

The Effectiveness of CO₂ Absorption Between Phytoplankton and Seagrass Beds in The West Sekotong Intertidal Zone of Lombok Island

Sri Puji Astuti¹, Ika Puspita Dewi¹, Siti Rosidah³, Sari Novida⁴, Eka S Prasedya¹, Dining A Candri¹, Hilman Ahyadi²

¹Biology Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Mataram, Mataram, Indonesia;

²Environmental Science Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Mataram, Mataram, Indonesia;

³Laboratory of Immunobiology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Mataram, Mataram, Indonesia;

⁴Agribusiness Program, Faculty of Agriculture, University of Islam Al-Azhar, Mataram, Indonesia;

Article History

Received : February 13th, 2023

Revised : March 27th, 2023

Accepted : May 05th, 2023

*Corresponding Author:

Sri Puji Astuti,
Biology Program,
Faculty of Mathematics and
Natural Sciences, University of
Mataram, Mataram, Indonesia;

Email: spastuti@unram.ac.id

Abstract: The increasing sea surface temperature could be approved CO₂ levels on the coast. It has been assumed the primary productivity in the intertidal zone was to absorb CO₂ from the water column for photosynthesis. In addition, the substrate floor has a potential source of CO₂ from decomposers. Phytoplankton and seagrasses are the primary productivity in the intertidal zone. Both of them have chlorophyll, they maintain the CO₂ as a carbon source to move the photosynthetic systems to develop the metabolism of the body's cells. The measurements were made of the leaves and rhizomes of all the seagrass species. The absorption process was clarified by measuring the growth rate, percent LOI, and percent carbon in the whole body of the *Tetraselmis* sp and *Dunaliella* sp, which were phytoplankton species isolated from seagrass ecosystems. *Enhalus acoroides* (Ea) had the highest carbon content. On the other hand, *Halophila ovalis* and *Halophila minor* are the lowest carbon due to the distribution of Ea being the widest, they were found in all of the sampling areas. In addition, the factor that was supported was due to its high growth rate ability. Phytoplankton and seagrass on the coast of Sekotong Barat absorb CO₂ in the water column and floor of the sediment (carbon sink). The presence of a different increase in carbon content between *Tetraselmis* sp and *Dunaliella* sp indicates, the species of phytoplankton respond differently to CO₂ stress in the ocean.

Keywords: carbon source-sink, seagrass, phytoplankton, Sekotong Barat, Lombok Island.

Pendahuluan

Konsentrasi karbon dioksida (CO₂) terus meningkat di atmosfer menyebabkan peningkatan suhu global dan pemanasan di laut. Seiring dengan itu, CO₂ antropogenik menyebabkan penurunan pH air laut, dan mengakibatkan pengasaman air laut (ocean acidification), sehingga mengubah faktor lingkungan kimia di laut. Fotosintesis sebagai

pompa karbon biologis di laut berperan sangat penting dalam menyerap karbon di samudra.

Fitoplankton adalah organisme perairan yang tersedia dalam jumlah melimpah. Fitoplankton memiliki kemampuan aklimatisasi terhadap lingkungan yang luar biasa beragamnya. Fisiologi fitoplankton bersifat sangat dinamis dan responsif terhadap perubahan lingkungan akuatik. Pernyataan ini sejalan dengan Gao *et al.*, (2017) dalam

risetnya menyatakan, meskipun peningkatan pemanasan laut mampu menurunkan produktivitas fitoplankton secara global, namun pada tingkat regional ekosistem, hal ini mampu merangsang produktivitas primer. Selain itu, kondisi ini mampu mengubah komposisi komunitas fitoplankton sebagai akibat perbedaan lingkungan fisik dan kimia perairan.

Strategi aklimatisasi pemanfaatan energi fotosintesis mampu dijalankan pada tingkat metabolisme oleh banyak spesies, pola alokasi energi fotosintesis ini berdampak terhadap struktur komunitas, distribusi, produktivitas, dan dinamika jaring makanan di perairan (Halsey dan Jones, 2015). Fitoplankton menyesuaikan diri dengan perubahan kondisi lingkungan dengan cara realokasi karbon dan energi yang kompleks melalui jalur metabolisme untuk mengoptimalkan pertumbuhan.

Hampir semua fitoplankton laut telah beradaptasi dengan keterbatasan CO₂, mereka mampu mengembangkan konsentrasi CO₂ secara efisien melalui mekanisme konsentrasi karbon (*Carbon Concentration Mechanism/CCM*) untuk mengakumulasi CO₂ disekitar Rubisco (Sun *et al.*, 2019). Energi dan nutrisi CCM dapat memodulasi CO₂ sehingga mempengaruhi produksi primer, komposisi elemen, dan komposisi spesies fitoplankton di laut. Perubahan kontinyu fotosintetik O₂ dan fluks karbon anorganik merupakan fungsi konsentrasi CO₂ (Hoppe *et al.*, 2013).

