

Kemana produktivitas daun lamun mengalir?

Where does the productivity of seagrass leaves flow?

Supriadi Mashoreng^{1✉}, Dietrich G. Bengen² & Malikusworo Hutomo³

¹Departemen Ilmu Kelautan FIKP Universitas Hasanuddin Makassar,
Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10 Tamalanrea Makassar, 90245

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan FKIP Institut Pertanian Bogor,
Jl. Raya Darmaga, Kabupaten Bogor, 16680

³Pusat Penelitian Oseanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia,
Jl. Pasir Putih No. 1 Ancol Timur, Jakarta, 14430

✉corresponding author: smashoreng@unhas.ac.id

Abstrak

Lamun merupakan tumbuhan tingkat tinggi yang hidup di laut dangkal. Sebagai tumbuhan, lamun berperan sebagai produser primer yang memberikan kontribusi bagi biota laut maupun ekosistem lainnya. Hasil produksi primer dari lamun akan masuk ke beberapa kompartemen. Namun berapa besar aliran produksi tersebut ke tiap kompartemen masih menjadi pertanyaan. Penelitian bertujuan untuk melihat berapa besar hasil produksi daun lamun yang dialirkan ke kompartemen lain. Penelitian dilakukan di Pulau Barranglompo Makassar selama 4 periode yang mewakili musim hujan, peralihan I, musim kemarau dan peralihan II. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu (1) mengestimasi produktivitas daun lamun, (2) mengestimasi stok karbon daun lamun, (3) mengestimasi besarnya grazing daun lamun oleh bulu babi dan herbivora lain, (4) mengestimasi besarnya produksi serasah daun lamun, baik yang tenggelam di dasar maupun yang terbawa keluar dari ekosistem lamun. Hasil penelitian menunjukkan total karbon yang dialirkan ke kompartemen lain mencapai 2,20% dari stok karbon daun atau setara 81,8% dari produktivitas daun. Aliran produksi melalui serasah yang melayang sebesar 0,59% dari stok karbon (setara 22,0% dari produktivitas daun), serasah tenggelam 1,36% dari stok karbon (setara 50,6% dari produktivitas daun), grazing bulu babi 0,04% dari stok karbon (setara 1,4% dari produktivitas daun) dan grazing oleh herbivora lain 0,21% dari stok karbon (setara 7,9% dari produktivitas daun). Dalam konteks aliran produksi, hasil produksi primer lamun paling banyak berkontribusi dalam ekosistem lamun sendiri sebagai serasah, bisa dimanfaatkan oleh detritivore sebagai makanan, terdekomposisi sebagai unsur hara, atau terkubur sebagai cadangan karbon. Hanya sebagian kecil produksi primer dimanfaatkan secara langsung oleh herbivora.

Kata kunci : *produktivitas daun lamun, aliran produksi daun lamun, grazing lamun, serasah lamun*

Abstract

Seagrass is a high-level plant that lives in shallow seas. As a plant, the seagrass plays a primary producer that contributes to marine biota and other ecosystems. The primary production of seagrass will flow into several compartments. But how much the production flows into each compartment is still a question. The research was conducted in Barranglompo Island Makassar for four periods, which represent the rainy season, transition I, dry season and transition II. The study was conducted through several stages: (1) estimating the productivity of seagrass leaves, (2) estimating the seagrass carbon stock, (3) estimating the amount of seagrass grazing by sea urchins and other herbivores, (4) estimating the production of seagrass litters which were submerged at the bottom as well as being carried away from the seagrass ecosystem. The results showed that the total carbon that flowed into other compartments reached 2.20% of the leaf carbon stock or equivalent to 81.8% of leaf productivity. The production flowed through floating litters was 0.59% of the carbon stock (equal to 22.0% of leaf productivity), sinking litters were responsible for 1.36% of carbon stock (equal to 50.6% of leaf productivity), grazing sea urchins: 0.04% of carbon stock (equal to 1.4% of leaf productivity) and grazing by other herbivores: 0.21% of carbon stock (equal to 7.9% of leaf productivity). Our research results highlight that in the context of production flow, leaf litter is the primary product of seagrass which contributes most in the seagrass ecosystem. Leaf litter is consumed by detritivore as food, decomposed as the nutrient, or buried as carbon stock. Only a small portion of the primary production of seagrass leaves is utilized directly by herbivores.

