

STOK KARBON PADA BAGIAN ATAS SEDIMEN AREA PADANG LAMUN DI HALMAHERA TIMUR, MALUKU UTARA

KL-06

Supriadi Mashoreng^{*1}, Chair Rani¹, Abdul Haris¹, Ahmad Faizal¹, Inayah Yasir¹

¹Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Makassar

*e-mail: smashoreng@unhas.ac.id

Abstrak

Penelitian dilakukan untuk menganalisis stok karbon pada sedimen permukaan area padang lamun di Halmahera Timur, Propinsi Maluku Utara. Sampling dilakukan pada bulan Mei 2017 di 14 stasiun, meliputi 3 stasiun di Pulau Gee, 4 stasiun di pesisir Moronopo, 3 stasiun di Pulau Pakal dan 4 stasiun di pesisir Tanjung Buli. Sedimen pada lapisan permukaan di area padang lamun diambil menggunakan *handcorer* berdiameter 7 cm dan tinggi 5 cm. Sedimen dibawa ke laboratorium untuk dianalisis konsentrasi karbon organik menggunakan metode *loss on ignition* (LOI). Selain karbon organik, dilakukan analisis untuk mengetahui ukuran butiran sedimen menggunakan metode penyaringan kering dengan *sieve net* dan analisis *bulk density* sedimen. Pada setiap stasiun dilakukan pengamatan persen penutupan masing-masing jenis lamun untuk mengetahui total persen tutupan dan komposisi jenis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi karbon organik sedimen berkisar 1,69-3,71% berat kering, sedangkan stok karbon berkisar 707,9-1669,8 g/m² atau setara dengan 7,1-16,7 Mg/ha. Pada beberapa stasiun, nilai stok karbon tidak berkorelasi secara linear dengan total persentutupan lamun. Umumnya stasiun di Moronopo dan Tanjung Buli mempunyai stok karbon yang tinggi walaupun persen tutupan lamunnya relatif rendah, sementara stasiun di Pulau Gee dan Pulau Pakal umumnya mempunyai penutupan lamun yang tinggi namun stok karbon yang relatif rendah. Diduga kondisi tersebut berkaitan dengan struktur komunitas lamun, faktor oseanografi, karakteristik sedimen dan sumber karbon pada beberapa stasiun yang sangat dipengaruhi oleh *run off* dari daratan bagian atasnya.

Kata kunci: Halmahera Timur, padang lamun, stok karbon sedimen, struktur komunitas lamun,

Pengantar

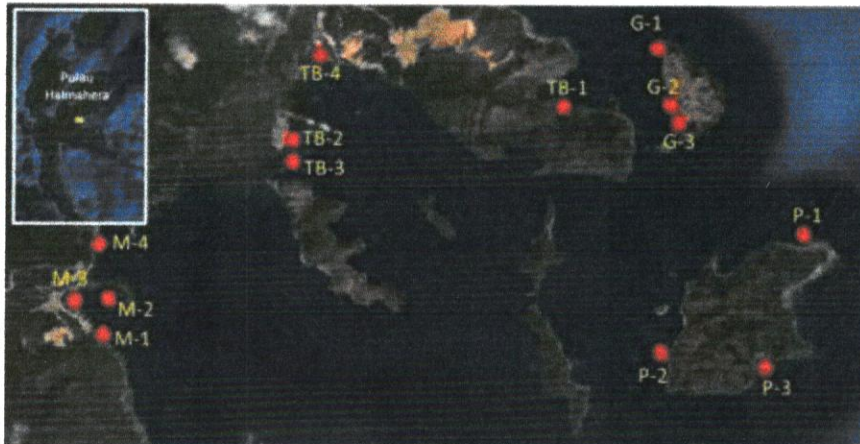
Ekosistem lamun merupakan salah satu di antara beberapa ekosistem yang sering ditemukan di perairan dangkal, selain ekosistem mangrove dan terumbu karang. Ekosistem lamun mempunyai peran baik secara biologis maupun fisik. Sebagai mata rantai pertama dalam rantai makanan, lamun merupakan produser primer penting yang dapat mengubah karbondioksida menjadi bahan organik secara efisien (Larkum *et al.*, 2006; Lymo, 2016). Penyerapan karbondioksida untuk fotosintesis merupakan peran vegetasi lamun sebagai bagian dari sistem untuk mengurangi emisi karbon di atmosfer. Selain itu, secara fisik lamun berperan untuk meredam ombak dan arus. Aksi dari peredaman ombak dan arus oleh lamun mempunyai konsekuensi lain yang berkaitan dengan mitigasi perubahan iklim. Struktur kanopi yang dimilikinya mampu mengendapkan bahan-bahan tersuspensi termasuk karbon organik. Bersama dengan serasah lamun, karbon organik tersuspensi yang terendapkan secara perlahan akan terkubur dengan kecepatan sesuai dengan laju sedimentasi pada lokasi tersebut. Karbon organik yang terkubur menjadi salah satu kunci peran ekosistem lamun untuk mengikat karbon (Nellemann *et al.* 2009), yang telah meningkat secara tajam di atmosfer dalam beberapa dekade terakhir.