Perbedaan spesies fitoplankton dalam regulasi CO₂ bergantung pada CO₂ masing-masing CCM (meliputi CO₂, kinetika serapan, dan aktivitas karbonat anhidrase). Peningkatan penyerapan CO₂ bruto sejalan dengan peningkatan luas permukaan sel terhadap rasio volume (Hoppe *et al.*, 2013). Variabilitas respons terhadap CO₂ tidak disebabkan oleh perbedaan dalam struktur komunitas fitoplankton namun hal itu dapat mencerminkan sensitivitas respons dari fitoplankton terhadap perubahan yang terjadi. Seperti radiasi yang berlebih menyebabkan peningkatan decoupling fiksasi karbon dan transpor elektron pada pusat reaksi II (ETRRCII, mol e-mol RCII-1 s⁻¹) (Schuback, *et al.*, 2015). Hasil riset Hoppe *et al.*, (2013) menjelaskan bahwa pada fitoplankton selain

proses fisiologis yang sensitif terhadap CO₂, hal yang tidak kalah pentingnya yaitu interaksi spesies dalam perairan yang menentukan keberhasilan spesies fitoplankton dalam regulasi CO₂.

Selain fitoplankton, pada zona intertidal, organisme lain yang memanfaatkan penetrasi cahaya matahari dalam proses fotosintesis adalah padang lamun. Masing-masing spesies lamun memiliki kemampuan untuk menyediakan kebutuhan nutrisi bagi fitoplankton, berupa nutrisi dari serasah yang mengendap pada lapisan substrat (Tanaka *et al.*, 2014). Peningkatan nutrisi yang berlebihan secara signifikan akan memperburuk penetrasi cahaya karena memicu meningkatnya populasi fitoplankton diperairan.

Lamun memiliki morfologi daun yang unik, situs utama kloroplas (fotosintesis) berada di sel epidermis, aerenkim terdapat di dalam epidermis tanpa adanya sitoplasma (Dewi *et al.*, 2022). Kurangnya stomata mengakibatkan rute serapan karbon anorganik akan melintasi kutikula vestigial dan melalui membran plasma luar. Kurangnya arus perairan mengakibatkan kurangnya pengadukan daun yang berakibat pada terhambatnya serapan karbon. Anhidrase karbonat eksternal dan ekstrusi proton berperan dalam meningkatkan serapan CO₂. Beberapa bukti bahwa mekanisme C₄ berperan dalam fiksasi karbon, fotorespirasi terjadi pada lamun dan siklus xantofil aktif untuk mengatasi radiasi atau cahaya tinggi yang merusak daun lamun.

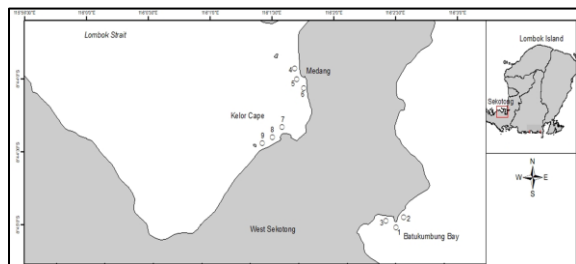
Daun lamun akan mengalami perubahan warna menjadi coklat sebagai indikasi menuju kematian lamun yang di akibatkan oleh blooming biomassa yang menghalangi serapan CO₂ diperairan. Blooming biomassa di permukaan ini tentunya sebagai efek kenaikan suhu permukaan laut (Repolho *et al.*, 2017). Berdasarkan pemaparan sebelumnya, tinggi rendahnya CO₂ terlarut dalam suatu perairan dapat diketahui berdasarkan spesies lamun yang mampu tumbuh di wilayah tersebut, selain itu serapan CO₂ sangat berpengaruh terhadap proses fotosintesis yang tentunya mempengaruhi fotosintat yang dihasilkan oleh fitoplankton. Maka, sangat penting untuk mengkaji efektivitas serapan CO₂ di zona intertidal berdasarkan interaksi antara

fitoplankton dan padang lamun di perairan pantai Sekotong Barat Pulau Lombok, dengan tujuan mengetahui besaran serapan karbon oleh kedua produsen utama di laut, sebagai strategi menciptakan iklim mikro yang baik di zona intertidal, dan sebagai langkah preventif mencegah meningkatnya mikroalga dan mikrobial jenis parasit yang akan menginfeksi biota laut.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juni hingga November 2021. Lokasi sampling di perairan Sekotong Barat Kabupaten Lombok Barat, Pulau Lombok, meliputi perairan Teluk Batukumbung, Pantai Medang dan Tanjung Kelor, lokasi sampling Gambar 1. Sampling dilakukan di padang lamun, dengan obyek sampling lamun dan fitoplankton. Masing-masing lokasi terbagi menjadi 3 stasiun berdasarkan nama perairan tersebut. Setiap stasiun dilakukan sampling di 3 titik. Selain itu, dilakukan pengambilan data terhadap variable lingkungan di ekosistem lamun.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Perairan Sekotong Barat

Isolasi, kultur, dan pengukuran karbon fitoplankton

Fitoplankton spesies *Dunaliella salina* dan *Tetraselmis sp* di isolasi secara bertingkat dari lokasi sampling. Isolasi menggunakan media semi-solid Walne yang di modifikasi. Isolasi menggunakan metode gores dan sebar, selama 120 hari. Dilanjutkan dengan pemindahan isolat tunggal menggunakan media cair secara bertingkat, mulai dari titer 15 ml hingga 2000-3000 ml. Komposisi dan volume media merujuk pada panduan kultur alga oleh Anderson, (2005). Fitoplankton di kultur hingga kepadatan mencapai 1000 sel/ml, kepadatan diukur

menggunakan haemositometer. Kondisi kultur berada pada salinitas 25 ppm, intensitas cahaya 4200 lux, pada suhu ruang dengan pencahayaan 24 jam, aerasi lembut 24 jam. Pengukuran kadar karbon pada fitoplankton menggunakan metode karbonasi merujuk pada Ye *et al.*, (1999).