Keywords: productivity of seagrass leaves, productivity flow of seagrass leaves, Barranglompo Island, seagrass grazing, seagrass litter.

Pendahuluan

Ekosistem lamun dikenal sebagai salah satu ekosistem yang mempunyai produktivitas tinggi di perairan laut dangkal (Githaiga *et al.*, 2016). Tingginya produktivitas tidak terlepas dari pertumbuhan lamun yang cepat (Supriadi *et al.*, 2006). Produktivitas yang tinggi memberikan keuntungan bagi organisme yang berasosiasi dengan lamun, baik menjadikan lamun sebagai tempat tinggal, mencari makan, mengasuh maupun membesarkan anaknya. Selain itu, produktivitas yang tinggi juga akan memberikan keuntungan bagi ekosistem lain yang berdekatan (Unsworth *et al.*, 2009; Vonk *et al.*, 2008). Produktivitas lamun yang tinggi juga secara tidak langsung dapat memperkuat perannya secara fisik sebagai peredam ombak, arus dan penstabil substrat (Bost *et al.*, 2007; Ondiviela *et al.*, 2014).

Sebagai produser primer, lamun melakukan proses fotosintesis yang kemudian menghasilkan karbohidrat. Hasil tersebut antara lain disimpan sebagai stok karbon, kemudian akan didistribusikan ke beberapa kompartemen seperti ke biota herbivora melalui peristiwa grazing, tenggelam ke dasar atau dibawa ke luar dari ekosistem lamun menuju ekosistem yang berdekatan dalam bentuk serasah. Namun demikian, timbul pertanyaan berapa besar hasil produksi lamun dialirkan ke masing-masing kompartemen?. Hal ini merupakan pertanyaan yang penting karena akan mengungkap peran lamun pada masing-masing kompartemen. Beberapa variasi aliran hasil produksi bisa terjadi akibat perbedaan lokasi secara geografis, perbedaan kondisi lingkungan setempat atau perbedaan musim pada lokasi yang sama.

Jawaban pertanyaan tersebut bisa didapatkan dengan melakukan penelitian melalui serangkaian percobaan secara *in situ* dan survey di lapangan. Walaupun penelitian ini tidak terlalu detail untuk mengungkap jalur hasil produksi sebagaimana rantai makanan secara lengkap, namun hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi kepada berbagai pihak yang berkepentingan, sebagai bahan pertimbangan dalam upaya pengelolaan ekosistem lamun.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan di Pulau Barranglompo Makassar selama 4 periode yang mewakili musim (Desember 2010-November 2011). Periode I merupakan puncak musim hujan dengan rata-rata curah hujan 576,7 mm/hari; Periode II merupakan peralihan menuju musim kemarau dengan rata-rata curah hujan 272,4 mm/hari; Periode III merupakan musim kemarau dengan rata-rata curah hujan 0,4 mm/hari; dan Periode IV merupakan musim peralihan ke musim hujan dengan rata-rata curah hujan 110,8 mm/hari (Supriadi, 2012). Penelitian dilakukan beberapa tahap, yaitu (1) estimasi produktivitas daun lamun, (2) estimasi stok karbon daun

lamun, (3) estimasi besarnya grazing daun lamun oleh bulu babi dan herbivora lain, (4) estimasi besarnya produksi serasah daun lamun, baik yang tenggelam di dasar maupun yang terbawa keluar dari ekosistem lamun.

Estimasi Produktivitas Daun Lamun

Pengamatan produktivitas daun dan rhizoma didasarkan pada metode penandaan (Short & Duarte, 2001). Pada jenis lamun yang berdaun relatif besar (*E. acoroides*, *T. hemprichii*, *C. rotundata* dan *C. serrulata*) dilakukan penandaan dengan menggunakan lubang. Pada jenis lamun yang berdaun relatif kecil (*H. uninervis* dan *H. pinifolia*) dan berbentuk khusus seperti *S. isoetifolium* dan *H. ovalis* tidak memungkinkan untuk melakukan penandaan menggunakan lubang, sehingga dilakukan modifikasi penandaan dengan memotong miring ujung daun.

