinan berkaitan dengan penghambatan proses fotosintesis karena cahaya yang terlalu tinggi dibanding kebutuhan optimalnya. Pada cahaya yang tinggi, tumbuhan berpotensi menjadi stress. Fenomena ini dikenal sebagai *Photoinhibition* (Alves *et al.* 2002; Beer *et al.* 2006). Selain terjadi pada lamun, fenomena ini juga dapat ditemukan pada tumbuhan laut lainnya seperti fitoplankton (Nontji, 2008) dan makroalgae

(Hanelt, 1992). Phandee dan Buapet (2018) menemukan bahwa lamun *Halpohila ovalis* lebih sensitif terhadap intensitas cahaya yang berlebihan dibanding *T. hemprichii*. Penelitian yang dilakukan oleh Wuthirak *et al.* (2016) juga menemukan hasil yang sama. Jenis lamun *T. hemprichii* di Gusung Bonebatang mempunyai serapan karbon tertinggi pada kedalaman 200 cm (Mashoreng *et al.*, 2019). Kasus *T. ciliatum* pada penelitian ini belum bisa diduga, apakah pada kedalaman 200 cm serapan karbon akan lebih tinggi atau lebih rendah dibanding pada kedalaman 150 cm karena penelitian hanya dilakukan sampai pada kedalaman 150 cm.

Selain lamun stress jika cahaya yang diterima berlebihan, variasi jumlah klorofil pada kondisi cahaya yang berbeda juga kemungkinan bisa menjadi alasan terjadinya fenomena ini. Walaupun tidak dilakukan pengamatan jumlah klorofil, namun penelitian oleh Cumming dan Zimmerman (2002) menunjukkan adanya adaptasi penambahan jumlah klorofil yang dilakukan oleh lamun pada kedalaman dimana cahaya yang diterima lebih sedikit. Fenomena itu ditemukan pada jenis lamun *Thalassia testudinum* dan *Thalassia testudinum*.

Bentuk karbon dominan yang diserap oleh lamun dapat berbeda jika terjadi perubahan derajat keasaman (pH) perairan (Larkum *et al.* 2006). Karbon yang diserap oleh lamun pada proses fotosintesis dapat berupa karbondioksida (CO_2) atau bikarbonat (HCO_3^-) (Larkum *et al.*, 2006). Salah satu faktor yang mempengaruhi bentuk karbon yang diserap oleh lamun adalah tingkat keasaman (pH) air laut, yang berpengaruh terhadap ketersediaan kedua bentuk karbon tersebut. Pada pH perairan 8,2 maka ketersediaan karbondioksida terbatas sehingga lamun lebih banyak menyerap bikarbonat (HCO_3^-) untuk proses fotosintesis. Sedangkan pada tingkat keasaman yang lebih rendah, karbondioksida (CO_2) lebih banyak diserap. Jika didasarkan pada teori di atas maka *T. ciliatum* di Pantai Panrangluhu lebih banyak menyerap karbondioksida dibanding bikarbonat karena tingkat keasaman air laut pada saat penelitian rata-rata 7,93.

Jika dikonversi ke dalam bentuk bikarbonat maka rata-rata serapan karbon per tegakan berkisar 5,31-9,02 $\text{mgHCO}_3^-/\text{teg}/\text{jam}$, serapan karbon per biomassa kering daun berkisar 39,47-67,07 $\text{mgHCO}_3^-/\text{gbk}/\text{jam}$ dan serapan karbon per luas daun berkisar 0,11-0,18 $\text{mgHCO}_3^-/\text{cm}^2/\text{jam}$ (Tabel 2). Pola serapan karbon dengan menggunakan bikarbonat sama dengan karbondioksida.

