

LAJU PRODUKTIFITAS BIOMASSA DAUN *Halodule uninervis* PADANG LAMUN PULAU DERAWAN

Muhamad Roem

Staf Pengajar Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan
FPIK Universitas Borneo Tarakan (UBT) Kampus Pantai Amal Gedung E,
Jl. Amal Lama No.1, Po. Box. 170 Tarakan
HP. 081342416317 / E-mail : muhamad.roem@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat produktifitas biomassa daun *Halodule uninervis*. Penelitian dilaksanakan di padang lamun Pulau Derawan. Metode pelaksanaan penelitian merupakan kombinasi antara survey ekologi dan eksperimen lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa padang lamun Pulau Derawan didominasi oleh *H. Uninervis* yang memberikan kontribusi 86 % terhadap kerapatan relatif total. *H. Uninervis* dengan rerata kerapatan 3.576 ± 115 tegakan m^{-2} memiliki tingkat produktifitas daun harian sebesar $0,32 \pm 0.03$ g BK m^{-2} hari⁻¹.

Kata Kunci : Tingkat pertumbuhan, *Halodule uninervis*, habitat makanan, penyu hijau, keberlanjutan ekologis.

ABSTRACT

The aim of the research is to analyze the leaf biomass productivity rate of *Halodule uninervis*. The research conducted in seagrass meadows of Derawan Island. The research method was a combination of ecological survey and field experiment. The result of the research shows that Derawan meadows dominated by *H. Uninervis* that made up to 86 % contribution to total relative density. *H. Uninervis* with average density 3.576 ± 115 ind m^{-2} has daily leaf productivity value $0,32 \pm 0.03$ g DW m^{-2} day⁻¹.

Key Words : carrying capacity, seagrass meadows, foraging habitat, green seaturtle, species shifting, ecological sustainability.

PENDAHULUAN

Latar belakang masalah

Kepulauan Derawan yang terletak di kawasan laut semi tertutup Sulu Sulawesi, merupakan *foraging habitat* (habitat mencari makan) dan *nesting habitat* (habitat peneluran) penyu hijau (*Chelonia mydas*) (Tomascik *et al.*, 1997). Schulz (1984) melaporkan bahwa pada periode akhir jaman kolonial atau sekitar tahun 1940-an, jumlah rata-rata sarang induk betina penyu hijau mencapai 36.000 sarang. Berkebalikan dengan keadaan sepuluh

tahun terakhir jumlah rata-rata sarang yang terpantau mencapai 3.200 sarang (Reischig *et al.*, 2011).

Besarnya kelimpahan populasi penyu hijau di masa lalu tentunya berhubungan erat dengan ketersediaan makanannya. Penyu hijau di Pulau Derawan merupakan herbivor laut yang memakan lamun. Secara normal, pada proses interaksi dengan padang lamun penyu hijau diduga menstimulus produktifitas lamun melalui aktifitas grazingnya sehingga struktur padang lamun yang mencakup tinggi, kanopi, panjang dan lebar tegakan serta

kerapatan terpelihara. Sebaliknya, padang lamun Pulau Derawan memiliki peranan yang sangat krusial dalam mendukung keberhasilan migrasi reproduksi populasi penyu hijau ke daerah tersebut. Keberhasilan migrasi reproduksi Penyu Hijau di sekitar Pulau Derawan tidak hanya ditentukan oleh kondisi pantai peneluran. Akan tetapi sangat ditentukan oleh faktor ketersediaan makanan dalam hal ini tumbuhan lamun. Jenis lamun yang dikonsumsi penyu di Pulau Derawan adalah *Halodule uninervis*

Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju produksi daun *H. uninervis* di sekitar Pulau Derawan. Eksperimen kuantifikasi laju produksi dilakukan terhadap *H. uninervis* dengan menghilangkan pengaruh *grazing* penyu hijau sehingga pertumbuhannya berlangsung optimal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat melengkapi kebutuhan data pertumbuhan makanan yang sangat urgen dalam perencanaan pengelolaan