Penandaan dilakukan terhadap 15-20 tunas setiap jenis lamun pada masing-masing stasiun. Sebuah patok kecil ditanam di samping tunas lamun setinggi lubang atau tanda hasil pemotongan daun yang telah dibuat sebagai referensi. Hal ini bertujuan untuk mengetahui posisi awal penandaan sebelum lamun bertumbuh. Setelah 7-10 hari, dilakukan pemotongan daun, dimana daun yang diambil adalah mulai dari tanda patok sampai lubang atau tanda pemotongan miring yang telah dibuat sebelumnya.

Khusus untuk jenis *H. ovalis*, daun yang diambil adalah semua daun yang baru (tidak mempunyai tanda pemotongan). Daun yang tidak mempunyai tanda merupakan daun baru. Di laboratorium, daun yang sudah dipotong dibersihkan dari epifit dan perifiton dengan menggunakan larutan asam fosfat 10%. Selanjutnya daun ditimbang untuk mengetahui beratnya.

Estimasi Stok karbon Daun Lamun

Stok karbon lamun diketahui dengan menggunakan pendekatan biomassa. Sampling biomassa dilakukan dengan menggunakan transek yang berukuran 20 cm x 20 cm. Lamun yang terdapat pada transek tersebut dicuplik dengan menggunakan tangan sampai pada kedalaman penetrasi akar. Sebelum dicuplik terlebih dahulu dilakukan pemotongan rhizoma yang menjalar ke samping dengan menggunakan parang untuk mempermudah pencuplikan. Sampel dimasukkan ke kantong sampel setelah dibersihkan dari substansi dan dibawa ke laboratorium. Sampel kemudian dipisah menurut jenis dan bagian lamun (daun, rhizoma dan akar), dibersihkan, dihitung jumlah tegakan, dikeringkan dalam oven dan ditimbang beratnya. Biomassa per tegakan lamun diketahui dengan membagi berat total setiap sampel dengan jumlah tegakannya. Pencuplikan lamun dilakukan pada 30 transek yang tersebar pada semua sisi pulau sehingga dapat mewakili biomassa lamun secara keseluruhan

Estimasi Grazing Daun Lamun Oleh Bulu Babi dan Herbivora Lain

Sebelum pengamatan kemampuan grazing bulu babi, terlebih dahulu dilakukan pengamatan struktur komunitas herbivora tersebut. Data yang didapatkan digunakan untuk mengestimasi daya grazing bulu babi. Struktur komunitas bulu babi diamati secara visual dengan menggunakan metode *belt transek* (Edgar *et al.*, 2001) dengan lebar 5 meter mulai dari lamun dekat pantai tegak lurus ke arah luar sampai batas lamun terluar. Jenis dan jumlah masing-masing bulu babi yang terdapat dalam transek tersebut dihitung. Identifikasi bulu babi dilakukan berdasarkan Susetiono (2007).

Penelitian daya grazing bulu babi dilakukan di laboratorium dengan menggunakan akuarium. Bulu babi yang digunakan yaitu *D. setosum*, *T. gratilla*, *E. calamaris* dan *M. globulus*. Setiap jenis bulu babi dimasukkan ke dalam akuarium yang berukuran 30 cm x 40 cm x 35 cm dengan ulangan sebanyak 6 kali. Setiap akuarium diisi dengan air laut segar dan dilengkapi dengan aerator. Sebelum pemberian pakan, bulu babi diaklimatisasi selama 12 jam. Pakan berupa daun lamun segar disusun berupa buket dan diberi pemberat. Masing-masing jenis makanan tersebut diberikan sebesar 50 gram berat basah. Setelah dibiarkan selama 24 jam, dilakukan penimbangan untuk mengetahui berat lamun yang tersisa. Kemampuan grazing bulu babi dilihat dari jumlah biomassa lamun yang berkurang.

Sementara estimasi grazing oleh herbivora lain dilakukan secara *in situ* berdasarkan Kirsch *et al.* (2002) yang dimodifikasi. Sebanyak 5-10 tunas masing-masing jenis lamun lengkap dengan rhizoma yang sudah dibersihkan dari epifit, ditanam dengan menggunakan besi penjepit pada transek berukuran 100 cm x 100 cm. Pada setiap transek lamun dicabut sebanyak jumlah yang ditanam sebagai pengganti dengan jenis yang sama. Sebelum ditanam, tunas lamun ditimbang untuk mengetahui beratnya. Tunas yang dipilih adalah tunas yang tidak mempunyai daun rusak. Setelah 24 jam, sisa tunas diambil untuk ditimbang kembali. Jumlah transek pada eksperimen ini sebanyak 3-5 buah pada masing-masing stasiun dengan kepadatan lamun yang berbeda. Biomassa lamun yang dimakan oleh herbivora dihitung dari pengurangan biomassa awal dan akhir eksperimen. Jenis lamun yang dimakan juga dapat diketahui dari eksperimen tersebut.