Salah satu daerah di wilayah timur Indonesia yang mempunyai padang lamun dengan variabilitas yang tinggi adalah Kabupaten Halmahera Timur. Daerah ini merupakan bagian dari Propinsi Maluku Utara. Disamping perairan laut, daerah ini juga mempunyai pegunungan dan pulau kecil yang tersebar di beberapa lokasi. Disamping mempunyai komposisi jenis lamun yang beragam, karakteristik lingkungan juga mempunyai variasi yang tinggi (Budi *et al.* 2017). Beberapa lokasi mempunyai substrat kasar dan beberapa lokasi lainnya bersubstrat halus, bahkan berlumpur dengan ketebalan yang berbeda-beda. Luasan padang lamun juga beragam tergantung pada luas *reef flat*. Berdasarkan pada beberapa

uraian tersebut, maka penelitian dilakukan untuk mengetahui stok karbon pada bagian atas sedimen lamun di Halmahera Timur.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2017 di Kabupaten Halmahera Timur. Stasiun penelitian sebanyak 14 stasiun pada 4 lokasi. Masing-masing 2 lokasi pada daerah pesisir dan 2 lokasi pada pulau. Pulau Gee mempunyai 3 stasiun (G-1 sampai G-3), Pulau Pakal 3 stasiun (P-1 sampai P-3), Pesisir Moronopo 4 stasiun (M-1 sampai M-4) dan Pesisir Tanjung Buli 4 stasiun (TB-1 sampai TB-4) (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Pada masing-masing stasiun dilakukan pengamatan tutupan lamun menggunakan bantuan transek garis dan plot berukuran 50 cm x 50 cm (McKenzie & Campbell, 2002). Transek garis ditarik tegak lurus garis pantai. Pada transek garis tersebut dilakukan pengamatan persen penutupan jenis lamun menggunakan plot yang dilakukan secara sistematis dengan jarak antar plot 5-10 meter. Jarak tersebut disesuaikan dengan homogenitas jenis lamun dan luas padang lamun. Pengulangan transek garis sebanyak tiga kali dengan jarak antar transek 50 m. Kondisi padang lamun diestimasi berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 200 tahun 2004.

Sampel permukaan sedimen diambil menggunakan corer berukuran diameter 7 cm dan tinggi 5 cm. Sampel dibawa ke laboratorium menggunakan cool box untuk dianalisis. Analisis kandungan karbon organik pada sedimen dilakukan menggunakan metode *loss on ignition* (LOI) (Fourqurean *et al.* 2012), sedangkan *bulk density* dianalisis sebagaimana yang dilakukan oleh Miyajima *et al.* (2016). Sebanyak 50 cm³ sampel sedimen dikeringkan menggunakan suhu 60°C lalu ditimbang untuk mengetahui beratnya. Perbandingan antara berat dan volume sedimen merupakan nilai *bulk density* (Howard *et al.* 2014). Kemudian selanjutnya stok karbon dihitung berdasarkan nilai kandungan bahan organik sedimen dan *bulk density* (Samper-Villarreal *et al.* 2018) yang didasarkan pada rumus :

