

# Biomassa dan Stok Karbon pada Ekosistem Padang Lamun di Pulau Pamegaran, Taman Nasional Kepulauan Seribu

Safira Nurlita Santoso dan Ratih Ida Adharini\*

Departemen Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Flora Bulaksumur, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281 Indonesia  
Email: ratih.adharini@ugm.ac.id

## Abstract

### **Biomass and Carbon Stock in Seagrass Ecosystems of the Pamegaran Island, Kepulauan Seribu National Park**

Seagrass is one of the important ecosystems in coastal areas. This study aims to determine the biomass and carbon stock in the seagrass ecosystems of the Pamegaran Island, Seribu Islands National Park, Jakarta. Data collection was conducted on December 2021 to January 2022 is done by using SeagrassWatch method and carbon data sampling results were analyzed by Kurmies method / SNI 13-4720-1998 method. *Cymodocea rotundata* has the highest biomass value, while *Halodule uninervis* has the lowest biomass value. The seagrass biomass value at the bottom of the substrate was higher than the top of the substrate in all the species found was because the rhizome contained carbohydrates and nutrients produced in the photosynthesis process and stored at the bottom of the substrate. The total value of seagrass carbon stock in the entire area is  $1,932,151.36 \pm 265,280.90$  g C or  $1.932 \pm 2.652$  t C with an area of 3.63 ha of seagrass beds. *Thalassia hemprichii* has the highest carbon stock value, while *Halodule uninervis* species has the lowest biomass value. The carbon stock value of the bottom of the substrate was higher than that of the top of the substrate in all species found.

**Keywords:** Coastal, sequestration, photosynthesis, seagrasswatch, substrate

## Abstrak

Lamun adalah salah satu ekosistem penting yang ada di daerah pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui biomassa dan stok karbon pada ekosistem padang lamun di Pulau Pamegaran, Taman Nasional Kepulauan Seribu, Jakarta. Pengambilan data dilakukan pada bulan Desember 2021 hingga Januari 2022 menggunakan metode SeagrassWatch dan analisis data karbon menggunakan metode Kurmies / metode SNI 13-4720-1998. *Cymodocea rotundata* memiliki nilai biomassa yang tertinggi, sedangkan *Halodule uninervis* memiliki nilai biomassa terendah. Nilai biomassa lamun bagian bawah substrat lebih tinggi dari bagian atas substrat pada semua spesies yang ditemukan hal ini karena rhizome mengandung karbohidrat serta zat hara yang dihasilkan pada proses fotosintesis dan tersimpan pada bagian bawah substrat. Nilai total stok karbon lamun pada keseluruhan luas wilayah sebesar  $1.932.151,36 \pm 265.280,90$  g C atau  $1,932 \pm 2,652$  t C dengan luas wilayah padang lamun sebesar 3,63 Ha. *Thalassia hemprichii* memiliki nilai stok karbon tertinggi, sedangkan *Halodule uninervis* memiliki nilai biomassa terendah. Nilai stok karbon bagian bawah substrat lebih tinggi dari bagian atas substrat pada semua spesies yang ditemukan.

**Kata kunci :** Fotosintesis, sekuestrasi, seagrasswatch, substrat,

## PENDAHULUAN

Perubahan iklim telah melanda semua negara di belahan dunia, bahkan dampak negatifnya mulai dirasakan oleh umat manusia. Gejala utama dari perubahan iklim adalah

meningkatnya suhu yang terjadi pada dekade terakhir ini (Dmuchowski *et al.*, 2022). Perubahan iklim telah menjadi permasalahan sekaligus tantangan manusia saat ini. Sebagian besar negara telah mencapai kesepakatan untuk mengurangi emisi karbon yang merupakan tantangan terbesar sekarang (Project Team on the Strategy and Pathway for Peaking Carbon Emissions and Carbon Neutrality, 2021). Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) adalah gas utama dalam emisi gas rumah kaca (GRK) yang disebabkan oleh peningkatan aktivitas manusia. Oleh sebab itu, karbon dioksida merupakan parameter utama yang mempengaruhi perubahan iklim dan dianggap ancaman terhadap lingkungan (Letcher, 2021). Menurut data dari IPCC (2014), gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menempati jumlah lebih dari 75% jika dilihat dari keseluruhan emisi gas rumah kaca. Tingginya gas karbon dioksida dapat menyebabkan pemanasan global. Pemanasan global dapat menyebabkan pengasaman laut yang ditandai dengan turunnya nilai pH dan kemudian dapat merusak penyangga bikarbonat yang ada di laut (Birchenough *et al.*, 2015; Khan *et al.*, 2020). Gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang ada di atmosfer dapat dikurangi dengan memanfaatkan kekuatan daerah pesisir sebagai penyerap gas karbon secara alami yaitu melalui fitoplankton serta tumbuhan air seperti lamun (Indriani *et al.*, 2017).

Lamun adalah salah satu ekosistem penting yang ada di daerah pesisir. Ekosistem lamun berperan penting dalam perlindungan habitat biota laut seperti penyu serta duyung. Ekosistem lamun juga memberikan manfaat atau jasa lingkungan bagi manusia, seperti melindungi pesisir dari bencana alam, tempat pemijahan macam-macam ikan yang memiliki nilai ekonomis, tempat wisata, serta kemampuan menyerap karbon (*carbon sink*) (Rustam *et al.*, 2019). Lamun dapat mereduksi CO<sub>2</sub> saat melakukan fotosintesis dengan memanfaatkan karbon inorganik yang terlarut di kolom air (*dissolved inorganic carbon/DIC*) (Nordlund *et al.*, 2016). Oleh karena itu, lamun memiliki kemampuan untuk menyerap dan memindahkan karbon dalam jumlah yang banyak dari atmosfer pada setiap harinya. Selain itu, lamun dapat mengendapkan karbon ke dalam jaringan maupun sedimen untuk waktu yang cukup lama sehingga adanya lamun di muka bumi sangat diperlukan untuk jasa dalam penyerapan karbon. Ekosistem lamun sendiri memiliki kemampuan menyimpan 83.000 metrik ton karbon setiap kilometer persegi, kemampuan ini lebih tinggi dari kemampuan vegetasi darat dalam menyerap karbon yaitu hanya sebesar 30.000 metrik ton karbon setiap kilometer persegi (Fourqurean *et al.*, 2012).