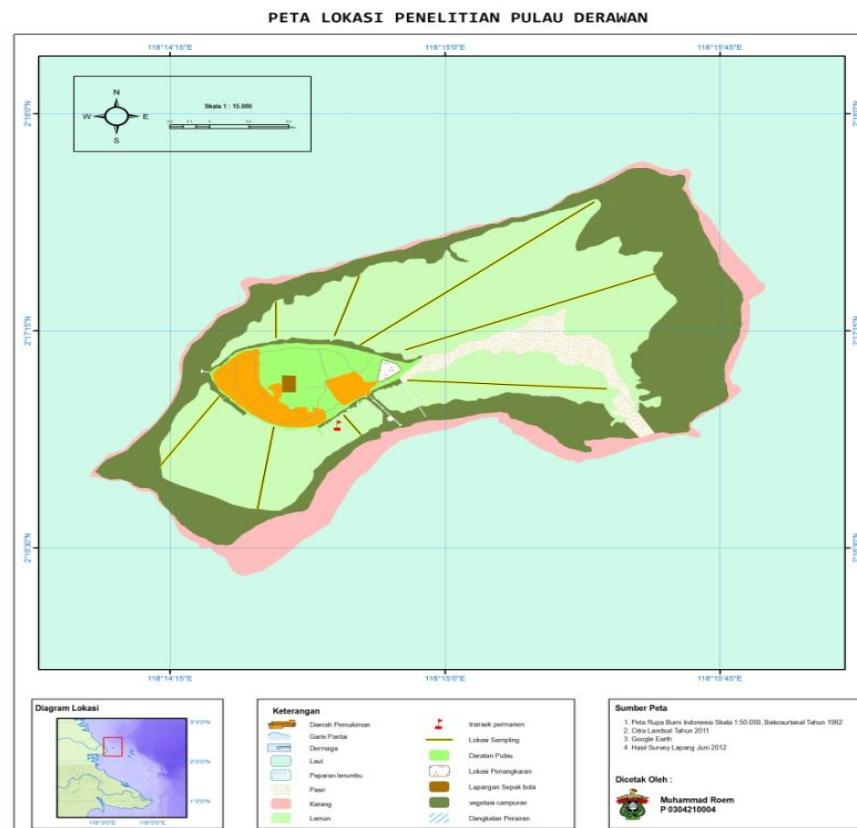
foraging habitat.

BAHAN DAN METODE

Pengamatan Kerapatan Tegakan Lamun

Pengamatan data ekologi berupa kerapatan lamun perairan Pulau Derawan dilakukan melalui transek dan titik-titik pengamatan.

Pengamatan kerapatan padang lamun dilakukan pada setiap interval yang telah ditentukan pada transek dengan mengacu pada metode McKenzie *et al.*, (2003). Transek pengamatan struktur komunitas berupa 8 set *line intercept transects* (LIT) yang ditarik dari pantai menuju laut ke batas wilayah terumbu karang. Titik pengamatan dengan transek kuadrat ditentukan pada setiap interval 50 m. Hal ini dilakukan sebagai penyesuaian terhadap metode McKenzie *et al.* (2003) mengingat hamparan areal padang lamun rata-rata melebihi 500 m dari garis pantai. Penempatan transek ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Posisi penempatan *line intercept transect* dan transek permanen di padang lamun Pulau Derawan

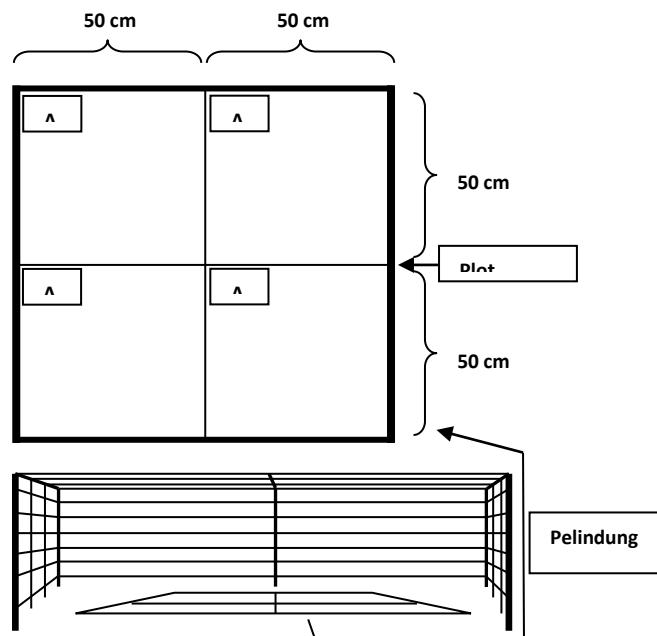
Pengamatan Kerapatan Tegakan Lamun

Produktifitas *H. uninervis* diukur dengan kombinasi metode pemangkasan Short dan Duarte (2000) dan Supanwanid *et al.*, (2000). Eksperimen dilakukan pada *H. uninervis* yang diberi perlakuan pemangkasan dalam plot yang terlindung dari penyu hijau. Hal ini dimaksudkan agar pertumbuhan *H. uninervis* tidak mendapatkan gangguan.