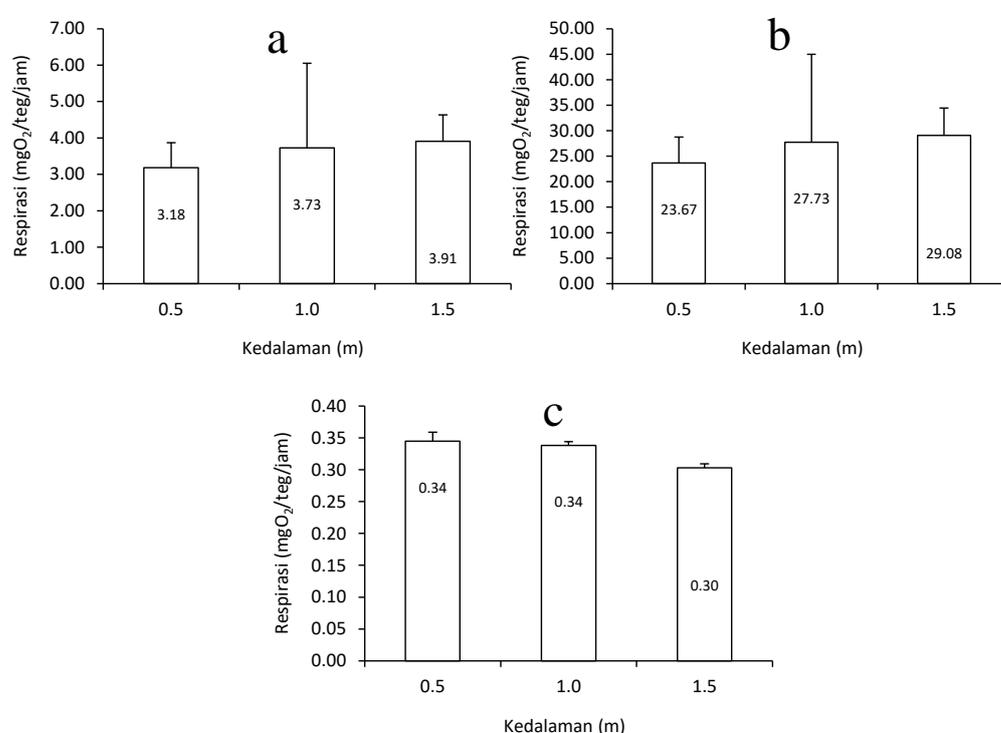
Tabel 2. Serapan bikarbonat (HCO_3^-) *T. ciliatum* berdasarkan tegakan, biomassa dan luas daun

Serapan Karbon	Kedalaman (cm)		
	50 cm	100 cm	150 cm
Tegakan ($\text{mgHCO}_3^-/\text{teg}/\text{jam}$)	5,31±1,24 ^a	39,47±9,18 ^a	0,11±0,03 ^a
Biomassa Daun ($\text{mgHCO}_3^-/\text{gbk}/\text{jam}$)	5,92±0,55 ^a	43,98±4,09 ^a	0,12±0,01 ^a
Luas Daun ($\text{mgHCO}_3^-/\text{cm}^2/\text{jam}$)	9,02±0,54 ^b	67,07±4,01 ^b	0,18±0,01 ^b

Keterangan : Huruf yang berbeda di belakang angka pada kolom yang sama menunjukkan nilai berbeda nyata ($P < 0,05$)

Respirasi

Disamping menyerap karbon, lamun juga mengeluarkan karbon dalam bentuk karbondioksida (CO_2) pada proses respirasi. Namun berbeda dengan penyerapan karbon yang mengalami tren peningkatan sampai pada kedalaman 150 m, pelepasan karbon pada proses respirasi relatif sama pada semua kedalaman, kecuali pada pelepasan karbon per luas daun yang mempunyai tren penurunan. Pelepasan karbon per tegakan berkisar antara 3,18-3,91 $\text{mgO}_2/\text{teg}/\text{jam}$ (Gambar 5a); pelepasan karbon per biomassa kering daun berkisar 23,67-29,08 mgO_2/g berat kering/ jam (Gambar 5b) dan pelepasan karbon per luas daun berkisar 0,30-0,34 $\text{mgO}_2/\text{cm}^2/\text{jam}$ (Gambar 5c). Hal ini menunjukkan bahwa laju respirasi lamun *T.ciliatum* tidak terpengaruh oleh perbedaan intensitas cahaya, setidaknya sampai pada kedalaman 1,5 m.



Gambar 5. Respirasi lamun *T. ciliatum* berdasarkan kedalaman: (a) per tegakan; (b) per biomassa kering; dan (c) per luas daun

Kesimpulan

Penyerapan karbon tertinggi oleh lamun *T. ciliatum* dalam proses fotosintesis terjadi pada kedalaman 1,5 m, sedangkan pelepasan karbon pada proses respirasi relatif sama antar kedalaman.