Pulau Pamegaran, Taman Nasional Kepulauan Seribu mempunyai keanekaragaman lamun tinggi dengan kondisi masih sehat. Sehingga diduga mampu untuk menyerap karbon dari aktivitas manusia di sekitarnya karena mempunyai stok karbon banyak. Penelitian ini akan mengungkap biomassa serta stok karbon pada ekosistem padang lamun. Penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi potensi lamun di Pulau Pamegaran sehingga dapat dilakukan upaya pengelolaan padang lamun yang lebih efektif dan berkelanjutan.

## MATERI DAN METODE

Pengambilan data dilakukan pada bulan Desember 2021 hingga Januari 2022 di Pulau Pamegaran, Taman Nasional Kepulauan Seribu. Lokasi pengambilan data dibagi menjadi 4 stasiun. Pada setiap stasiun dilakukan 3 kali transek atau terbagi dalam 3 substasiun. Panjang transek pada tiap substasiun adalah 50 m dengan pemasangan transek tegak lurus garis pantai. Jarak horizontal pada masing-masing substasiun adalah 25 m. Kegiatan di lapangan meliputi pengambilan data kerapatan dan persentaseutupan lamun serta pengambilan sampel lamun. Metode pengukuran biomassa dan stok karbon menggunakan metode Kurmies / metode SNI 13-4720-1998. Identifikasi spesies lamun menggunakan buku COREMAP-CTI (LIPI, 2014). Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

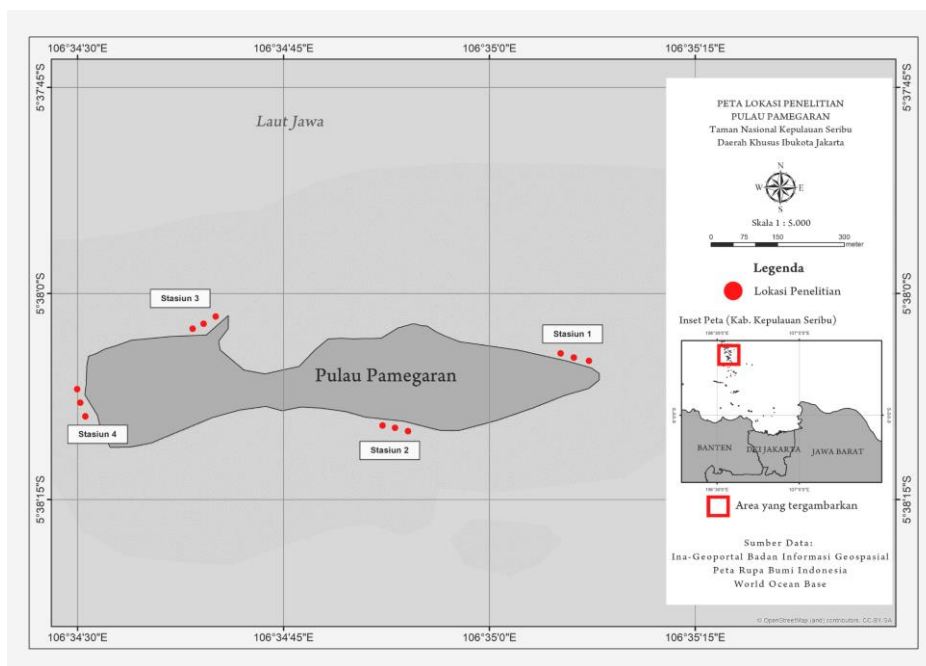
Data yang didapatkan dari lapangan berupa kerapatan lamun, persentase penutupan lamun, sedangkan dari laboratorium didapatkan data berupa nilai biomassa dan nilai stok karbon lamun. Tahap selanjutnya adalah perhitungan kerapatan lamun, penutupan lamun, biomassa, dan stok karbon lamun.

Kerapatan lamun adalah total jumlah tunas atau tegakan per satuan lokasi pengamatan (Riniatsih, 2015). Perhitungan kerapatan lamun mengacu pada Rumus yang digunakan (Khouw, 2009). Persentase penutupan lamun merupakan gambaran luas penguasaan area di suatu perairan dangkal (Ansal *et al.*, 2017). Kategori penutupan lamun yang digunakan adalah COREMAP-CTI LIPI (2014) (Tabel 1).

Parameter kualitas air yang diamati secara *insitu* dalam penelitian ini, meliputi oksigen terlarut (DO), suhu perairan, salinitas, dan pH perairan. Pengukuran kualitas air dilakukan di semua stasiun pengamatan menggunakan alat-alat pengukur kualitas air yang disediakan di SPTN Wilayah II, Pulau Harapan, Balai Taman Nasional Kepulauan Seribu. Kualitas air yang diukur dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk lamun yaitu menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004. Nilai biomassa lamun dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Harimbi *et al.*, 2019). Nilai kandungan karbon lamun dihitung menggunakan metode Kurmies / metode SNI 13-4720-1998. Perhitungan stok karbon menggunakan persamaan menurut Rustam *et al.* (2019).