Perlakuan dan pengukuran karbon lamun

Survey lapangan dilakukan untuk memetakan spesies lamun yang ditemukan di lokasi. Pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman lamun meliputi seluruh spesies yang ditemukan (Ea: *Enhalus acoroides*, Th: *Thalassia hemprichii*, Cr: *Cymodocea rotundata*, Cs: *Cymodocea serrulate*, Hp: *Halodule pinifolia*, Ho: *Halophila ovalis*, Hm: *Halophila minor*). Sampel padang lamun di tiga lokasi ditandai dengan patok dan pita penanda untuk di lakukan pengukuran pertumbuhan tanaman lamun pada bagian daun dan rhizome. Teknis perlakuan dan pengukuran merujuk pada (Rustam *et al.*, 2019).

Pengukuran kadar karbon pada lamun menggunakan metode penandaan daun atau *leaf-marking method* dan *rhizome-tagging method*, prosedur dan teknis pengukuran merujuk pada (Rustam *et al.*, 2019). Serapan dan emisi karbon di padang lamun ditaksir dengan menggunakan pendekatan pengukuran laju produksi lamun sebagai hasil konversi karbon pada proses fotosintesis. Parameter yang diukur yaitu laju pertumbuhan daun, laju pertumbuhan rimpang (rhizoma), dan laju produksinya (Irwan, 2017). Komponen produktivitas yang diukur adalah persentase karbon (%C) melalui pengukuran *Loss of Ignition* (LOI). Persentase koreksi karbon organik Metode LOI ini pada prinsipnya adalah menghilangkan bahan organik melalui proses pembakaran di dalam tanur/tungku (furnace). Nilai bahan organik yang didapat merupakan berat sampel yang hilang karena pembakaran pada suhu 550°C selama beberapa waktu (4 jam) (Fourqurean *et al.*, 2014). Analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara kualitatif deskriptif untuk mengetahui nilai serapan karbon fitoplankton dan lamun di wilayah padang lamun.

Hasil dan Pembahasan

Kondisi lingkungan di padang lamun

Lamun adalah tumbuhan yang hidup di wilayah intertidal, pertumbuhan lamun

dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, salinitas, pH, nitrat, dan substrat tempat tumbuhnya. Pengukuran pada Tabel 1, 3 lokasi sampling memiliki rentan suhu 28-29°C, pH 7-

7,5, salinitas sebesar 31-33 ppt, nitrat 0,1 mg/L, didominasi substrat berlumpur dan pasir berlumpur.

Tabel 1. Variabel Lingkungan di Ekosistem Padang Lamun

Variabel	Batukumbang	Medang	Tanjung Kelor
Suhu (°C)	29	28	28
Salinitas (ppt)	33	31	31
pH	7,5	7	7
Nitrat (mg/L)	0,1	0,1	0,1
Substrat	Berlumpur	Pasir berlumpur, Berlumpur	Pasir berlumpur, Berpasir

Suhu dan salinitas merupakan faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan lamun (Moreno *et al.*, 2014) dan eksistensi fitoplankton (Kaldy dan Shafer, 2012), yakni pada proses fotosintesis, fluktuasi salinitas yang konstan dan suhu yang sedikit lebih tinggi terkait dengan air asin yang mungkin telah menyebabkan stres fisiologis sehingga mengurangi pertumbuhan dan kelangsungan hidup lamun

Isolasi dan kultur fitoplankton

Fitoplankton spesies *Dunaliella* sp dan *Tetraselmis* sp di isolasi dari perairan di ekosistem padang lamun, Sekotong Barat. sampel air diisolasi bertingkat menggunakan modifikasi media semi-solid dan media cair dengan komposisi sesuai pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 2. Komponen nutrient media

Komponen	Jumlah	Konsentrasi media (M)
NaNO ₃	100,0 gr	1,18 x 10 ⁻³
H ₃ BO ₃	33,6 gr	5,43 x 10 ⁻⁴
Na ₂ EDTA	45,0 gr	1,54 x 10 ⁻⁴
Na ₂ H ₂ PO ₄ .H ₂ O	20,0 gr	1,28 x 10 ⁻⁴
FeCl ₃ .6H ₂ O	1,3 gr	4,81 x 10 ⁻⁶
MnCl ₂ .4H ₂ O	0,36 gr	1,82 x 10 ⁻⁶
Trace Metal	1 mL	-

Tabel 3. Komponen larutan Trace Metal

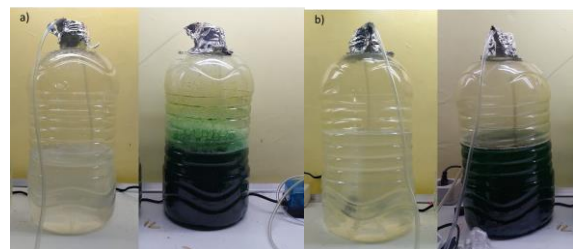
Komponen	Jumlah	Konsentrasi media (M)
ZnCl ₂	21,0 gr	1,54 x 10 ⁻⁷
CoCl ₂ .6H ₂ O	20,0 gr	8,41 x 10 ⁻⁸
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	9,0 gr	7,28 x 10 ⁻⁹
CuSO ₄ .5H ₂ O	20,0 gr	8,01 x 10 ⁻⁸

Tabel 4. Komponen larutan vitamin

Komponen	Jumlah	Konsentrasi media (M)
Tiamin. HCl (vit B1)	1,0 gr	2,96 x 10 ⁻¹⁰
Cyanocobalamin (vit B12)	50 mg	3,69 x 10 ⁻¹²

Penggunaan dua tipe medium (semi solid dan cair), untuk memudahkan proses isolasi. Setelah melalui proses isolasi dan kultur bertingkat, dilanjutkan pada tahap perbanyakan biomassa, pada tahap ini, fokus kultur pada perbanyakan biomassa hingga mencapai minimal 1000 sel/ml, hal ini bertujuan untuk memenuhi berat minimal dalam pengukuran karbon pada fitoplankton.