Daftar Pustaka

- Alves, P.P., Magalhaes, A.C.N. & Barja, P.R. 2002. The Phenomenon of photoinhibition of photosynthesis and its importance in reforestation. *The Botanical Review* 68 (2): 193-208.
- American Public Health Association (APHA). 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC.

- Beer, S., Mtolera M., Lyimo T. & Bjork M.. 2006. The photosynthetic performance of the tropical seagrass *Halophila ovalis* in the upper intertidal. *Aquatic Botany* 84: 367–371.
- Cummings, M.E & Zimmerman R.C.. 2002. *Light harvesting and the package effect in the seagrass Thalassia testudinum banks ex koning and zosetera marina L.*: optical constraints on photoacclimation. *Aquatic Botani* 75: 261-274.
- Hanelt, D. 1992. Photoinhibition of photosynthesis in marine macrophytes of the South China Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 82: 199-206.
- Huang, Y., Lee, C., Chung, C., Hsiao, S. dan Lin, H. 2015. Carbon budgets of multispecies seagrass beds at Dongsha Island in the South China Sea. *Mar. Env. Res.* 106: 92-102.
- Kaladharan, P. & Raj, I.D. 1989. Primary production of seagrass *Cymodocea serrulata* and its contribution to productivity of Amini atoll, Lakshadweep Islands. *Indian Journal of Marine Science* 18: 215-216.
- Larkum, A.W.D., Drew E.A. & Ralph P.J.. 2006. Photosynthesis and Metabolism in Seagrasses at The Cellular Level. Di dalam: Larkum A.W.D, Orth R.J., Duarte C.M, editor. *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer. Dordrecht.
- Lymo, L.D. 2016. Carbon sequestration processes in tropical seagrass beds. Thesis. Stockholm University. Malmo Sweden.
- Marba, N., Arias-Ortiz, A., Masque, P., Kendrick, G.A., Mazarrasa, I., Bastyan. G.R., Garcia-Orellana, J. dan Duarte, C.M. 2015. Impact of seagrass loss and subsequent revegetation on carbon sequestration and stocks. *Journal of Ecology* 103: 296-302.
- Mashoreng, S., Bengen, D.G. dan Hutomo, M. 2017. Kemana produktivitas daun lamun mengalir?. *Torani: JFMarSci* 1 (1): 35-44.
- Mashoreng, S., Alprianti, S., Samad, W., Isyriani, R. & Inaku, D.F. 2019. Serapan karbon lamun *Thalassia hemprichii* pada beberapa kedalaman. *Spermonde* 5 (1): 11-17.
- Mateo, M.A., Renom, P., Hemminga, M.A. & Peene, J. 2001. Measurement of seagrass production using the ¹³C stable isotope compared with classical O₂ and ¹⁴C methods. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 223: 157-165.
- Nontji, A. 2008. *Plankton Laut*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Press, Jakarta.
- Parsons, T.R., Maita, Y. & Lalli, C.M. 1984. *A Manual Of Chemical and Biological Methods For Seawater Analysis*. Pergamon Press, Oxford.
- Phandee, S. & Buapet, P. 2018. Photosynthetic and antioxidant responses of the tropical intertidal seagrasses *Halophila ovalis* and *Thalassia hemprichii* to moderate and high irradiances. *Botanica Marine* 61 (3): 247-256.
- Silva, J., Sharon Y., Santos R. & Beer S.. 2009. Measuring seagrass photosynthesis: methods and applications. *Aquatic Botani* 7: 127-141.
- Sjafrie, N.D.M., Hernawan, U.E., Prayudha, B., Supriyadi, I.H., Iswari, M.Y., Rahmat, Anggraini, K., Rahmawati, S. & Suyarso. 2018. *Status padang lamun Indonesia 2018*. Ver. 02. Coremap-CTI – Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Jakarta.
- Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J.W., Heck, K.L., Hughes, A.R., 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106, 12377–12381.
- Wuthirak, T., R. Kongnual and P. Buapet. 2016. Desiccation tolerance and underlying mechanisms for the recovery of the photosynthetic efficiency in the tropical intertidal seagrasses *Halophila ovalis* and *Thalassia hemprichii*. *Bot. Mar.* 59: 387–396.