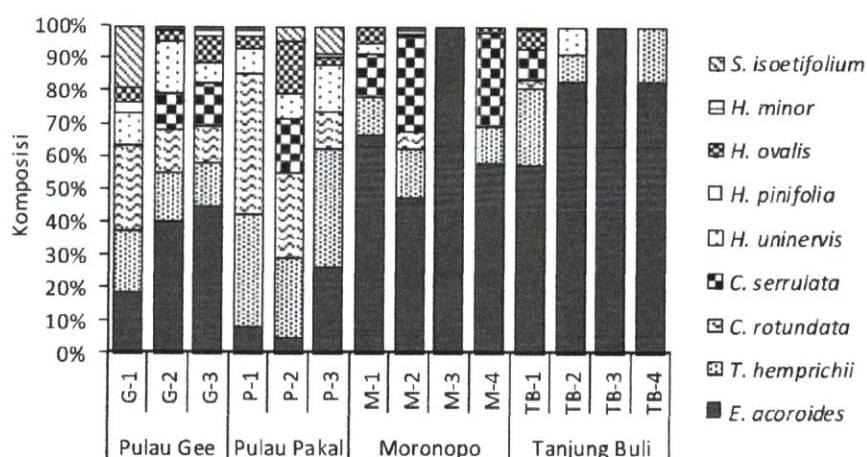
$$SK = BD \times L \times (KO/100)$$

dengan SK = Stok Karbon (g/cm²), BD = *Bulk Density* (g/cm³), L = ketebalan sedimen (cm) dan KO = kandungan karbon organik (%).

Hasil dan Pembahasan

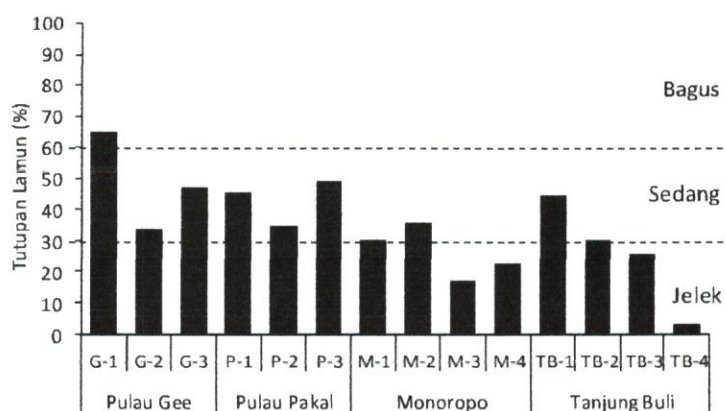
Hasil

Ditemukan 9 jenis lamun di lokasi penelitian yaitu *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, *Halodule uninervis*, *Halodule pinifolia*, *Halophila ovalis*, *Halophila minor* dan *Syringodium isoetifolium*. Dari 9 jenis lamun tersebut, 3 jenis dominan berdasarkan tutupan yaitu *E.acoroides*, *T. hemprichii* dan *C. rotundata*. Jenis *E. acoroides* dominan di Moronopo dan Tanjung Buli, sedangkan di Pulau Gee dan Pulau Pakal, selain *E.acoroides*, jenis *T. hemprichii* dan *C. rotundata* juga dominan pada beberapa stasiun pada kedua lokasi tersebut (Gambar 2).



Gambar 2. Komposisi jenis lamun.

Tutupan lamun di Halmahera Timur berkisar 3,3-64,8% dimana tutupan terendah ditemukan pada Stasiun TB-4 dan tertinggi pada Stasiun G-1. Mengaju pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 200 tahun 2004 tentang kriteria baku kerusakan dan pedoman penentuan status padang lamun, maka terdapat 4 stasiun berkategori jelek (miskin), 9 stasiun berkategori sedang (kurang sehat) dan hanya 1 stasiun berkategori bagus (sehat) (Gambar 3).



Gambar 3. Persen tutupan lamun.

Kandungan karbon sedimen bervariasi antar stasiun dengan kisaran 1,69-3,71%. Kandungan karbon terendah didapatkan pada Stasiun G-3 dan tertinggi pada Stasiun P-4. *Bulk density* kering sedimen lamun pada stasiun penelitian berkisar 0,820-1,230 g/cm³. Dari nilai kandungan sedimen dan *bulk density*, maka didapatkan stok karbon 707,9-1669,8 gC-organik/m² atau setara dengan 7,1-16,7 MgC-organik/ha (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan karbon, *bulk density* dan stok karbon sedimen padang lamun di Halmahera Timur.