Desain plot pengamatan

Plot pengamatan berupa transek kuadrat 100×100 cm dibentuk dari tali nilon Ø 0.5 mm yang diikat dan dihubungkan pada patok di dasar perairan.

Selanjutnya dengan tali yang sama transek kuadrat dibagi menjadi 4 sub plot berukuran 50×50 cm. Setiap sub plot diberi kode masing-masing A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, dan C4. Guna melindungi lamun dalam plot dari penyu, pada bagian luar plot ini diberi pagar dari balok kayu 10×10 cm yang saling dihubungkan dengan tali Ø 1 cm. Pelindung plot dirancang agar tidak mengganggu sirkulasi air dan penetrasi cahaya matahari. Pelindung dibuat lebih besar dari ukuran plot kuadrat permanen guna mencegah terjadinya efek tepi yang dapat mempengaruhi pertumbuhan *H. uninervis* dalam plot.



Gambar 2. Desain transek permanen beserta sub plot yang memiliki pelindung untuk pengamatan pertumbuhan lamun

Pengamatan produktifitas biomassa daun

Sebelum memberi perlakuan pemangkasan, terlebih dahulu dilakukan penghitungan kerapatan tegakan *H. uninervis* dalam plot dan sub plot. Selanjutnya *H. uninervis* di dalam plot dipangkas pada batas pembungkus daunnya yang merupakan bagian awal tumbuhnya daun. Pada umumnya, bagian tersebut merupakan batas gigitan penyu hijau. *H. uninervis* yang telah dipangkas kemudian

dibiarkan tumbuh sampai pada hari pemanenan. *H. uninervis* yang diamati di panen dengan memangkas sampai pada batas pembungkus daunnya pada hari ke-5 pada sub plot A1, B1, dan C1, hari ke-10 pada sub plot A2, B2, dan C2, hari ke-15 pada sub plot A3, B3, dan C3, dan hari ke-20 pada sub plot A4, B4, dan C4. Daun yang di panen dikelompokkan menurut plotnya untuk kemudian ditimbang.

Pengeringan dan Penimbangan

Daun *H. uninervis* dibersihkan dengan HCl 5% dari epifitnya kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 65 °C selama 24 jam atau sampai sampel kering. Sampel selanjutnya ditimbang dengan timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 gram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan Padang Lamun Pulau Derawan

Daerah intertidal dan subtidal Pulau

Derawan dengan substrat karbonat ditumbuhi oleh padang lamun yang didominasi *Halodule uninervis*. *Cymodocea rotundata* hanya sesekali ditemukan terselip diantara tegakan *H. uninervis*. *Syringodium isoetifolium* dengan morfologinya yang menyerupai jarum sangat jarang ditemukan di tengah rapatnya *H. uninervis*. Sementara itu *Halophila ovalis* hanya ditemukan pada bagian tepi batas padang lamun, baik batas antara lamun dengan zona hempasan pantai maupun batas tepi luar hamparan lamun dengan terumbu karang.

Tabel 1. Komposisi jenis dan kerapatan lamun perairan Pulau Derawan (n transek = 49)

	Kerapatan jenis lamun (tegakan m ⁻¹)			
	<i>H.uninervis</i>	<i>H.ovalis</i>	<i>S.isoetifolium</i>	<i>C.Rotundata</i>
Jumlah tegakan	175.262	10.209	7.136	14.006
Rerata Kerapatan (Di)	3.576 ± 115	638 ± 71	254 ± 29	411 ± 31
% Kerapatan Relatif (Rdi)	86 %	5 %	3 %	6 %

Besarnya nilai kerapatan *H. uninervis* menjadikannya mendominasi hamparan padang lamun Pulau Derawan. Kerapatan *H. Uninervis* Pulau Derawan tergolong sangat tinggi dibandingkan daerah lainnya. Kneer (2006) melaporkan *H. uninervis* di Pulau Bone Batang yang terletak di Kepulauan Spermonde memiliki kerapatan 1276 ± 87 ind m⁻² pada daerah dengan kerapatan jarang dan 1735 ± 88 ind m⁻² pada daerah padat. Vonk *et al.*, (2008; 2010) turut melaporkan bahwa kerapatan *H. uninervis* Pulau Bone Batang pada daerah yang terlindungi dari ombak mencapai 2424 ± 115 ind m⁻² sementara daerah berombak 1178 ± 157 ind m⁻². Kerapatan *H. uninervis* Pulau Barrang Lompo berkisar antara 473 - 520 ind m⁻² (Hendra, 2011). Sementara itu penelitian Kiswara dan Winardi (1999) di Bali menyebutkan kerapatan *H. uninervis* Teluk Kuta 310 ind m⁻² dan teluk gerupuk 3043 ind m⁻².