Pemindahan kultur pada volume awal media mencapai 2000 hingga 3000 ml. penambahan nutrisi atau pupuk dilakukan setiap 7 hari sekali, penghitungan jumlah sel dilakukan setiap 7 hari sekali. Pada Gambar 2. ditunjukkan kondisi awal kultur *Tetraselmis* sp dan *Dunaliella* sp pada biomassa 25 sel/ml dan 12 sel/ml secara berurutan. Untuk mencapai biomassa yang diharapkan, masing-masing fitoplankton memiliki ritme pertumbuhan yang berbeda-beda, bergantung pada kemampuan penyerapan nutrient dan faktor lain pada masing-masing fitoplankton.



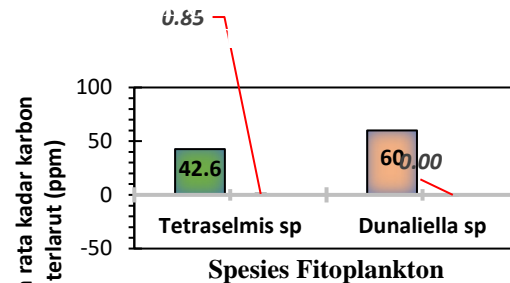
Gambar 2. Kultur sel a) *Tetraselmis* sp dan b) *Dunaliella* sp. Pada masing-masing kultur spesies, kondisi kultur awal (kiri) dan kultur akhir (kanan).

Kultur sel skala besar menggunakan gallon berukuran 5 liter, untuk mencapai biomassa 1000 sel/ml masing-masing spesies fitoplankton membutuhkan durasi fase stadium yang berbeda-beda, oleh sebab itu secara umum penambahan nutrisi atau pupuk diberikan setiap 7 hari sekali, hal ini merujuk pada (Sultana *et al.*, 2020), sehingga ada penelitian ini masa kultur berlangsung selama \pm 9 pekan. Kemampuan metabolisme masing-masing fitoplankton, selain dipengaruhi faktor internal, faktor eksternal juga mempengaruhi, seperti lama pencahayaan.

Karbon terlarut pada fitoplankton

Kadar karbon pada 2 spesies fitoplankton di padang lamun, *Tetraselmis* sp berada pada kisaran 42,6 ppm dengan rentan standar deviasi pada 0,85 (Gambar 3). Sementara itu, spesies *Dunaliella* sp memiliki kadar karbon terlarut sebesar 60 ppm (Gambar 3). Hasil ini menjelaskan bahwa, kedua spesies ini mewakili bagian kecil dari total karbon yang diserap dari lingkungan oleh fitoplankton yang berjumlah ribuan bahkan jutaan di perairan, yang artinya bahwa spesies fitoplankton juga aktif dalam penyerapan karbon, mengingat fitoplankton adalah organisme mikroskopis uniseluler yang memiliki kemampuan fotosintesis dengan memanfaatkan CO₂ terlarut, serasah terlarut, serta senyawa lainnya sebagai sumber karbon.

Secara umum, pertumbuhan fitoplankton, terdiri atas 4 fase yakni fase lag (istirahat), fase logaritmik (pertumbuhan eksponensial), fase stasioner (pertumbuhan stabil), fase deklinasi (kematian). Keempat fase ini hanya berlangsung sekitar \pm 7 hari (Sultana *et al.*, 2020). Meskipun demikian, faktor lain yang dapat meningkatkan durasi keempat fase ini adalah faktor lingkungan atau media kultur pertumbuhannya, selain kemampuan survive per individunya yang berhubungan dengan kemampuan menghasilkan senyawa-senyawa sekunder pada kondisi lingkungan ekstrim. Kenyataannya faktor lingkungan yang mempengaruhi keanekaragaman fitoplankton dalam suatu perairan akan ditentukan, salah satunya oleh konsentrasi nutrient terlarut dalam perairan, suhu, salinitas, pH, dan faktor cahaya.