Estimasi Produksi Serasah

Metode yang digunakan untuk mengetahui produksi serasah padang lamun adalah metode kurungan (Nojima & Mukai, 1996). Kurungan terbuat dari waring dengan *mesh size* 3 mm dengan tinggi 1,5-2 meter dan masing-masing sisinya berukuran 0.5 m (Supriadi & Arifin, 2005). Sebelum lamun dikurung, substrat dasar dibersihkan dari serasah dan

organisme bentos. Setiap 24 jam, serasah yang jatuh di dasar dan melayang dikumpulkan, dipisah menurut jenis lamunnya dan dimasukkan ke dalam kantong sampel untuk dibawa ke laboratorium. Sebelum dikeringkan, serasah dibersihkan dari epifit dan perifiton. Selanjutnya dilakukan pengeringan dengan oven sampai didapatkan berat konstan. Jumlah kurungan yang digunakan sebanyak 5 buah pada semua stasiun yang ditempatkan tegak lurus pantai ke arah laut. Kelima kurungan tersebut dipasang berdasarkan distribusi lamun sehingga semua jenis lamun yang ada dapat terwakili. Serasah yang melayang diasumsikan sebagai serasah yang akan diekspor ke luar.

Hasil dan Pembahasan

Stok karbon, produktivitas, serasah dan grazing daun lamun

Beberapa parameter ekologis daun lamun yang diamati menunjukkan adanya variasi berdasarkan periode pengamatan. Rerata stok karbon daun lamun sebesar $28,024 \pm 3,142$ gC/m², dengan nilai tertinggi ditemukan pada periode 2 dan terendah pada periode 3. Tingginya stok karbon pada periode 3 terkait dengan tingginya produktivitas pada periode tersebut yang mencapai $1,017$ gC/m²/hari, lebih tinggi dibanding pada periode yang lain (Tabel 1). Rerata produksi daun lamun mencapai $0,754 \pm 0,338$ gC/m²/hari.

Serasah yang dihasilkan oleh lamun terbagi atas serasah yang tenggelam ke dasar dan serasah yang melayang. Serasah melayang selanjutnya dapat meninggalkan ekosistem lamun dan menuju ke ekosistem lainnya yang berdekatan atau terhempas ke pantai. Walaupun mempunyai pola fluktuasi yang sama, namun serasah yang tenggelam lebih besar dibanding serasah yang melayang. Rerata serasah yang tenggelam mencapai $0,382 \pm 0,108$ gC/m²/hari, sedangkan serasah melayang hanya $0,166 \pm 0,121$ gC/m²/hari. Kedua kelompok serasah tersebut mempunyai nilai tertinggi pada periode 1 (Tabel 1). Serasah lamun terbawa arus dan gelombang secara pasif, dan pada beberapa kasus bisa terbawa sangat jauh dari padang lamun (Heck *et al.* 2008). Selain proses-proses fisik tersebut, ekspor serasah juga tergantung pada kondisi topografi dasar perairan (Mateo *et al.*, 2006).

Grazing daun lamun oleh herbivora tertinggi terjadi pada periode 3, baik oleh bulu babi yang mengkonsumsi $0,011 \pm 0,003$ gC/m²/hari, maupun herbivora lain yang mengkonsumsi $0,059 \pm 0,023$ gC/m²/hari (Tabel 1). Terdapat beberapa jenis daun lamun yang banyak disukai oleh bulu babi, seperti daun *Halodule uninervis* dan *Halophila ovalis* (Haerul *et al.*, 2012; Supriadi, 2012). Kedua jenis lamun tersebut mempunyai daun yang lebih tipis sehingga lebih mudah dikonsumsi oleh bulu babi. Kelompok herbivora lain yang mengkonsumsi daun lamun selama penelitian antara lain dari kelompok ikan, krustase dan gastropoda.