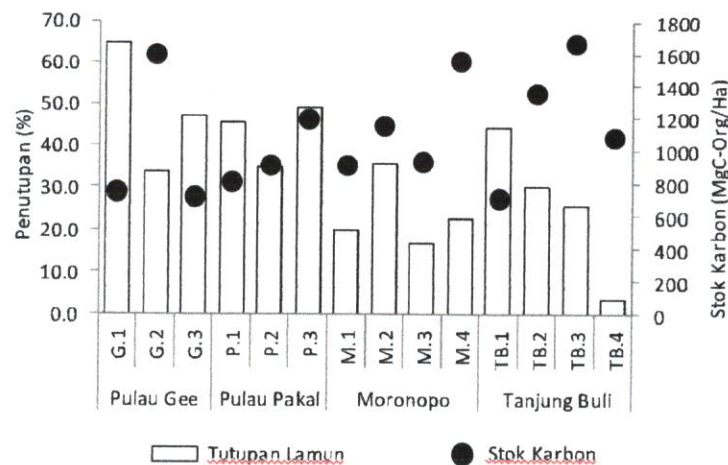
Lokasi	Stasiun	Kandungan Karbon Organik (%)	Bulk Density (g/cm ³)	Stok Karbon	
				gC-org/m ²	MgC-org/ha
Pulau Gee	G-1	1,73	0,870	750,7	7,5
	G-2	3,25	0,980	1593,4	15,9
	G-3	1,69	0,850	716,5	7,2
Pulau Pakal	P-1	2,78	0,830	1155,0	11,5
	P-2	2,07	0,890	923,3	9,2
	P-3	3,71	0,840	1558,5	15,6
Moronopo	M-1	1,77	0,910	803,3	8,0
	M-2	2,22	0,820	912,0	9,1
	M-3	1,95	1,230	1196,3	12,0
	M-4	2,16	0,840	909,1	9,1
Tanjung Buli	TB-1	1,71	0,830	707,9	7,1
	TB-2	2,94	0,920	1353,6	13,5
	TB-3	3,59	0,930	1669,8	16,7
	TB-4	2,03	1,060	1078,5	10,8

Pembahasan

Keanekaragaman lamun di daerah pulau (Pulau Gee dan Pulau Pakal) lebih tinggi dibanding daerah pesisir (Moronopo dan Tanjung Buli) (Gambar 2). Rendahnya keanekaragaman lamun di daerah pesisir disebabkan oleh substrat yang umumnya halus, bahkan pada beberapa stasiun bersubstrat lumpur seperti di Stasiun M-1, M-3 dan TB-4. Pada substrat berlumpur, jenis-jenis lamun yang berdaun pendek susah untuk dapat bertahan karena lumpur dapat menutupi daun bahkan mengubur lamun. Namun pada substrat berlumpur, jenis lamun *E. acoroides* lebih toleran dibanding jenis lainnya. *E. acoroides* mampu menyesuaikan diri dengan substrat lumpur yang tebal dengan memanjangkan daunnya sehingga proses fotosintesis tetap bisa dilakukan.

Selain keanekaragaman yang lebih rendah, kondisi tutupan lamun di stasiun daerah pesisir lebih rendah dibanding stasiun yang ada di pulau. Rata-rata persen tutupan lamun di Pulau Gee dan Pulau Pakal masing-masing 48,7% dan 43,2%; sedangkan di Moronopo dan Tanjung Buli masing-masing 23,9% dan 25,9%. Selain karena substrat, diduga kondisi ini juga disebabkan oleh kecerahan perairan yang berbeda. Kecerahan perairan daerah pesisir relatif lebih rendah dibanding perairan di pulau. Perairan yang mempunyai kecerahan tinggi memungkinkan cahaya matahari bisa diterima oleh lamun secara optimal dibanding perairan yang keruh sehingga proses fotosintesis bisa berlangsung dengan baik. Dengan demikian, daerah di pulau memungkinkan mempunyai tutupan lamun yang lebih tinggi (Gambar 3).

Persen tutupan lamun yang tinggi tidak berbanding lurus dengan stok karbon pada substrat lamun. Stasiun di Pulau Gee dan Pulau Pakal yang mempunyai persen tutupan lamun yang lebih tinggi dibanding stasiun di Moronopo dan Tanjung Buli mempunyai stok karbon yang relatif sama (Gambar 4). Rata-rata stok karbon di Pulau Gee dan Pulau Pakal masing-masing 1.020 Mg/ha dan 971 Mg/ha, sedangkan di Moronopo dan Tanjung Buli masing-masing 1.136 Mg/ha dan 1.202 Mg/ha.