Gambar 3. Kandungan karbon pada fitoplankton

Sebaran spesies lamun

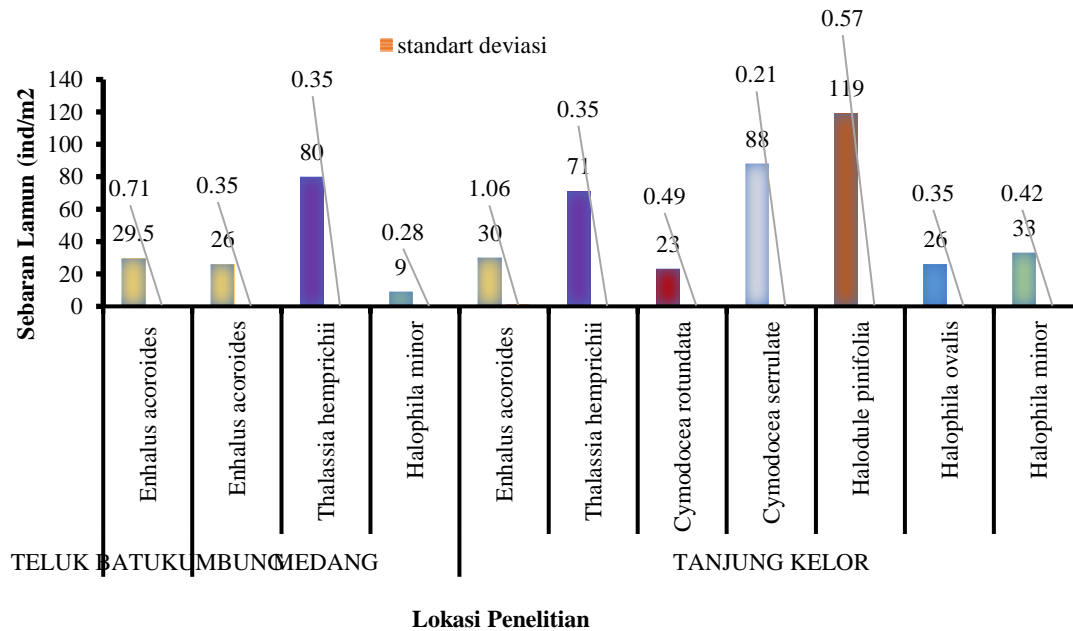
Hasil survey dan identifikasi di tiga lokasi sampling, kerapatan spesies lamun Gambar 4, ditemukan di ketiga lokasi penelitian. Secara keseluruhan di padang lamun pesisir Pantai Sekotong ditemukan ada 7 spesies lamun, yakni Ea, Th, Cr, Cs, Hp, Ho, dan Hm. Sebaran spesies tertinggi ada di Tanjung Kelor dengan kata lain semua spesies (7 spesies) ada di pantai Tanjung Kelor, dengan Hp memiliki rata-rata jumlah individu sebesar 119 ind/m², disusul dengan Cs dan Th berada di kisaran (88 dan 71 ind/m² secara berurutan). Spesies Ea, Cr, Ho, dan Hm semuanya berada pada jumlah yang tidak lebih dari 40 ind/m². Meskipun spesies Ea ditemukan di 3 lokasi yakni Teluk Batukumbang, Medang dan Tanjung Kelor, namun rata-rata sebaran jumlah spesiesnya kecil (kurang dari 40 individu/m²).

Berbeda dengan Th, meskipun hanya ditemukan di 2 lokasi (Tanjung Kelor dan Medang), namun rata-rata jumlah sebaran Th menempati posisi tertinggi yakni 28% dari total sebaran spesies di 3 lokasi. Ditemukannya *E. acoroides* di semua lokasi sampling, karena secara sebaran, Ea adalah spesies lamun terbesar dan tersebar luas di Samudera Hindia dan Pasifik, dan Laut Merah (Green and Short, 2003), memberikan berbagai manfaat ekologis yang berharga bagi wilayah pesisir, dimana daun dan detritus spesies ini merupakan sumber makanan bagi penyu, ikan, dan terutama dugong (Adulyanukosol *et al.*, 2010).

Proses penyerbukan *E. acoroides* memanfaatkan aliran air untuk polinasi dikenal dengan istilah penyerbukan hidrofilik (Van Tussenbroek *et al.*, 2016). Den Hartog (1970), Phillips dan Meñez, (1988) telah meneliti sejak

lama bahwa *E. acoroides* adalah satu-satunya spesies lamun yang melakukan penyerbukan hidrofilik. Kemungkinan karena memanfaatkan polinasi hidrofilik menyebabkan *E. acoroides*

dapat berkembang biak pada perairan di Sekotong dan tersebar luas di seluruh padang lamun Sekotong Barat, meskipun kerapatannya tidak tinggi.

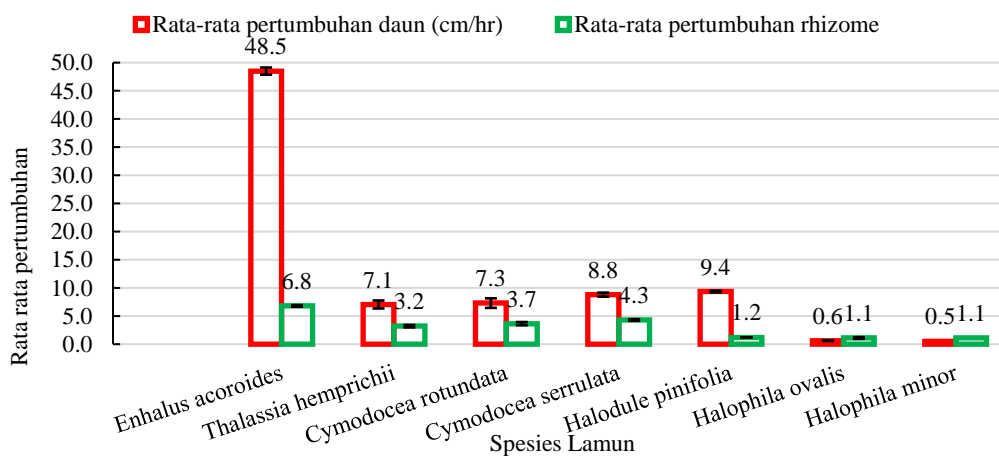


Gambar 4. Jumlah Spesies

Laju pertumbuhan lamun

Hasil pengukuran terhadap pertumbuhan daun dan rhizome pada spesies lamun. Secara umum pada semua spesies lamun mengalami pertambahan Panjang setiap hari baik pada bagian daun maupun rhizome, hal ini membuktikan bahwa, pada lamun tersebut masih aktif menyerap karbon sebagai bahan baku proses fotosintesis. Pertumbuhan tertinggi dan terjadi secara signifikan terdapat pada spesies Ea,