Tabel 1. Stok karbon, produktivitas, serasah dan grazing daun lamun

Parameter Ekologis	Periode				Rerata
	1	2	3	4	
Stok karbon (gC/m ²)	26,622	31,535	24,411	29,529	28,024±3,142
Produktivitas (gC/m ² /hari)	0,821	1,017	0,917	0,261	0,754±0,338
Serasah tenggelam (gC/m ² /hari)	0,479	0,328	0,463	0,256	0,382±0,108
Serasah melayang (gC/m ² /hari)	0,341	0,102	0,149	0,070	0,166±0,121
Grazing bulu babi (gC/m ² /hari)	0,011	0,008	0,015	0,009	0,011±0,003
Grazing herbivora lain (gC/m ² /hari)	0,047	0,066	0,088	0,036	0,059±0,023

Aliran hasil produksi daun lamun

Pada semua periode sampling, persentase produksi serasah yang tenggelam terhadap total produksi daun dan stok karbon di atas substrat lebih besar dibanding persentase serasah yang melayang, rata-rata lebih dari 3 kali lipat kecuali pada periode 1. Serasah yang tenggelam berkisar 32,2-98,0% dari produksi daun lamun atau setara dengan 0,9-1,9% dari stok karbon di atas substrat, sementara serasah melayang antara 10,0-41,6% dari produksi daun atau setara dengan 0,2-1,3% dari stok karbon (Tabel 2). Heck *et al.* (2008) memperkirakan ekspor material lamun berkisar antara 10-60% dari produktivitas daun. Tingginya produktivitas serasah menandakan bahwa kontribusi karbon terbesar dari komunitas lamun secara ekologis dialirkan melalui guguran serasah. Sementara itu, serasah juga menjadi potensi hara yang dapat memenuhi kebutuhan lamun. Hal ini semakin menguatkan hipotesis tentang kemandirian ekosistem lamun sebagaimana yang dikemukakan oleh Nienhuis *et al.* (1989).

Tabel 2. Aliran produksi daun lamun (% dari produksi daun)

Periode	Kompartemen				Total
	Bulu Babi	Herbivora Lain	Serasah Keluar	Serasah Tenggelam	
1	1,3	5,7	41,6	58,4	107,0
2	0,8	6,5	10,0	32,2	49,5
3	1,7	9,6	16,2	50,5	78,0
4	3,4	13,7	26,9	98,0	142,0
Rata-rata (± SD)	1,8±1,1	8,9±3,6	23,7±13,8	59,8±27,7	94,1±39,6

Total neraca karbon yang keluar melalui grazing herbivora (bulu babi + herbivora lain) berkisar 0,074 gC/m²/hari pada periode 2 sampai 0,103 gC/m²/hari pada periode 3. Nilai neraca karbon tersebut setara dengan 7,3-11,3% dari total produksi daun atau 0,23-0,46% dari stok karbon di atas substrat. Kontribusi grazing bulu babi relatif kecil, hanya berkisar antara 0,8-3,4% dari total produksi daun atau 0,03-0,06% dari stok karbon, sisanya grazing oleh herbivora lainnya (Tabel 2). Penelitian Vonk *et al.* (2008) di Pulau Bonebatang mendapatkan

persentase grazing bulu babi yang lebih besar dibanding di Pulau Barranglompo. Grazing bulu babi *T. gratilla* di Pulau Bonebatang Makassar sebesar 1,28 gbk/m²/hari atau setara dengan 26% dari produktivitas di atas substrat. Grazing bulu babi ini dapat menyebabkan biomassa di atas substrat berkurang 74% atau 17% dari total biomassa. Kepadatan bulu babi yang lebih besar di pulau Bonebatang menjadi penyebab relatif tingginya grazing. Kemampuan grazing bulu babi yang relatif kecil ditemukan di Fiji, namun dapat meningkatkan keanekaragaman jenis dengan membatasi pertumbuhan jenis-jenis tertentu (Coppard & Campbell, 2007).