Panjang rata-rata helai daun 52 ± 21 mm atau berukuran sedang serta memiliki

lebar daun sekitar 1 mm. Setiap tegakan terdiri atas maksimal 2 helai daun dengan persentase keutuhan ujung daun hanya 13,3%. Tidak ditemukan lapisan detritus atau serasah yang mengindikasikan sifat *nondetrital based* pada hamparan padang lamun di lokasi penelitian.

Produktifitas *H. uninervis*

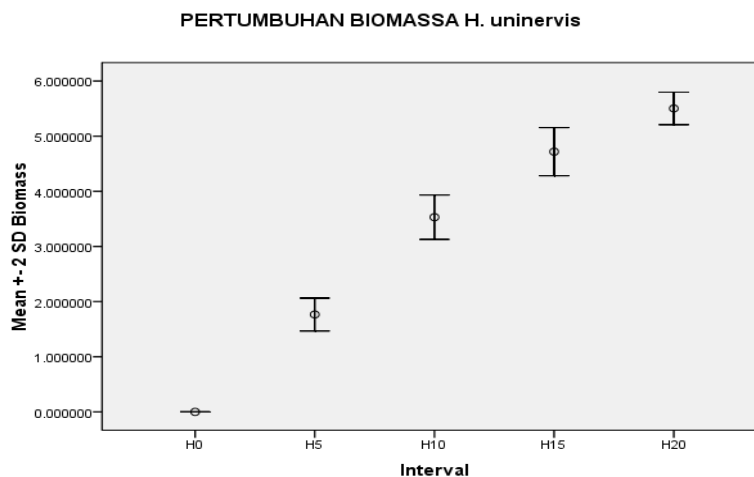
Selama eksperimen produktifitas berlangsung, kedalaman air di lokasi penelitian tercatat 0,10 m saat surut terendah sementara kedalaman maksimal mencapai 2,8 m saat pasang tertinggi. Nilai parameter fisikokimia oseanografi menunjukkan kondisi perairan oligotrofik atau miskin nutrien. Kondisi oligotrofik merupakan kondisi normal bagi padang lamun tropis. Erftemeijer (1994) menyatakan lamun beradaptasi dengan baik pada lingkungan oligotrofik dimana pertumbuhannya dibatasi oleh nitrogen (substrat *terrigenous*) atau fosfat (sedimen karbonat).

Tabel 2. Parameter fisikokimia oseanografi perairan Pulau Derawan (n = 9)

Parameter	Satuan	Nilai
Suhu	°C	30 ± 1.22
Salinitas	ppt	34.0 ± 0.7
pH	-	8.2 ± 0.22
NO ₃ -N (nitrat)	mgL-1	0.00026 ± 0.0001
PO ₄ -P (fosfat)	mgL-1	0.00036 ± 0.0002
Oksigen Terlarut	mgL-1	7.1 ± 0.3

Eksperimen plot tertutup *H. uninervis* menunjukkan pertumbuhan biomassa daun yang konsisten (gambar 3). Biomassa daun *H. uninervis* pada 5 hari pertama (H5), tercatat sebesar 1,76 g BK m⁻². Pada akhir interval berikutnya (H10) biomassa yang

dihasilkan sebesar 3,53 g BK m⁻². Pada interval ketiga (H15) biomassa dalam plot mencapai 4,71 g BK m⁻². Di akhir eksperimen (H20) biomassa total mencapai 5,50 g BK m⁻².