pada semua bagian yang terukur yakni sebesar 48,5 cm (Gambar 5), dengan kata lain rata-rata pertambahan panjang daun Ea setiap harinya adalah sebesar 5,4 cm. Kelebihan *E. acoroides* dalam masa pertumbuhannya terbilang lebih cepat dibandingkan jenis lamun yang lainnya. Substrat berlumpur mempermudah lamun untuk menancapkan akarnya karena energi yang dibutuhkan lamun untuk mencapai dasar lebih kecil daripada substrat berpasir (Hogarth, 2015).



Gambar 5. Laju pertumbuhan lamun

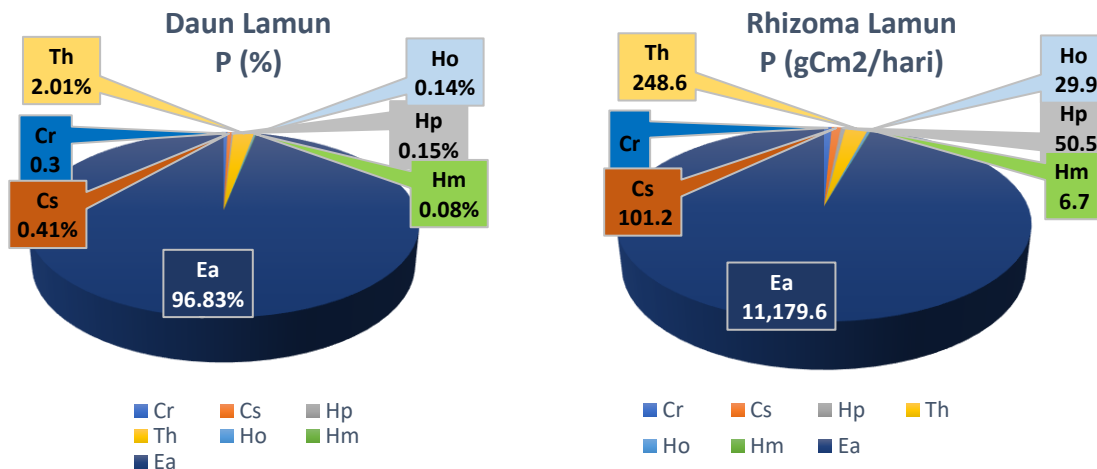
Spesies Th, Cr, Cs, dan Hp mengalami penambahan rata-rata pertumbuhan daun yang tidak lebih dari 10 cm, atau penambahan panjang daun per harinya sekitar 0,78; 0,81; 0,97; 1,04 cm/hr (pada Th, Cr, Cs, dan Hp secara berurutan), pada bagian rhizome juga mengalami penambahan panjang dengan total 3,2; 3,7; 4,3; 1,2 cm secara berurutan. Berbeda halnya pada Ho dan Hm yang secara morfologi memiliki ukuran daun yang kecil berbentuk oval dan tangkai daun yang rapuh. Panjang daun dan rhizome Ho berkisar 0,6 dan 1,1 cm. Sedangkan pada spesies Hm, pertambahan panjangnya sebanyak 0,5 cm pada daun dan 1,1 cm pada rhizome.

Kinerja tubuh lamun meningkat pada kondisi CO₂ yang meningkat, sebagai awal adaptasi perubahan lingkungannya. Hasil penelitian Hernan *et al.*, (2016), kondisi CO₂

tinggi menunjukkan benih lamun yang lebih besar dan penyimpanan karbon yang lebih tinggi di jaringan bawah tanah, sehingga memiliki lebih banyak sumber daya untuk mentolerir dan pulih dari stresor. Tanaman pada kondisi pCO₂ tinggi memiliki kandungan N daun yang lebih rendah tetapi sukrosa lebih tinggi, menyebabkan daunnya lebih disukai oleh herbivora.

Serapan karbon pada lamun

Pengukuran serapan dan emisi karbon merupakan pengukuran terhadap produktivitas lamun itu sendiri, karena dalam proses fotosintesis, lamun akan menyerap CO₂ di atmosfer yang terlarut, maupun dalam sedimen, penyerapan ini dilakukan secara maksimal pada lamun melalui daun dan rhizomenya.