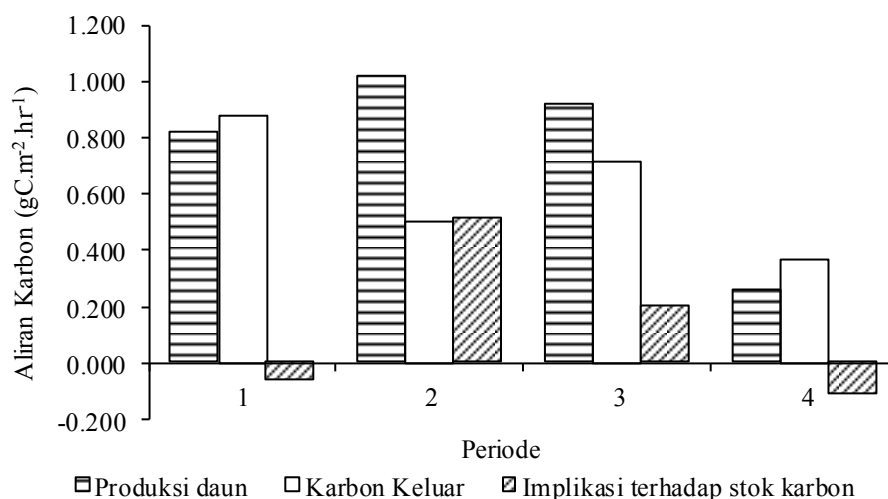
Pada periode 4 didapatkan persentase grazing bulu babi dan herbivora lain terhadap produksi daun yang relatif besar, masing-masing 3,4% dan 13,7% (tabel 2), namun persentase terhadap stok karbon relatif kecil, masing-masing 0,03% dan 0,1%. Rendahnya produksi daun dan tingginya stok karbon pada periode 4 menyebabkan persentase grazing herbivora terhadap produksi daun tinggi dan persentase terhadap stok karbon rendah. Neraca karbon ke herbivora lain relatif lebih tinggi sekitar 4-8 kali dibanding yang masuk ke bulu babi. Secara umum terlihat bahwa neraca karbon yang keluar melalui rantai makanan herbivora relatif rendah, sejalan dengan pernyataan Cebrian (2002) bahwa konsumsi herbivora relatif kecil dibanding produktivitas primer yang dihasilkan lamun.

Salah satu grazer utama lamun adalah ikan kakatua (famili Scaridae). Grazing ikan kakatua di Taman Laut Nasional Wakatobi menyebabkan kehilangan produktivitas lamun sebesar 16% setiap hari (Unsworth *et al.*, 2007). Selanjutnya dikatakan bahwa ikan kakatua merupakan herbivora utama di Indo-Pasifik yang bukan hanya menangkap karbon masuk ke rantai makanan melalui grazing secara langsung, tetapi juga berperan penting pada rantai makanan detritus melalui ekspor material sebagai dampak dari fraksi-fraksi daun lamun yang lepas dan tidak termakan.

Total karbon yang dialirkan melalui serasah dan grazing bervariasi antar periode sampling. Pada periode 1 didapatkan neraca karbon melalui kedua jalur tersebut 0,878 gC/m²/hari, lebih besar dibanding produksi daun (107,0%), atau setara dengan 3,3% stok karbon di atas substrat. Pada periode 2, total neraca karbon menurun menjadi 0,504 gC/m²/hari, sekitar setengah dari produksi daun atau 1,6% dari stok karbon. Pada periode 3, total neraca karbon naik kembali menjadi 0,716 gC/m²/hari, mencapai 78,1% dari produksi daun atau 2,9% dari stok karbon. Pada periode 4, total neraca karbon hampir satu setengah kali dari produktivitas daun (142,0%) atau 1,3% dari stok karbon.

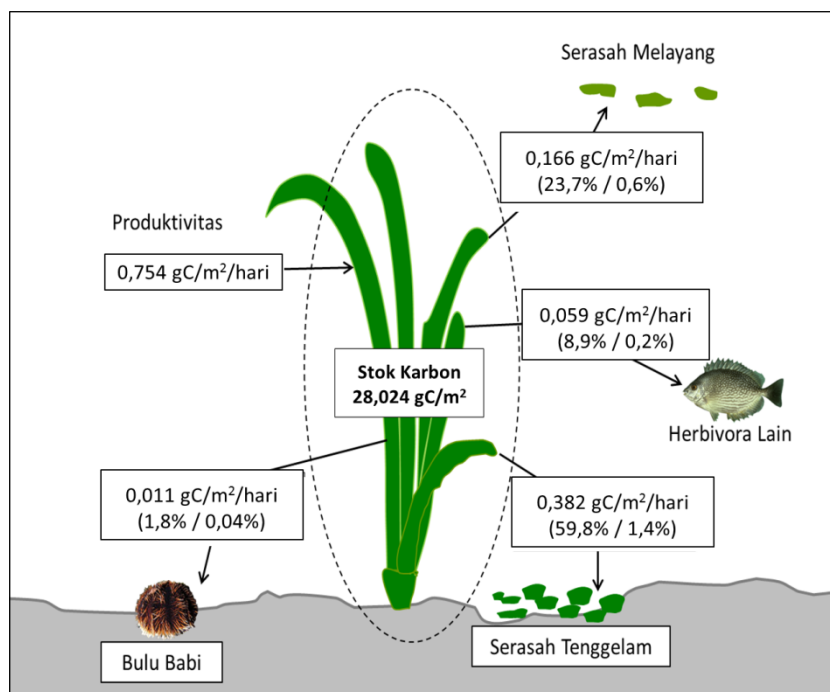
Pada periode 1 dan periode 4, penambahan karbon yang masuk ke lamun melalui produksi daun lebih rendah dibanding neraca karbon yang keluar, sehingga selisih karbon