**Analisis data**

Olah data perbandingan statistik nilai biomassa lamun dan stok karbon lamun menggunakan software yang bernama IBM SPSS Statistics Version 26. Uji yang digunakan dalam software ini menggunakan Uji T. Uji T digunakan karena data yang didapatkan dari penelitian ini jumlahnya kurang dari 30.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian di Pulau Pamegaran

**Tabel 1.** Kategori Penutupan Lamun

Persentase Tutupan	Kategori
0-25%	Jarang
26-50%	Sedang
51-75%	Padat
76-100%	Sangat Padat

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan dari kerapatan lamun per spesies di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 2. Pada stasiun 1, nilai kerapatan lamun terendah pada spesies *Halophila ovalis* dengan nilai 27,11 individu/m<sup>2</sup>, sedangkan kerapatan lamun tertinggi pada *Cymodocea rotundata* dengan nilai 180,44 individu/m<sup>2</sup>. Stasiun 2 didapatkan nilai kerapatan lamun terendah pada *Halophila ovalis* dengan nilai 18,22 individu/m<sup>2</sup>, sedangkan nilai kerapatan lamun tertinggi terdapat pada *C. rotundata* dengan nilai 357,33 individu/m<sup>2</sup>.

Nilai kerapatan lamun di stasiun 3 yang terendah adalah *H. ovalis* dengan nilai 29,33 individu/m<sup>2</sup>, sedangkan yang tertinggi adalah *C. rotundata* dengan nilai 187,11 individu/m<sup>2</sup>. Stasiun 4, nilai kerapatan lamun terendah adalah *Halodule uninervis* dengan nilai 34,67 individu/m<sup>2</sup>, sedangkan yang tertinggi adalah *C. rotundata* dengan nilai 176,00 individu/m<sup>2</sup>. Secara keseluruhan, kerapatan terendah terdapat pada spesies *H. ovalis* di stasiun 2 dengan nilai sebesar 18,22 individu/m<sup>2</sup>, sedangkan kerapatan tertinggi terdapat pada spesies *C. rotundata* di stasiun 2 dengan nilai sebesar 357,33 individu/m<sup>2</sup>.

Kerapatan lamun tertinggi terdapat pada *C. rotundata* dengan total nilai kerapatan lamun sebesar 900,89 individu/m<sup>2</sup>. *C. rotundata* memiliki nilai kerapatan lamun tertinggi dibandingkan spesies lain karena tipe substrat dari keempat stasiun yang terdiri dari lumpur dan pasir dengan pecahan karang cocok dengan *C. rotundata*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Surabi et al (2018) bahwa *C. rotundata* dapat hidup di perairan dangkal dengan substrat pecahan karang, lumpur, lumpur berpasir, pasir, dan pecahan karang. *C. rotundata* juga memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap perairan terbuka atau tidak terlalu terendam air sehingga dapat tumbuh melimpah (Zulfadillah et al., 2021). Kerapatan lamun tertinggi kedua terdapat pada *Thalassia hemprichii* dengan total nilai kerapatan lamun sebesar 400,89 individu/m<sup>2</sup>. *T. hemprichii* memiliki nilai kerapatan yang cukup tinggi karena spesies ini mempunyai kemampuan hidup di bermacam tipe substrat, seperti pecahan karang, pasir, ataupun campuran pasir dengan lumpur (Patty dan Rifai, 2013). Kemampuan lain yang dimiliki *T. hemprichii* sehingga spesies ini memiliki kerapatan yang cukup tinggi adalah kemampuan bertahan hidup dari gelombang karena spesies ini mempunyai daun tebal serta lebar dan juga mempunyai rizhome yang cukup kuat untuk menahan terjangan gelombang (Setyawati et al., 2014).

Spesies *H. ovalis* dan *H. uninervis* memiliki nilai kerapatan lamun yang lebih rendah dibandingkan dengan *C. rotundata* dan *T. hemprichii*. Total nilai kerapatan lamun dari *H. ovalis* dan *H. uninervis* sebesar 243,11 individu/m<sup>2</sup> dan 72 individu/m<sup>2</sup>. *H. ovalis* adalah spesies yang mampu hidup di perairan minim sinar matahari serta hidup pada substrat halus maupun pecahan karang (Isabella, 2011). *H. ovalis* memiliki kerapatan lamun yang cukup rendah disebabkan kondisi arus di stasiun-stasiun pengamatan yaitu berarus sedang. *H. ovalis* disebutkan rentan terhadap kecepatan arus yang besar (Setyawati et al., 2014). Selain itu morfologi *H. uninervis* yang berukuran kecil menyebabkannya rentan terbawa arus kuat (Iswari et al., 2017).

Rata-rata persentase penutupan lamun pada stasiun 1 sampai stasiun 4 disajikan di Tabel 2. Rata-rata persentase penutupan lamun terendah terdapat pada stasiun 4 yaitu sebesar 28,47. Rata-rata persentase penutupan lamun tertinggi terdapat pada stasiun 2 yaitu sebesar 32,64. Persentase penutupan lamun menurut COREMAP-CTI LIPI (2014) dibagi menjadi 3 kategori, yaitu kategori jarang dengan persentase penutupan 0-25%, kategori sedang dengan persentase penutupan 26-50%, kategori padat dengan persentase 51-75%, dan kategori sangat padat dengan persentase 76-100%. Nilai persentase penutupan lamun di Pulau Pamegaran disajikan pada Tabel 3.