Gambar 6. Serapan karbon (P) pada daun dan rhizome lamun

Secara umum, produktivitas keseluruhan spesies lamun di pesisir pantai Sekotong Barat mampu menyerap karbon sebesar 11276,17 gCm⁻²/hari pada bagian daun, dan pada rhizome sekitar 11700,27 gCm⁻²/hari. Penyerapan karbon tertinggi pada spesies lamun *E. acoroides* (Gambar 6). Besarnya serapan karbon lamun pada bagian rhizoma karena pada umumnya sedimen substrat lamun di dominasi oleh serasah lamun yang kembali melepaskan karbon ke substrat, sehingga pengkayaan pada level substrat akan menambah sumber karbon yang diserap. Hasil riset Kelaher *et al.* (2013) menjelaskan bahwa kecepatan penguburan/serapan (*sink*) karbon dalam ekosistem lamun berasal dari serasah lamun

ataupun biota organik lainnya. Hasil penelitian Mashoreng *et al.*, (2019) memberikan analogi nyata bahwa besarnya endapan serasah akan tetap tersimpan dalam sedimen yang berpotensi terkubur ribuan tahun sebagai karbon stok (*sink*). Sebagai tambahan, lamun juga merupakan salah satu tumbuhan tingkat tinggi yang berperan sebagai produser primer, melakukan aktivitas fotosintesis aktif dengan menyerap karbon untuk menghasilkan oksigen.

Serapan karbon oleh produser utama (fitoplankton dan lamun) di ekosistem padang lamun

Padang lamun dan fitoplankton dalam ekosistem merupakan organisme autotrofik,

selain mampu berfotosintesis, Fitoplankton dan lamun juga menghasilkan bahan organik baru. Proses ini disebut sebagai produksi primer. Laju produksi (produktivitas) tertinggi di dunia terdapat di daerah tropis. Proses fotosintesis, terjadi pengikatan karbondioksida (CO₂) yang diubah menjadi biomassa berupa organ tubuh atau cadangan makanan. Pengukuran laju produksi merupakan hasil konversi karbon pada proses fotosintesis untuk mengetahui serapan karbon. Hal ini didukung dengan hasil pengukuran suhu perairan berkisar 28-29°C, nitrat 0,1 mg/L, pH berkisar 7-7,5, salinitas 31-34 ppt. Kisaran temperatur optimal bagi spesies yang hidup di zona intertidal adalah sekitar 28-30°C, dimana suhu dapat mempengaruhi proses-proses fisiologi yaitu proses fotosintesis, pertumbuhan dan reproduksi.

Ketersediaan nitrat berperan sebagai faktor penting dalam produktivitas primer Karbon yang diserap lamun dalam proses fotosintesis dapat berupa karbondioksida (CO₂) atau bikarbonat (HCO₃⁻). Tingkat keasaman (pH) air laut merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi bentuk serapan karbon pada lamun. Pada pH perairan 8,2 maka, ketersediaan karbondioksida terbatas sehingga lamun lebih banyak menyerap bikarbonat untuk proses fotosintesis. Dengan demikian, hasil pengukuran pH 7-7,5 pada penelitian ini (Tabel 1), menyediakan bikarbonat lebih sedikit atau terbatas, sehingga CO₂ lebih banyak diserap oleh fitoplankton dan lamun dalam proses fotosintesis.

Kesimpulan

Berdasarkan penemuan diatas dapat disimpulkan bahwa fitoplankton dan lamun di pantai Sekotong Barat menyerap CO₂ diperairan, tidak hanya yang terlarut dalam kolom air namun penyerapan karbon juga bersumber dari sedimen yang mengendap (karbon *sink*). Spesies lamun *Ea* memiliki kemampuan penyerapan CO₂ tertinggi dari semua jenis lamun di lokasi sampling. Adanya peningkatan kadar karbon yang berbeda antara *Tetrasemis* sp dan *Dunaliella* sp mengindikasikan bahwa masing-masing spesies fitoplankton memberikan respon berbeda terhadap stress CO₂ diperairan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Mataram melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM Unram) yang telah mendanai penelitian ini sepenuhnya melalui skim Penelitian Peningkatan Kapasitas tahun anggaran 2021.

Referensi

- Adulyanukosol, K., Poovachiranon, S., Boukaew, P. (2010). Stomach contents of dugong (*Dugong dugon*) from Trang Province, Thailand. In: *Proceedings of the 5th International Symposium SEASTAR 2000 and Asian Bio-logging Science*. Phuket, Thailand, pp. 51–57. <http://hdl.handle.net/2433/107336>
- Andersen, R. A. (2005). *Algal Culturing Techniques*. Elsevier, Oxford, UK. ISBN: 0-12-088426-7.
- den Hartog, C. (1970). *The Seagrasses of The World*. North-Holland. Amsterdam, The Netherlands
- Dewi, C. S. U., Yamindago, A., Capriati, A., Sukandar. (2022). *Bioekologi Lamun*. UB Media. Malang. Jawa Timur. ISBN: 978-602-462-915-1.
- Fourqurean, J. Beggins, C. Barrón, and E.T. Apostolaki, (2010), Seagrass Community Metabolism: Assessing the Carbon Sink Capacity of Seagrass Meadows, *Global Biogeochemical Cycle*, 24(4):1-8. <https://doi.org/10.1029/2010GB003848>
- Gao K, Zhang Y dan Häder D P. (2017). Individual and interactive effects of ocean acidification, global warming, and UV radiation on phytoplankton. *Journal of Applied Phycology*. vol 30, p.743–759. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1329-6>
- Green, E.P., Short, F.T. (2003). *World Atlas of Seagrasses*. University of California Press. Los Angeles. CA, USA
- Halsey K H. and Jones B M. (2015). Phytoplankton Strategies for Photosynthetic Energy Allocation. *Annual Review of Marine Science*. Vol. 7 p:265-297. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010814-015813>