akan menyebabkan stok karbon yang ada akan menurun. Sementara pada periode 2 dan periode 3 dimana karbon dari produksi daun lebih tinggi dibanding neraca karbon yang keluar akan menyebabkan akumulasi karbon pada biomassa lamun (Gambar 1).



Gambar 1. Implikasi aliran produksi terhadap stok karbon daun lamun. *Bar* ke-3 pada masing-masing periode mengindikasikan penambahan stok karbon daun jika bernilai positif dan pengurangan stok karbon daun jika bernilai negatif.

Secara singkat dapat dijelaskan bahwa rata-rata neraca karbon melalui serasah yang melayang sebesar 0,6% dari stok karbon daun (setara 23,7% dari produksi daun), serasah tenggelam 1,4% dari stok karbon daun (setara 59,8% dari produksi daun), grazing bulu babi 0,04% dari stok karbon daun (setara 1,8% dari produksi daun) dan grazing oleh herbivora lain 0,2% dari stok karbon daun (setara 8,9% dari produksi daun) (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa total karbon yang dialirkan ke kompartemen lain mencapai 2,27% dari stok karbon daun atau setara 94,1% dari produksi daun. Selisih antara produksi daun dan neraca karbon yang dialirkan keluar dari stok karbon akan menjadi penambah stok karbon pada periode berikutnya setelah penelitian. Duarte dan Cebrian (1996) menemukan sekitar 50% hasil produktivitas di atas substrat didekomposisi, ekspor serasah 24%, dikonsumsi herbivora 19% dan tersimpan di sedimen 16%.



Gambar 2. Aliran produksi daun lamun; Tanda panah yang mengarah ke lamun mengindikasikan penambahan stok karbon, sedangkan tanda panah yang keluar dari lamun mengindikasikan pengurangan stok karbon; angka di luar tanda kurung menunjukkan nilai aliran karbon ke kompartemen bersangkutan; angka pertama dalam kurung menunjukkan persentase terhadap produksi daun, sedangkan angka kedua menunjukkan persentase terhadap stok karbon.

Kesimpulan

Hasil produksi daun lamun sebagian besar keluar dari biomassa/stok karbon melalui jalur serasah, baik yang tenggelam maupun yang dibawa ke luar dari ekosistem lamun, dan hanya sebagian kecil yang dikonsumsi secara langsung oleh berbagai kelompok herbivora yang ada di ekosistem lamun.

Daftar Pustaka

- Bos, A.R., Bouma, T.J., de Kort, G.L.J. & van Katwijk, M.M. 2007. Ecosystem engineering by annual intertidal seagrass beds: sediment accretion and modification. *Est. Coast. Shelf Sci.* 74: 344-348.
- Cebrian, J. 2002. Variability and control of carbon consumption, export and accumulation in marine communities. *Limnol Oceanogr* 47 (1): 11-22.
- Coppard, S.E. & Campbell, A.C. 2007. Grazing preferences of diadematid echinoids in Fiji. *Aquat. Bot.* 86: 204-212.
- Duarte, C.M. & Cebrian, J. 1996. The fate of marine autotrophic production. *Limnol. Oceanogr.* 41(8): 1758-1766.
- Edgar, G.J., Mukai, H. & Orth, R.J. 2001. Fish, crab, shrimps and other large mobile epibenthos: measurement methods for their biomass and abundance in seagrass. Di dalam: Short, F.T. & Coles, R.G., editor. *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier Science B.V. Amsterdam. p. 254-270.