Kondisi penutupan lamun pada stasiun 1 hingga 4 termasuk dalam kategori sedang dengan nilai berkisar 28,47-32,64%. Persentase penutupan lamun dipengaruhi nilai kerapatan serta morfologi dari lamun utamanya lebar daun lamun. Lebar daun lamun dapat memengaruhi

tutupan substrat, yaitu semakin lebar daun lamun maka semakin besar juga daerah bersubstrat yang tertutupi oleh lamun (Fahrudin *et al.*, 2017). Stasiun dengan persentase penutupan lamun tertinggi adalah stasiun 2 dengan nilai sebesar 32,64% dan termasuk kategori sedang. Stasiun 2 memiliki persentase penutupan lamun tertinggi karena pada stasiun ini ditemukan spesies *C. rotundata* paling banyak dibandingkan dengan ketiga stasiun lain, dimana *C. rotundata* ini memiliki kerapatan 357,33 individu/m<sup>2</sup> dan jumlah tegakan 804 individu. Begitu juga dengan stasiun yang memiliki nilai persentase lamun tertinggi kedua karena di stasiun ini ditemukan spesies *Thalassia hemprichii* paling banyak dengan nilai kerapatan sebesar 131,56 individu/m<sup>2</sup> dan jumlah tegakan 296 individu. Tingginya nilai kerapatan ini menyebabkan helaian daun dari *C. rotundata* dan *T. hemprichii* dapat menutupi sebagian besar area substrat karena *C. rotundata* dan *T. hemprichii* memiliki helaian daun yang cukup lebar dan panjang (Lanyon 1986 *cit.* Putra, 2019). Panjang daun juga dapat mempengaruhi tingginya persentase penutupan lamun, semakin panjang helaian daun lamun maka semakin tinggi kemampuan lamun menutupi area substrat (Tenribali, 2015). Hal lain yang menyebabkan stasiun 2 dan 1 memiliki persentase penutupan lamun tertinggi adalah suhu air dan pH yang sesuai dengan baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 yaitu sebesar 30°C dan 29°C serta sebesar 7,95 dan 7,97 (Tabel 3).

Stasiun 4 memiliki persentase penutupan lamun terendah karena pada stasiun ini hanya ditemukan spesies *C. rotundata* dan *T. hemprichii* dalam jumlah yang kecil, walaupun dalam stasiun ini juga ditemukan *H. ovalis* dengan jumlah yang paling tinggi dibandingkan dari ketiga stasiun yang lain. Hal lain yang menyebabkan stasiun 3 dan 4 memiliki persentase penutupan lamun rendah adalah suhu air yang tidak sesuai dengan baku mutu, yaitu suhu air sebesar 30,5°C dan 31°C, walaupun dari parameter pH sesuai dengan baku mutu yaitu sebesar 7,87 dan 7,79 (Tabel 4). Hasil pengukuran parameter kualitas air dari keempat stasiun di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 4.

*C. rotundata* mempunyai nilai keseluruhan biomassa lamun tertinggi yaitu sebesar 1442,16 g BK/m<sup>2</sup>. Nilai keseluruhan biomassa lamun yang menempati urutan kedua adalah *T. hemprichii* dengan nilai sebesar 958,09 g BK/m<sup>2</sup>, kemudian urutan setelahnya ada spesies *H. ovalis* dengan nilai keseluruhan biomassa sebesar 66,41 g BK/m<sup>2</sup>. Adapun spesies *H. uninervis* memiliki nilai keseluruhan biomassa lamun terendah dari ketiga spesies lain yaitu sebesar 9,34 g BK/m<sup>2</sup>. Nilai biomassa pada suatu spesies lamun dapat dipengaruhi oleh besarnya morfologi (daun, akar, rhizome) dari lamun tersebut (Mardiyanti *et al.*, 2013). Spesies *T. hemprichii* mempunyai ukuran morfologi paling besar jika dibandingkan dengan ketiga spesies lain yang ditemukan, tetapi *T. hemprichii* tidak memiliki nilai biomassa tertinggi karena spesies *C. rotundata* memiliki nilai kerapatan tertinggi di semua stasiun pengamatan. Hal ini disebabkan kerapatan juga mempengaruhi tingginya nilai biomassa. Menurut Latuconsina *et al.* (2014) kerapatan dan morfologi lamun memengaruhi tingginya nilai biomassa lamun. Semakin banyak rimpang serta akar yang menembus substrat, maka akan menghasilkan ruang pori di substrat yang dapat membantu penyerapan nutrisi pada rimpang dan substrat sehingga nilai biomassa suatu spesies lamun juga akan tinggi (Al-Brader *et al.*, 2014). Spesies *H. ovalis* dan *H. uninervis* memiliki nilai keseluruhan biomassa lamun terendah di lokasi penelitian dikarenakan adanya persaingan makanan. Menurut Nordlund *et al.* (2016), persaingan ini menyebabkan penurunan biomasanya.

**Tabel 2.** Kerapatan Individu Spesies Lamun

Stasiun	Kerapatan Lamun (individu/m <sup>2</sup> )			
	<i>Cymodocea rotundata</i>	<i>Thalassia hemprichii</i>	<i>Halophila ovalis</i>	<i>Halodule uninervis</i>
1	180,44	131,56	27,11	0,00
2	357,33	51,11	18,22	0,00
3	187,11	119,11	29,33	37,33
4	176,00	99,11	168,44	34,67

Nilai biomassa lamun bagian bawah dan atas dibedakan karena biomassa lamun bagian bawah relatif tidak terganggu dari perubahan lingkungan serta biota laut, sementara itu biomassa lamun bagian atas adalah makanan bagi sebagian biota laut jadi memang nilai biomassa lamun bagian bawah dan atas itu berbeda (Budiarto *et al.*, 2021). Nilai biomassa lamun bagian atas dan bawah di Pulau Pamegaran disajikan pada Gambar 2.