- Hernán, G., Ramajo, L., Basso, L., Delgado, A., Terrados, J., Duarte, C., M. & Tomas, F. (2016). Seagrass (*Posidonia oceanica*) seedlings in a high-CO₂ world: from physiology to herbivory. *Scientific Reports* p:1-12 [http://DOI: 10.1038/srep38017](http://DOI:10.1038/srep38017)
<https://www.nature.com/articles/srep38017>
- Hogarth, P., J. The Biology of Mangrove And Seagrass Third Edition. (2015). Oxford University Press. Oxford.
- Hoppe, C. J. M., Hassler, C. S., Payne, C. D., Tortell, P. D., Rost, B., Trimbom, S. (2013). Iron Limitation Modulates Ocean Acidification Effects on Southern Ocean Phytoplankton Communities. *PLOS ONE* 8(12): 10.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079890>
- Irwan, A., (2017). Potensi Cadangan dan Serapan Karbon oleh Padang Lamun di Bagian Utara dan Timur Pulau Bintan, *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 2017 2(3): 35-48.
<https://oldi.lipi.go.id/index.php/oldi/article/view/158>
- Kaldy, J., E. and Shafer, D. J. (2012). Effects of salinity on survival of the exotic seagrass *Zostera japonica* subjected to extreme high temperature stress. *Journal Botanica Marina*. (56)1: p75-82
<https://doi.org/10.1515/bot-2012-0144>
- Kelaiser, B., P., Broek, J., V., D., York, P., H., Bishop, M., J., Booth, D., J. (2013). Positive responses of a seagrass ecosystem to experimental nutrient enrichment. *Marine Ecology Progress series*. 487 p:15-25
<https://doi.org/10.3354/meps10364>
- Mashoreng, S., Sherly, A., Wasir, S., Rantih, I. dan Dwi, F. I. (2019). Serapan Karbon Lamun *Thalassia Hemprichii* pada Beberapa Kedalaman, *Jurnal Ilmu Kelautan SPERMONDE*, 5(1): 11-17.
<https://doi.org/10.20956/jiks.v5i1.7031>
- Moreno, G., Torquemada, Y. F., Lizaso, J., L., S. (2014). Salinity fluctuation of the brine discharge affects growth and survival of the seagrass *Cymodocea nodosa*. *Marine Pollution Bulletin* (81) 1,p: 61-68.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.019>
- Phillips, R.C., Meñez, E.G. (1988). Seagrasses. Smithsonian Institution Press. Washington, DC, USA.
- Repolho T, Duarte B, Dionísio G, Paula J R, Lopes A R., Rosa I C, Grilo T F, Caçador I, Calado R dan Rosa R. (2017). *Seagrass ecophysiological performance under ocean warming and acidification*.
<https://www.nature.com/articles/srep41443>
- Rustam A, Adi N S, Daulat A, Kiswara W, Yusup D S, Rapp R A. (2019). Pedoman Pengukuran Karbon di Ekosistem Padang Lamun. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Schuback, N., Schallenberg, C., Duckham, C., Maldonado, M. T., Tortell, D. (2013). Interacting Effects of Light and Iron Availability on the Coupling of Photosynthetic Electron Transport and CO₂-Assimilation in Marine Phytoplankton. *PLoS ONE* 10(7).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133235>
- Subiakto, A. Y., Riniatsih, I., Santoso, G. W. S. dan Suryono. (2019). Hubungan Kandungan Nitrat dan Fosfat dalam Substrat terhadap Kerapatan Lamun di Perairan Prawen, Jepara, *Journal of Marine Research*, 8(1) p:55-61.
- Sultana, S., Srinivasa, G., Thajuddin, N. (2020). Digital Algal Cell Growth Analysis and Time Determination of *Pediastrum* sp using Fuzzy Inference System. *International Journal of Computer Applications*. (179) 29, p: 12-16. IJCATM : www.ijcaonline.org
- Sun Y, Wollman A J M., Huang F, Leake M C, Liu L N. (2019). Single-Organelle Quantification Reveals Stoichiometric and Structural Variability of Carboxysomes Dependent on the Environment. *The Plant Cell journal*, Vol 31, (7) p.1648–1664.
<https://doi.org/10.1105/tpc.18.00787>
- Tanaka Y, Go G A, Watanabe A, Miyajima T, Nakaoka M, Uy W H, Nadaoka K, Watanabe S, Fortes M D. (2014). 17-year change in species composition of mixed seagrass beds around Santiago Island, Bolinao, the northwestern Philippines.

- Marine Pollution Bulletin* 88(1-2) p:81-85.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.09.024>
- Van Tussenbroek, B.I., Valdivia-Carrillo, T., Rodriguez-Virgen, I.T., Sanabria-Alcaraz, S.N.M., Jimenez-Duran, K., Van Dijk, K.J., Marquez-Guzman, G.J. (2016). Coping with potential bi-parental inbreeding: limited pollen and seed dispersal and large genets in the dioecious marine angiosperm *Thalassia testudinum*. *Ecol. Evol.* 6: 5542–5556.
<http://doi.org/10.1002/ece3.2309>
- Ye, Z., Abraham, J., Christodoulatos, C., Prigiobbe, V. (1999). Mineral Carbonation for Carbon Utilization in Microalgae Culture. *Journal Energy and Fuels*, 33: 8843-8851.
<https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b01232>