Gambar 3. Pertumbuhan biomassa daun (g BK m⁻² hari⁻¹) *H. uninervis* selama 20 hari eksperimen plot tertutup dengan interval pemanenan setiap 5 hari

Rata-rata produktifitas daun *Halodule uninervis* 20 hari pengamatan mencapai 0,32 ± 0.03 g BK m⁻² hari⁻¹. Berdasarkan hasil analisis, terjadi penurunan laju produktifitas secara bertahap seiring bertambahnya waktu. Pada interval pertama dan kedua (H5, H10), rata-rata laju

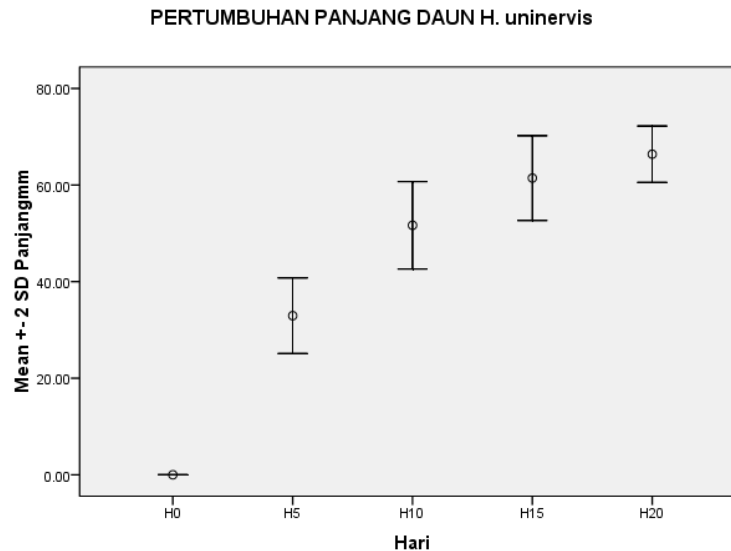
produktifitas tidak jauh berbeda yakni berturut-turut 0,35 g BK m⁻² hari⁻¹. Pada interval ketiga, (H15) laju produktifitas menurun hingga berada pada rata-rata 0,31 g BK m⁻² hari⁻¹. Hingga akhirnya rata-rata laju produktifitas tercatat 0,27 g BK m⁻² hari⁻¹ pada interval keempat, (H20).

Tabel 3. Pertumbuhan biomassa dan laju produktifitas daun *H. uninervis* selama 20 hari pengamatan. Notasi huruf berbeda menyatakan perbedaan rata-rata berdasarkan Oneway NOVA pada $\alpha = 0,05$

Interval Hari	Pertumbuhan Biomassa Daun (g BK m ⁻²)	Produktifitas Daun (g BK m ⁻² hari ⁻¹)
H5	1.765944961 ^a	0.353189 ^e
H10	3.530499217 ^b	0.35305 ^e
H15	4.718732499 ^c	0.314582 ^{e,f}
H20	5.502675868 ^d	0.275134 ^f

Beberapa literatur (Bjorndal, 1980, Williams, 1988, Moran & Bjorndal 2007, Christiann *et al.*, 2011b) menyebutkan bahwa *H. uninervis* memerlukan interval 14 hari untuk tumbuh kembali sepanjang 5 cm di atas batas selubung daunnya. Ukuran ini merupakan batasan minimal rata-rata ukuran *H. uninervis* yang dikonsumsi

penyu hijau. Hasil penelitian menunjukkan interval yang lebih singkat. Pada hari ke 10, panjang daun *H. uninervis* telah berada di kisaran $51,6 \pm 4,5$ mm dengan rata-rata biomassa daun sebesar $3,53 \text{ g BK m}^{-2}$. Dengan demikian *H. uninervis* di perairan Derawan memiliki daya pulih yang baik.



Gambar 4. Grafik pertumbuhan ukuran panjang daun *H. uninervis* dalam eksperimen plot tertutup selama 20 hari dengan interval pengamatan setiap 5 hari sekali

Hendra (2011) melaporkan bahwa *H. uninervis* pada perairan Pulau Barrang Lompo yang bersifat *detrital based* memiliki produktifitas sebesar $0,20 \text{ g BK m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$. Produktifitas *H. uninervis* Pulau Derawan yang mencapai $0,32 \pm 0,03 \text{ g BK m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$ lebih tinggi dibandingkan dengan *H. uninervis* pada perairan Pulau Barrang Lompo. Produktifitas *H. uninervis* Derawan lebih tinggi sebesar 1,6 kali lipat dibanding Pulau Barrang Lompo. Hal ini didukung oleh pernyataan Christianen *et al.*, (2011b) bahwa aktifitas *grazing* penyu hijau menstimulus produktifitas *H. uninervis* sebesar 1,7 kali lipat dibandingkan *H. uninervis* pada padang lamun yang bersifat *detrital based*.

Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa hampir seluruh tegakan *H. uninervis* terdiri atas 2 helai daun. Salah satu helai daun lebih panjang dari pasangan daun pada tegakan yang sama. Disini tampak adanya perbedaan laju pertumbuhan antara helaian

tunas daun yang berada dalam pelepah yang sama. Hal tersebut ditengarai sebagai respon adaptasi internal tegakan untuk pulih dengan cepat sehingga helaian daun memiliki laju pertumbuhan berbeda guna memberi kesempatan daun yang lebih tua untuk tumbuh optimal terlebih dahulu.

Dinamika Ekosistem Padang Lamun dan Efek Interaksi Penyu Hijau

Dibanding dengan kebanyakan *angiospermae* lainnya, lamun secara fisiologis cenderung tidak efisien dalam mendaur ulang nutrisi (Hemminga *et al.*, 1999). Lamun yang hidup pada daerah dimana dinamika fisik lingkungan sangat tinggi menyebabkannya kehilangan banyak nutrisi pada saat daun yang tua terpisah tegakannya dan terespor keluar dari ekosistem padang lamun oleh hidrodinamika perairan. In-efisiensi *re-cycling* internal merupakan karakter khas

tumbuhan yang hidup pada lingkungan yang kaya nutrient (Evrard *et al.*, 2005).

Lamun dapat menyerap nutrient baik dari kolom air maupun sedimen (Evrard *et al.*, 2005). Sejauh mana perbandingan kemampuan antara akar dan daun dalam menyerap nutrient bergantung pada beberapa faktor termasuk konsentrasi dan availabilitas nutrient pada reservoir kolom air dan sedimen (Carignan dan Kalff 1980). Evrard *et al.*, (2005) melakukan eksperimen terhadap 5 spesies lamun di perairan Derawan menemukan bahwa akar lamun memberikan keuntungan kompetitif pada lamun di daerah oligotrofik. Akar memberi kemampuan lebih bagi lamun untuk menggunakan nutrien dalam bentuk partikel organik pada sedimen dibandingkan daunnya guna mempertahankan produktifitas (Evrard *et al.*, 2005).

Christiannen *et al.*, (2011a) membandingkan respon *H. uninervis* (mewakili spesies suksesi awal/pionir) dan *T. hemprichii* (mewakili spesies suksesi akhir/klimaks) terhadap nitrogen (NHx), pH dan cahaya dalam eksperimen selama 5 hari. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa spesies pionir *H. uninervis* lebih mampu mengatur kadar nitrogen melalui sintesa asam amino bebas *glutamine* dan *asparagine* dibanding spesies klimaks *T. hemprichii*. Lebih lanjut Christiannen *et al.*, (2011a) menyatakan bahwa perbedaan strategi pertumbuhan antara *H. uninervis* dan *T. Hemprichii* dapat menjelaskan perbedaan kemampuan penyerapan dan metabolisme nitrogen. *H. uninervis* merupakan spesies pionir yang memiliki ciri khas produksi tinggi serta kemampuan metabolisme nutrien yang lebih tinggi dibanding spesies klimaks seperti *T. hemprichii* (Fourqurean *et al.*, 1995; Uku *et al.*, 2005). Hal ini menjelaskan mengapa spesies pionir lebih sukses mengkoloni area yang mengalami tekanan dibanding spesies klimaks Christiannen *et al.*, (2011a).

Herbivor padang rumput daratan telah lama diketahui mempengaruhi tingkat produktivitas, biomassa, distribusi, struktur komunitas dan kandungan gizi jaringan

tumbuhan pasturanya (McNaughton 1984, Milchunas dan Lauenroth 1993). Aktivitas *grazing* herbivor darat juga meningkatkan siklus unsur hara dan memberi efek pada fluks unsur hara di darat (Thayer *et al.*, 1984; Sirotiak dan Huntly 2000). Mekanisme timbal balik positif tersebut tidak berlaku pada interaksi herbivor laut seperti penyu hijau dengan padang lamun yang menjadi pasturanya. Feses penyu hijau terapung dan terekspor jauh ke luar sistem padang lamun oleh hidrodinamika perairan. Demikian pula dengan urine, sesaat setelah dikeluarkan urine yang dihasilkan penyu terasimilasi oleh kolom perairan dengan cepat.