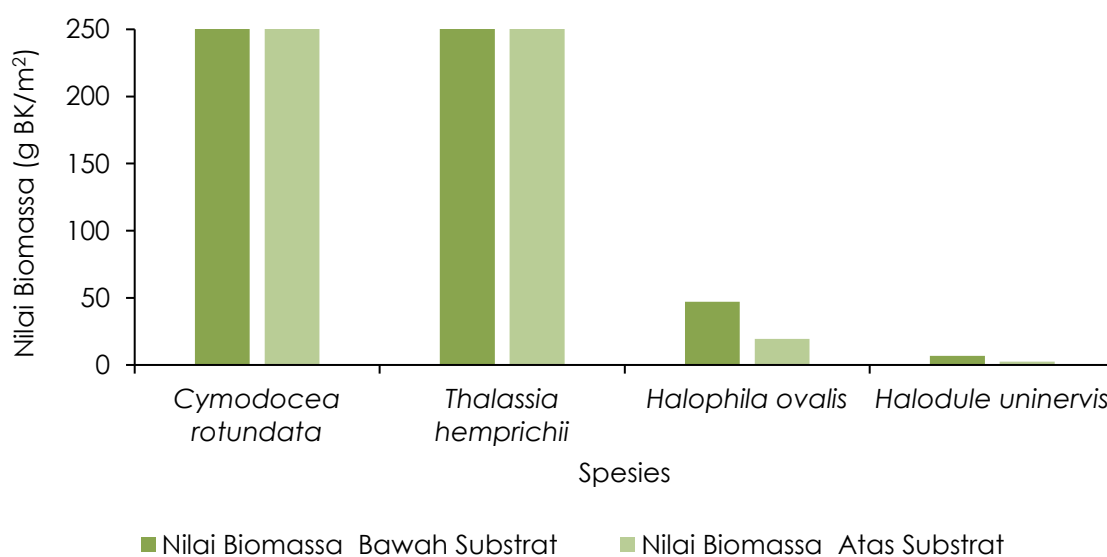
Nilai biomassa lamun pada bagian bawah substrat lebih tinggi dibandingkan dengan bagian atas substrat yaitu nilai biomassa bagian bawah substrat berkisar 6,83-783,89 g BK/m<sup>2</sup> dan nilai biomassa bagian atas substrat berkisar 2,51-658,27 g BK/m<sup>2</sup>. Namun demikian, setelah diuji T nilai biomassa bagian atas dan bawah menunjukkan hasil tidak beda nyata. Menurut Tanaya *et al.* (2018), bagian terbesar dari biomassa lamun berada di bawah permukaan tanah atau pada bawah substrat sehingga bawah tanah dapat menyimpan karbon dalam jumlah besar. Menurut Hartati *et al.* (2017), persentase biomassa lamun pada bagian bawah substrat sebesar 53% dan pada bagian atas substrat sebesar 47% karena biomassa pada bagian bawah substrat merupakan jumlah dari akar serta *rhizome*. Nilai biomassa lamun pada bagian bawah substrat

**Tabel 3.** Persentase Tutupan Lamun

Stasiun	Persentase Penutupan Lamun (%)	Kategori (COREMAP-CTI LIPI, 2014)
1	31,94	Sedang
2	32,64	Sedang
3	29,17	Sedang
4	28,47	Sedang

**Tabel 4.** Parameter Kualitas Air di Pulau Pamegaran

Parameter	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4
Suhu air (°C)	29 ± 1,00	30 ± 0,44	30,5 ± 0,50	31 ± 0,50
Salinitas (ppt)	25 ± 0,70	28 ± 2,65	27,3 ± 2,75	27 ± 2,00
Oksigen Terlarut (mg/l)	4,1 ± 0,62	4,6 ± 0,36	3,7 ± 0,20	3,6 ± 0,10
Derajat Keasaman (pH)	7,97 ± 0,34	7,95 ± 0,27	7,87 ± 0,02	7,79 ± 0,28

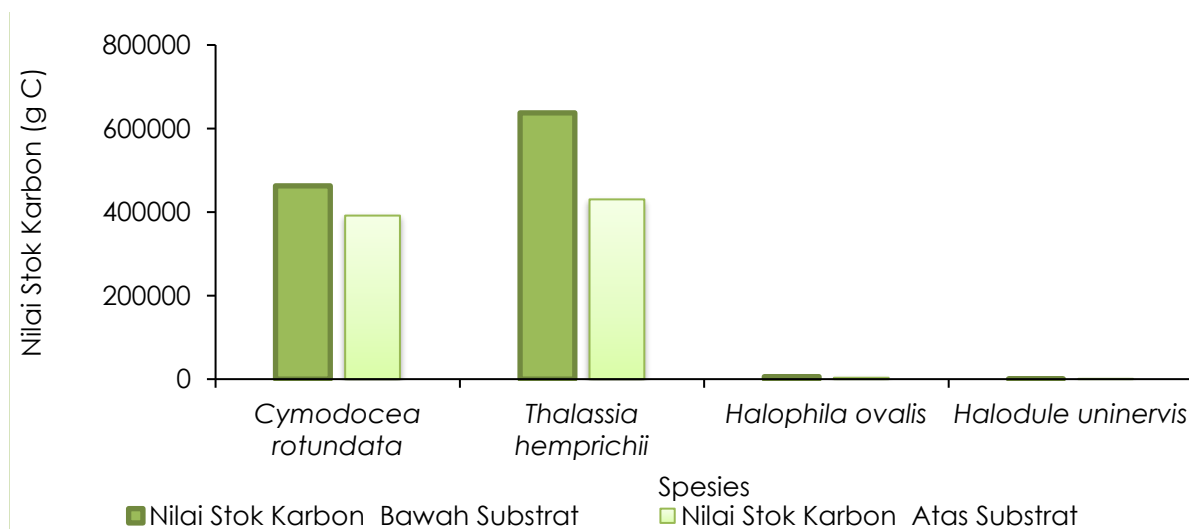


**Gambar 2.** Nilai Biomassa Lamun di Pulau Pamegaran

lebih besar dibandingkan pada bagian atas substrat karena *rhizome* mengandung karbohidrat serta zat hara yang dihasilkan pada proses fotosintesis dan tersimpan pada bagian bawah substrat yang menyebabkan biomassa pada bagian bawah substrat lebih tinggi (Hemminga dan Duarte 2000). Hasil perhitungan dari nilai stok karbon lamun di Pulau Pamegaran disajikan pada diagram batang di Gambar 3. Nilai stok karbon substrat bagian bawah lebih tinggi daripada substrat bagian atas.