- Githaiga, M.N., Gilpin, L., Kairo, J.G & Huxham, M. 2016. Biomass and productivity of seagrasses in Africa. *Botanica Marina* 59 (2-3): 173-186.
- Haerul, A., Yasir, I. & Supriadi. 2012. Daya grazing dan preferensi makanan bulu babi terhadap berbagai jenis lamun di Perairan Pulau Barranglompo Makassar. Prosiding Pertemuan Ilmiah Nasional Tahunan VIII Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia, Makassar 25-27 September 2011.
- Heck Jr, K.L., Carruthers, T.J.B., Duarte, C.M., Hughes, A.R., Kendrick, G., Orth, R.J. & Williams, S.W. 2008. Trophic transfers from seagrass meadows subsidize diverse marine and terrestrial consumers. *Ecosystems* 11: 1198-1210.
- Kirsch, K.D., Valentine, J.F. & Heck Jr, K.L. 2002. Parrotfish grazing on turtlegrass *Thalassia testudinum*: evidence for the importance of seagrass consumption in food web dynamics of The Florida Keys National Marine Sanctuary. *Mar Ecol Prog Ser* 227: 71-85.
- Mateo, M.A., Cebrian, J., Dunton, K. & Mutchler, T. 2006. Carbon flux in seagrass ecosystems. Di dalam: Larkum, A.W.D., Orth, R.J. & Duarte, C.M., editor. *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer. Dordrecht. p.159-192.
- Nienhuis, P.H, Coosen, J. & Kiswara, W. 1989. Community structure and biomass distribution of seagrass and macrofauna in the Flores Sea, Indonesia. *Neth J Sea Res* 23: 197-214.
- Nojima, S. & Mukai, H. 1996. The rate and fate of production of seagrass debris in cages over a *Syringodium isoetifolium* (Aschers.) Dandy Meadow in Fiji. Di dalam: Kuo, J., Phillips, R.C., Walker, D.I. & Kirkman, H., editor. *Seagrass Biology: Proceedings of an International Workshop*, Rottneest Island, Western Australia 25-29 Januari 1996.
- Ondiviela, B., Losada, I.J., Lara, J.L., Maza, M., Galván, C., Bouma, T.J. & van Belzen, J. 2014. The role of seagrasses in coastal protection in a changing climate. *Coastal Engineering* 87: 158-168.
- Short, F.T. & Duarte, C.M. 2001. Methods for the measurement of seagrass growth and production. Di dalam: Short, F.T. & Coles, R.G., editor. *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier Science B.V. Amsterdam. p.155-182.
- Supriadi. 2012. Stok dan neraca karbon komunitas lamun di Pulau Barranglompo Makassar. Disertasi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Supriadi & Arifin. 2005. Pertumbuhan, biomassa dan produksi lamun *Enhalus acoroides* di Pulau Bone Batang Makassar. *Protein* 12 (2): 293 – 302.
- Supriadi, Soedharma, D & Kaswadji, R.F. 2006. Beberapa aspek pertumbuhan lamun *Enhalus acoroides* (Linn. F) Royle di Pulau Barranglompo Makassar. *Biosfera* 23 (1): 1-8.
- Susetiono. 2007. *Lamun dan Fauna Teluk Kuta, Pulau Lombok*. LIPI Press, Jakarta.
- Unsworth, R.K.F., Garrard, S.L., De Leon, P.S., Cullen, L.C., Smith, D.J., Sloman, K.A. & Bell, J.J. 2009. Structuring of Indo-Pacific fish assemblages along the mangrove-seagrass continuum. *Aquat Biol* 5: 85-95.
- Unsworth, R.K.F., Taylor, J.D., Powell, A., Bell, J.J. & Smith, D.J. 2007. The contribution of scarid herbivory to seagrass ecosystem dynamic in The Indo-Pacific. *Estuar Coast Shelf Sci.*, doi: 10.1016/j.ecss.2007.04.001 (in press) (akses tanggal 3 Februari 2009).
- Vonk, J.A., Christianen, M.J.A. & Stapel, J. 2008. Redefining the trophic importance of seagrass for fauna in tropical Indo-Pacific meadows. *Est. Coast. Shelf Sci.* 79: 653-660.