Gambar 4. Persen tutupan lamun dan stok karbon.

Beberapa hal diduga dapat mempengaruhi stok karbon pada substrat padang lamun di Halmahera Timur. Pertama faktor oseanografi. Stasiun G-1 mempunyai persen tutupan lamun tertinggi namun stok karbon sedimen rendah. Stasiun ini berada pada ujung Selatan Pulau Gee yang merupakan daerah konvergen gelombang sehingga energi gelombang lebih besar dibanding stasiun lainnya. Besarnya gelombang dapat menghambat pengendapan karbon organik pada padang lamun. Karbon organik tidak mudah mengendap karena akan terbawa arus yang disebabkan oleh gelombang. Samper-Villareal *et al.* (2016) menemukan adanya pengaruh kedalaman dan tinggi gelombang terhadap stok karbon di daerah lamun.

Faktor kedua adalah komposisi jenis. Stasiun yang ada di kedua pulau mempunyai persen tutupan lamun lebih tinggi dibanding stasiun di pesisir, namun stok karbonnya lebih rendah. Stasiun di kedua pulau mempunyai lamun yang lebih beragam, namun didominasi oleh jenis-jenis berdaun pendek seperti *C. rotundata* dan *T. hemprichii*. Berbeda dengan lamun *E. acoroides* yang dominan di pesisir mempunyai daun panjang. Efektifitas peredaman gelombang oleh lamun berdaun pendek lebih rendah dibanding lamun berdaun panjang sehingga pengendapan karbon organik tersuspensi lebih kecil. Variasi stok karbon yang disebabkan oleh perbedaan komposisi jenis dan kompleksitas struktur kanopi juga ditemukan oleh Lavery *et al.* (2013), Rozaimi *et al.* (2013) dan Samper-Villareal *et al.* (2016).

Selanjutnya adalah faktor karakteristik sedimen. Umumnya sedimen pada stasiun pesisir lebih halus dibanding stasiun yang ada di pulau. Sedimen halus mempunyai kapasitas penyimpanan karbon organik yang lebih tinggi dibanding sedimen yang lebih kasar. Luas permukaan per volume sedimen halus lebih besar sehingga dapat mengadsorpsi karbon organik lebih banyak. Disamping itu, ruang interstitial pada sedimen halus lebih sempit sehingga kemampuan penjerapan karbon organik lebih besar. Kandungan bahan organik yang tinggi pada sedimen yang lebih halus juga ditemukan di daerah mangrove oleh Isman *et al.* (2018).

Faktor berikutnya adalah sumber karbon organik. Selain berasal dari perairan laut, karbon organik yang masuk ke padang lamun juga dapat berasal dari daratan. Kennedy *et al.* (2010) mengemukakan bahwa total stok karbon pada padang lamun berasal dari dalam dan luar ekosistem lamun tersebut. Stasiun yang ada di pesisir mempunyai peluang yang besar mendapatkan karbon organik dari daratan karena posisinya yang lebih dekat dibanding stasiun-stasiun yang ada di pulau. Karbon organik dari daratan dapat berkontribusi secara signifikan terhadap total karbon yang terendapkan di substrat padang lamun.

Secara geografis, stok karbon pada sedimen lamun mempunyai variasi yang tinggi. Sejalan dengan keberadaan lamun di daerah Indo-Pasifik yang mempunyai keanekaragaman dan perkembangan yang baik, maka kecenderungan stok karbon yang dimilikinya juga lebih tinggi. Beberapa penelitian yang dirangkum menunjukkan adanya variasi yang besar stok karbon pada sedimen lamun (Lavery *et al.* 2013; Miyajima *et al.* 2016; Mashoreng *et al.* 2013; Samper-Villareal *et al.* 2018). Namun secara geografis, stok karbon pada sedimen lamun di daerah tropis relatif tinggi (Tabel 2).

Tabel 2. Perbandingan stok karbon pada sedimen lamun di beberapa wilayah. Nilai stok karbon dari beberapa referensi dikonversi ke dalam satuan hektar dengan kedalaman sedimen 5 cm.