Nilai terendah stok karbon lamun bagian bawah terdapat pada spesies *H. uninervis* dengan nilai sebesar  $252,49 \pm 108,55$  g C, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada spesies *T. hemprichii* dengan nilai sebesar  $637.787,58 \pm 168.523,74$  g C. Nilai terendah stok karbon lamun bagian atas ditemukan pada spesies *H. uninervis* dengan nilai sebesar  $96,80 \pm 35,66$  g C, sedangkan nilai yang tertinggi ditemukan pada spesies *Thalassia hemprichii* dengan nilai sebesar  $391.573,83 \pm 31.418,23$  g C. Nilai stok karbon lamun menunjukkan bahwa *T. hemprichii* memiliki nilai keseluruhan stok karbon lamun tertinggi sebesar  $1.068.126,50 \pm 146.688,35$  g C. Adapun nilai keseluruhan stok karbon lamun terendah dari keempat spesies adalah *H. uninervis* dengan nilai sebesar  $349,29 \pm 110,09$  g C. Nilai stok karbon lamun dipengaruhi oleh kerapatan dan biomassa lamun (Gunawan *et al.*, 2019). Spesies *C. rotundata* memiliki nilai kerapatan dan biomassa lamun paling tinggi dari ketiga spesies lamun lain yang ditemukan, tetapi *C. rotundata* tidak memiliki nilai stok karbon lamun tertinggi. Spesies *T. hemprichii* memiliki nilai stok karbon tertinggi meskipun nilai kerapatan dan biomassa lamun bukan yang tertinggi. Hal ini disebabkan *T. hemprichii* memiliki morfologi yang lebih besar daripada *C. rotundata*, *H. ovalis* dan *H. uninervis*. *H. ovalis* dan *H. uninervis* memiliki nilai stok karbon yang rendah karena ukuran morfologi dari dua spesies ini lebih kecil jika dibandingkan dengan *C. rotundata* dan *T. hemprichii*. Menurut Gunawan *et al.* (2019), ukuran daun, batang serta akar memengaruhi tingginya nilai stok karbon lamun.

Nilai stok karbon lamun menunjukkan bahwa nilai stok karbon lamun bagian bawah lebih tinggi dibandingkan nilai stok karbon lamun bagian atas. Meskipun demikian, nilai biomassa karbon bagian atas dan bawah tidak berbeda nyata. Menurut Graha *et al.* (2016) stok karbon pada bagian bawah substrat memiliki komposisi sebesar 60%, sedangkan stok karbon pada bagian atas substrat memiliki komposisi sebesar 40%. Nilai stok karbon pada bagian bawah substrat dipengaruhi besarnya akar serta *rhizome* pada lamun, adapun nilai stok karbon pada bagian atas substrat dipengaruhi besarnya daun lamun (Duarte dan Chiscano 1999). Nilai stok karbon juga dapat dipengaruhi oleh kualitas perairan di lokasi penelitian. Beberapa kualitas air yang diamati dalam penelitian ini seperti salinitas dan oksigen terlarut tidak sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004, hal ini dapat mempengaruhi kemampuan lamun untuk menyerap karbon yang ada sehingga nilai stok karbon rendah rendah.



**Gambar 3.** Nilai Stok Karbon Lamun di Pulau Pamegaran

Nilai biomassa lamun dengan nilai stok karbon lamun jika dibandingkan memang seharusnya memiliki nilai yang berbanding lurus, artinya jika nilai biomassa lamun pada suatu spesies memiliki nilai yang tinggi maka nilai stok karbon lamun pada suatu spesies tersebut juga memiliki nilai yang tinggi juga. Hal ini dapat terjadi karena nilai biomassa lamun dan stok karbon lamun dipengaruhi faktor yang sama, seperti nilai kerapatan dan ukuran morfologi dari suatu spesies lamun (Latuconsina, 2014). Akan tetapi, pada penelitian ini pada spesies *Cymodocea rotundata* dan *Thalassia hemprichii* memiliki nilai biomassa dan stok karbon yang tidak berbanding lurus. Nilai biomassa tertinggi terdapat pada spesies *Cymodocea rotundata*, sedangkan nilai stok karbon tertinggi pada spesies *Thalassia hemprichii*. *Cymodocea rotundata* memiliki nilai biomassa tertinggi dikarenakan memiliki nilai kerapatan yang paling tinggi jika dibandingkan spesies lain yang ditemukan pada lokasi penelitian. Disisi lain pada nilai stok karbon, spesies yang tertinggi terdapat pada *Thalassia hemprichii* walaupun memang nilai kerapatan dari spesies ini tidak tertinggi tetapi memiliki ukuran morfologi yang paling besar dibandingkan spesies lain yang ditemukan. Menurut Gunawan *et al.* (2019), ukuran daun, batang serta akar mempengaruhi tingginya nilai stok karbon.