Christianen *et al.*, (2011b) menyatakan *grazing* penyu menstimulus produktifitas *H. uninervis* sebesar 1.7 kali lipat bahkan meredakan efek eutrofikasi. Stimulus tersebut memacu penyerapan kelebihan nutrien dalam perairan dan meningkatkan produksi biomassa daunnya. Pada kondisi ekosistem lamun oligotrofik atau normal, *grazing* penyu dapat menyebabkan perubahan struktur padang lamun secara substansial yang mencakup tinggi, kanopi, panjang dan lebar tegakan serta kerapatan lamun sebagaimana disebutkan oleh Lal *et al.*, (2010). Lebih jauh, Lal *et al.*, (2010) menambahkan bila kondisi tekanan aktifitas *grazing* penyu terus bertambah, hal tersebut dapat mengurangi produksi buah dan pada akhirnya berpotensi memicu perubahan komposisi jenis padang lamun.

Fourqurean *et al.*, (2010) menyatakan overgrazing penyu hijau menyebabkan hilangnya padang lamun pada stasiun monitoring CARICOMP, di Bermuda yang terjadi di akhir 1990an. Penurunan ukuran panjang dan lebar daun akibat overgrazing penyu yang berdampak secara langsung terhadap penutupan kanopi merupakan ciri awal perubahan. Lebih jauh, Fourqurean *et al.*, (2010) berpendapat bahwa teori yang menyatakan peran positif penyu hijau dalam memelihara kesetimbangan struktur dan fungsi padang lamun dapat berubah menjadi peran negatif terhadap padang lamun.

Herbivor seperti penyu hijau terletak pada bagian tengah jaring makanan. Hal ini menjelaskan dua peran besar penyu hijau pada ekosistem padang lamun yakni (1) sebagai organisme pengkonversi hasil produksi dari produser primer ke bentuk yang dapat diterima oleh konsumen yang lebih tinggi serta (2) memainkan peran penting dalam mempengaruhi struktur dari komunitas lamun. Penyu hijau belakangan dikenal sebagai modifikator ekosistem oleh karena kemampuannya mengubah ekosistem yang menjadi habitatnya secara signifikan Lal *et al.*, (2010). Perubahan ekosistem tersebut seringkali justru memberi konsekuensi negatif yang serius terhadap populasi penyu hijau itu sendiri. Karenanya, faktor-faktor yang mengatur populasi penyu dan interaksinya dengan padang lamun sangat penting untuk diketahui guna mengelola ekosistem padang lamun dan populasi penyu hijau sebagai pengguna habitat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bjorndal, K.A., 1980. *Nutrition and grazing behavior of the green turtle, Chelonia mydas*, Mar. Biol., 56, 147.
- Christianen, M.J.A., van der Heide, T., Bouma, T.J., Roelofs, J.G.M., van Katwijk, M.M., Lamers, L.P.M., 2011a. *Limited toxicity of NH_x pulses on an early and late successional tropical seagrass species: Interactions with pH and light level*. Aquatic Toxicology 104 (2011) 73–79.
- Christianen, M.J.A., Govers, L.L., Bouma, T.J., Kiswara, W., Roelofs, J.G.M., Lamers, L.P.M., and van Katwijk, M.M., 2011b. *Marine megaherbivore grazing may increase seagrass tolerance to high nutrient loads*. Journal of Ecology. British Ecological Society.
- Erftemeijer, P.L.A., 1994. *Differences in nutrient concentrations and resources between seagrass communities on carbonate and terrigenous sediments in South Sulawesi, Indonesia*. Bulletin of Marine Science, 54, 403–419.
- Evrard, V., Kiswara, W., Bouma, T.J., Middelburg, J.J., 2005. *Nutrient dynamics of seagrass ecosystems: 15N evidence for the importance of particulate organic matter and root systems*. Marine Ecology Progress Series. Vol. 295: 49–55.
- Fourqurean, J.W., Powell, G.V.N., Kenworthy, W.J., Zieman, J.C., 1995. *The effects of long-term manipulation of nutrient supply on competition between the seagrasses Thalassia testudinum and Halodule wrightii in Florida Bay*. Oikos 72, 349–358.
- Fourqurean, J.W., Manuel, S., Coates, K.A., Kenworthy, W.J., Smith, S.R., 2010. *Effects of excluding sea turtle herbivores from a seagrass bed: Overgrazing may have led to loss of seagrass meadows in Bermuda*. Marine Ecology Progress Series. Vol. 419: 223–232.
- Hemminga MA, Marba N, Stapel J, 1999. *Leaf nutrient resorption, leaf lifespan and the retention of nutrients in seagrass systems*. Aquatic Botany 65:141–158.
- Hendra, 2011. *Pertumbuhan dan produksi biomassa daun lamun Halophila ovalis, Syringodium isoetifolium dan Halodule uninervis pada ekosistem padang lamun di perairan Pulau Barrang Lompo*. Skripsi. Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin Makassar. 81 Hal.