Lokasi	Stok karbon sedimen (Mg/ha)	Referensi
Moreton Bay Australia	3,3	Samper-Villareal <i>et al.</i> (2018)
Wellington Point	16,5	Samper-Villareal <i>et al.</i> (2018)
South Australia	4,2	Lavery <i>et al.</i> (2013)
Western Australia	4,8	Lavery <i>et al.</i> (2013)
Victoria Australia	5,7	Lavery <i>et al.</i> (2013)
Ishigaki Island	11,7	Miyajima <i>et al.</i> (2016)
Thailand	12,5	Miyajima <i>et al.</i> (2016)
Seto Inland Sea	6,7	Miyajima <i>et al.</i> (2016)
Kyushu Island	3,3	Miyajima <i>et al.</i> (2016)
Barranglombo Island	13,5	Mashoreng <i>et al.</i> (2013)
Halmahera Timur	10,9	Penelitian ini

Kesimpulan

Rata-rata stok karbon sedimen sedalam 5 cm pada daerah lamun di lokasi penelitian sebesar 10,9 MgC/ha. Variasi stok karbon dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu (1) faktor oseanografi seperti gelombang dan arus, (2) komposisi jenis penyusun komunitas lamun, (3) karakteristik sedimen, seperti ukuran butiran dan (4) sumber karbon organik. Faktor-faktor tersebut menyebabkan stok karbon tidak berbanding lurus dengan persen tutupan lamun.

Daftar Pustaka

- Budi, K.A., R. Muhammad, & S. Mashoreng. 2017. Dinamika kondisi lamun di Perairan sekitar area penambangan PT. Antam Tbk, Halmahera Timur. Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan IV Universitas Hasanuddin. Hal. 39-47. 19 Mei 2017. Makassar.
- 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. 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience* 5 (7): 505-509.
- Howard, J., S. Hoyt, K. Isensee, M. Telszewski & E. Pidgeon (eds.) (2014). Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA.
- Isman, M. S. Mashoreng, S. Werorilangi, R. Isyrini, Rastina, A. Faizal, A. Tahir & A.I. Burhanuddin. 2018. Komunitas makrozoobentos pada kondisi mangrove berbeda: hubungannya dengan karakteristik kimia-fisika sedimen. *Jurnal Torani* 1 (2): 40-47.

- Kennedy, H., J. Beggins, C.M. Duarte, J.W. Fourqurean, M. Holmer, N. Marbà & J.J. Middelburg. 2010. Seagrass sediments as a global carbon sink: isotopic constraints. *Global Biogeochemical Cycles* 24: GB4026.
- Larkum A.W.D, R.J. Orth & C.M. Duarte, editor. 2006. *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Dordrecht: Springer.
- Lavery, P.S., M.A. Mateo, O. Serrano & 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.
- Lymo, L.D. 2016. Carbon sequestration processes in tropical seagrass beds. Thesis. Stockholm University. Malmo.
- McKenzie & Campbell. 2002. *Seagrass-Watch: Manual for Community (citizen) monitoring of seagrass habitat*. Western Pacific Edition (QFS, NFC, Cairns) 43pp.
- Rozaimi, M., O. Serrano Gras & P.S. Lavery. 2013. Comparison of carbon stores by two morphologically different seagrasses. *Journal of the Royal Society of Western Australia* 96: 81–83.
- Samper-Villarreal, J., C.E. Lovelock, M.I. Saunders, C. Roelfsema, & P.J. Mumby. 2016. Organic carbon in seagrass sediments is influenced by seagrass canopy complexity, turbidity, wave height, and water depth. *Limnology and Oceanography* 61 (3): 938-952.
- Samper-Villarreal J., P.J. Mumby, M.I. Saunders, C. Roelfsema & C.E. Lovelock. 2018. Seagrass Organic Carbon Stocks Show Minimal Variation Over Short Time Scales in a Heterogeneous Subtropical Seascape. *Estuaries and Coasts* <https://doi.org/10.1007/s12237-018-0381-z>.
- Mashoreng, S., R. Isyrini, & B.A.J. Gosary. 2013. Estimasi potensi penyerapan karbon oleh komunitas lamun di Pulau Barranglompo Makassar. Laporan Hasil Penelitian. Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Nellemann, C., E. Corcoran, C.M. Duarte, L. Valdés, C. DeYoung, L. Fonseca & G. Grimsditch, editor. 2009. *Blue Carbon: The Role of Healthy Oceans in Binding Carbon. A Rapid Response Assessment*. United Nations Environment Programme. Norway.