Nilai stok karbon lamun dengan luas wilayah padang lamun di Pulau Pamegaran 3,63 Ha sebesar  $1.932.151,36 \pm 265.280,90$  g C atau setara dengan  $1,932 \pm 2,652$  t C. Menurut penelitian Gunawan *et al.* (2019) yang dilakukan di Pulau Semak Daun, Kepulauan Seribu, Jakarta nilai total stok karbon lamun pada keseluruhan luas wilayah sebesar 1,843 t C dengan luas wilayah padang lamun Pulau Semak Daun sebesar 9,1 Ha. Hasil dari kedua pulau tersebut dapat dilihat bahwa nilai stok karbon lamun di Pulau Pamegaran lebih besar ( $0,089$  t C) meskipun memiliki luas wilayah padang lamun yang lebih kecil (5,47 Ha) daripada di Pulau Semak Daun. Tingginya nilai stok karbon lamun di Pulau Pamegaran dibandingkan dengan Pulau Semak Daun kemungkinan disebabkan karena perbedaan nilai kerapatan, biomassa serta kegiatan antropogenik yang ada di sekitar padang lamun. Aktivitas manusia yang ada di Pulau Pamegaran lebih rendah dibandingkan di Pulau Semak Daun, hal ini menyebabkan stok karbon di Pulau Pamegaran lebih tinggi. Pulau Semak Daun memiliki banyak aktivitas manusia untuk kegiatan pariwisata seperti *snorkeling*, *camping*, dan aktivitas pariwisata lain. Aktivitas pariwisata menyebabkan turunya potensi padang lamun untuk menyerap karbon. Aktivitas pariwisata menyebabkan padang lamun terinjak sehingga kerapatan lamun dan kualitas air menurun (Travaille *et al.*, 2015).

Penelitian oleh Graha *et al.* (2016) di Pantai Sanur, Denpasar, Bali didapatkan nilai total stok karbon lamun pada keseluruhan wilayah sebesar  $66,60$  t C dengan luas wilayah padang lamun sebesar 322 Ha. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai stok karbon di Pantai Sanur lebih besar dibandingkan dengan nilai stok karbon di Pulau Pamegaran. Rendahnya nilai stok karbon di Pulau Pamegaran kemungkinan disebabkan oleh luas wilayah padang lamun, nilai kerapatan serta spesies lamun yang tumbuh lebih rendah dibandingkan dengan yang ada di Pantai Sanur. Sedangkan di Pulau Bengkoang, Taman Nasional Karimunjawa didapatkan nilai stok karbon  $3.634,88$  g C atau setara dengan  $0,003634$  t C (Dewi *et al.* 2021). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai stok karbon lamun di Pulau Pamegaran lebih rendah dibandingkan dengan nilai stok karbon di Pulau Bengkoang. Tingginya nilai stok karbon di Pulau Pamegaran disebabkan oleh nilai kerapatan lamun dan nilai biomassa lamun yang lebih tinggi dari nilai kerapatan lamun di Pulau Bengkoang serta spesies lamun yang ditemukan di Pulau Pamegaran lebih banyak dibandingkan di Pulau Bengkoang.

## KESIMPULAN

Spesies *Cymodocea rotundata* memiliki nilai biomassa yang tertinggi, sedangkan spesies *Halodule uninervis* memiliki nilai biomassa terendah. Nilai biomassa dan stok karbon lamun bagian bawah substrat lebih tinggi dari bagian atas substrat pada semua spesies yang ditemukan hal ini karena *rhizome* mengandung karbohidrat serta zat hara yang dihasilkan pada proses fotosintesis dan tersimpan pada bagian bawah substrat. Nilai total stok karbon lamun pada keseluruhan luas