- Kiswara, W., dan Winardi. 1999. *Sebaran Lamun di Teluk Kuta dan Teluk Gerupuk, Lombok*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Kneer, D., 2006. *The role of Neaxius acanthus (Thalassinidea: Strahlaxiidae) and its burrows in a tropical seagrass meadow, with some remarks on Corallianassa coutierei (Thalassinidea: Callianassidae)*. Thesis Freie Universität Berlin. 92 pages.
- Lal, A., Arthur, R., Marba, N., Lill, A.W.T., and Alvocerro, T., 2010. *Implications of conserving an ecosystem modifier: Increasing green turtle (Chelonia mydas) densities substantially alters seagrass meadows*. Biological conservation 143 (2010) 2730-2738. Elsevier.
- McKenzie, J.L., Campbell, S.J., & Roder, C.A. 2003. *Seagrass-Watch: Manual for Mapping and Monitoring Seagrass Resources by Community (Cityzen) volunteers*. 2nd Edition. (QFS, Northern Fisheries Centre, Cairns) 100 pp. ISBN 0-9579741-1-6.
- McNaughton, S.J., 1984. *Grazing lawns – Animals in herds, plant form, and coevolution*. American Naturalist, 124, 863–886.
- Milchunas, D.G. & Lauenroth, W.K., 1993. *Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments*. Ecological Monographs, 63, 327–366.
- Moran, K.L. & Bjorndal, K.A., 2007. *Simulated green turtle grazing affects nutrient composition of the seagrass Thalassia testudinum*. Marine Biology, 150, 1083–1092.
- Reischig, T., Basuki N.R., Moord V.A., Cordes, H., and Latorra, L., 2011. *Green turtles (Chelonia mydas) in the Berau archipelago: Population assessment, nesting activities, and protection status*. 31st Conference of the International Sea Turtle Society, San Diego.
- Schulz, J.P., (1984): *Turtle conservation strategy in Indonesia*. IUCN/WWF Report.
- Seminoff JA (2004a): *Chelonia mydas*. In: IUCN 2010. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2010.
- Sirotnak, J.M. & Huntly, N.J., 2000. *Direct and indirect effects of herbivores on nitrogen dynamics: voles in riparian areas*. Ecology, 81, 78–87.
- Short, F.T., Duarte, C. M., 2000. *Chapter 8. Methods for measurement of seagrass growth and production, in Global Seagrasses Research Methods*, Short, F. T. and Coles, R.G., Editors, Elsevier Science B.V., Amsterdam. ISBN:0-444-50891-0.
- Supanwanid, C., Albertsen, J.O., Mukai, H., 2001. *Chapter 15. Methods for assesing the grazing effects of large herbivores on seagrasses, in Global Seagrasses Research Methods*, Short, F.T. and Coles, R.G., Editors, Elsevier Science B.V., Amsterdam. ISBN: 0-444-50891-0.
- Thayer, G.W., Bjorndal, K.A., Ogden, J.C., Williams, S.L. & Zieman, J.C., 1984. *Role of larger herbivores in seagrass communities*. Estuaries, 7, 351–376.
- Tomascik T., A.J. Mah, A. Nontji, and M.K. Moosa. 1997. *The Ecology of Indonesian Seas*. Part Two, Vol

- VIII, Chapter 21. Periplus Edition. pp 1101-1131.
- Uku, J., Beer, S., Bjork, M., 2005. *Buffer sensitivity of photosynthetic carbon utilisation in eight tropical seagrasses*. Marine Biol. 147, 1085–1090.
- Vonk, J.A., Kneer, D., Stapel, J., Asmus, H., 2008. *Shrimp burrow in tropical seagrass meadows: An important sink for litter*. Estuarine, Coastal and Shelf Science 79 (2008) 79–85.
- Vonk, J.A., Christianen, M.J.A., & Stapel, J., 2010. Abundance, edge effect, and seasonality of fauna in mixed-species seagrass meadows in southwest Sulawesi, Indonesia. *Marine Biology Research*, 2010; 6: 282 – 291
- Williams, S. L., 1988a. *Assessment of Anchor Damage and Carrying Capacity of Seagrass Beds in Francis and Maho Bays for Green Sea Turtles*. Biosphere Reserve Report no. 25.
- Williams, S. L., 1988b. *Thalassia testudinum productivity and grazing by green turtles in a highly disturbed seagrass bed*. Mar. Biol., 98, 447.