wilayah sebesar  $1.932.151,36 \pm 265.280,90$  g C atau  $1,932 \pm 2,652$  t C dengan luas wilayah padang lamun sebesar 3,63 Ha. Spesies *Thalassia hemprichii* memiliki nilai stok karbon tertinggi, sedangkan spesies *Halodule uninervis* memiliki nilai biomassa terendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Bader, D.A., Shuail, D.A., Al-Hasan, R. & Suleman, P. (2014). Intertidal Seagrass *Halodule uninervis* : Factor Controlling its Density, Biomass and Shoot Length. *Kuwait Journal Science*, 41,171-192.
- Ansal, M.H., Priosambodo, D., Litaay, M., & Salam, M.A. (2017). Struktur Komunitas Padang Lamun di Perairan Kepulauan Waisai Kabupaten Raja Ampat Papua Barat. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 8(15), 29-37.
- Birchenough, S.N.R., Reiss, H., Degraer, S., Mieszowska, N., & Borja, A. (2015). Climate change and marine benthos: a review of existing research and future directions in the North Atlantic. *Wiley Interdiscip. WIREs Climate Change*, 6(1), 203–223. doi: 10.1002/wcc.330.
- Budiarto, M.A.R.R., Iskandar, J. & Pribadi, T.D.K. (2021). Cadangan Karbon pada Ekosistem Padang Lamun di Siantan Tengah Taman Wisata Perairan Kepulauan Anambas. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(1), 45-54. doi: 10.14710/jkt.v24i1.9348 .
- Dewi, S.K., Setyani, W.A. & Riniatsih, I. (2021). Stok Karbon pada Ekosistem Lamun di Pulau Kemujan dan Pulau Bengkoang Taman Nasional Karimunjawa. *Journal of Marine Research*, 10(1), 39-47. doi: 10.14710/jmr.v10i1.28273.
- Dmuchowski, W., Dabrowska, A.H.B. & Gworek, B. (2022). Agronomy in The Temperate Zone and Threats or Mitigation from Climate Change: A Review. *Catena*, 212, 1-16. doi: 10.1016/j.catena.2022.106089.
- Duarte, C.M. & Chiscano, C.L. (1999). Seagrass Biomass and Production: a Reassessment. *Aquatic Botany*, 65, 159-174. doi: 10.1016/S0304-3770(99)00038-8.
- Fahrudin, M.F., Yulianda, & Setyobudiandi, I. (2017). Kerapatan dan penutupan ekosistem lamun di Pesisir Desa Bahoi, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1), 375- 383. doi: 10.29244/jitkt.v9i1.17952.
- Fifianingrum, K.P.N.D., Endrawati, H. & Riniatsih, I. (2020). Simpanan Karbon pada Ekosistem Lamun di Perairan Alang-Alang dan Perairan Pancuran Karimunjawa, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9(3), 289-295. doi: 10.14710/jmr.v9i3.27558.
- Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marba, N., Holmer, M., Mateo, M.A., Apostolaki, E., Kendrick, G.A., Krause-Jensen, D., McGlathery, K.J., & Serrano, O. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock, *Nature Geoscience*, 5, 505–509. doi: 10.1038/ngeo1477.
- Graha, Y.I., Arthana, I.W., & Karang, I.W.G.A. (2016). Simpanan Karbon Padang Lamun di Kawasan Pantai Sanur, Kota Denpasar. *Ecotrophic*, 10(1), 46-53. doi: 10.24843/EJES.2016.v10.i01.p08.
- Gunawan, J.V., Parengkuan, M., Wahyudi, A.J., & Zulpikar, F. (2019). Estimasi Stok Karbon pada Biomassa Lamun di Pulau Semak Daun, Kepulauan Seribu. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi*, 4(2), 89-99. doi: 10.14203/oldi.2019.v4i2.229.
- Harimbi, K.A., Taufiq-Spj, N. & Riniatsih, I. (2019). Potensi penyimpanan karbon pada lamun spesies *Enhalus acoroides* dan *Cymodocea serrulata* di Perairan Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 8(2), 109-115. doi: 10.14710/buloma.v8i2.23657.
- Hartati, R., Praktikto, I. & Pratiwi, T.N. (2017). Biomassa dan Estimasi Simpanan Karbon pada Ekosistem Padang Lamun di Pulau Menjangan Kecil dan Pulau Sintok, Kepulauan Karimunjawa. *Buletin Oseanografi Marina*, 6(1), 74-81. doi: 10.14710/buloma.v6i1.15746.
- Hemminga, M.A. & Duarte, C.M. (2000). *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Indriani, Wahyudi, A.J., & Yona, D. (2017). Cadangan karbon di area padang lamun pesisir Pulau Bintan, Kepulauan Riau. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 2(3), 1-11. doi: 10.14203/oldi.2017.v2i3.99.
- IPCC, (2014). *Climate Change 2014 : Synthesis Report*, Geneva, Switzerland.
- Isabella, D.C.V. (2011). Analisis Keberadaan Perifiton dalam Kaitannya dengan Parameter Fisika-Kimia dan Karakteristik Padang Lamun di Pulau Pari, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Tesis.
- Iswari, M.Y., Hernawan, U.E., Sjafrie, N.D.M., Supriyadi, I.H., Suyarso, Anggraini, K. & Rahmat. (2017). *Album Peta Lamun, Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI*.

- Kementerian Lingkungan Hidup. (2004). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51, 2004, Tentang Baku Mutu Air Laut.
- Khan, F.L., Hu, M., Kong, H., Shang, Y., Wang, T., Wang, X., Xu, R., Lu, W., & Wang, Y. (2020). Ocean acidification, hypoxia and warming impair digestive parameters of marine mussels. *Chemosphere*, 256, p.127096. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.127096.
- Khouw, A.S. (2009). Metode dan Analisa Kuantitatif dalam Bioekologi Laut, Pusat Pembelajaran dan Pengembangan Pesisir dan Laut, Jakarta.
- Lanyon, J., (1986). Seagrass of the Great Barrier Reef, Queensland: Nadicprint Services Pty, Ltd.
- Latuconsina, H., Sangadji, M.B. & Sarfan, L. (2014). Struktur Komunitas Ikan Padang Lamun di Perairan Wael Teluk Kontania. *Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan*, 6, 24-32, doi: 10.29239/j.agrikan.6.0.24-32.
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. (2014). Panduan Monitoring Padang Lamun, COREMAP-CTI LIPI, Jakarta.
- Letcher, T.M. (2021). Climate Change: Observed Impacts on Planet, Charlotte Cockle, United Kingdom.
- Mardiyanti, D.E., Wicaksono, K.P. & Baskara, M. (2013). Dinamika Keanekaragaman Spesies Tumbuhan Pasca Pertanaman Padi. *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(1), 24-35.
- Nordlund, L.M., Koch, E.W., Barbier, E.B., & Creed, J.C., (2016). Seagrass ecosystem services and their variability across genera and geographical regions. *PLoS One*, 12(1), e0169942 doi: 10.1371/journal.pone.0163091.
- Patty, S.I. & Rifai, H. (2013). Struktur Komunitas Padang Lamun di Perairan Pulau Mantehage, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(4), 177-186, doi: 10.35800/jip.1.4.2013.3699.
- Project Team on the Strategy and Pathway for Peaking Carbon Emissions and Carbon Neutrality, (2021). Analysis of a Peaked Carbon Emission Pathway in China toward Carbon Neutrality, *Journal Pre-proofs*, 21.5.
- Putra, I.N.G., (2019). Karakteristik Morfologi dan Status Padang Lamun di Indonesia, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Skripsi.
- Rahmawati, S., Irawan, A., Supriyadi, I.H. & Azkab, M.H. (2014). Panduan Monitoring Padang Lamun, LIPI, Bogor.
- Riniatsih, I. (2015). Distribusi Muatan Padatan Tersuspensi (MPT) di Padang Lamun di Perairan Teluk Awur dan Pantai Prawean Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(3), 121-126, doi: 10.14710/jkt.v18i3.523.
- Rustam, A., Adi, N.S., Daulat, A., Kiswara, W., Yusup, D.S., & Rappe, R.A. (2019). Pedoman Pengukuran Karbon di Ekosistem Padang Lamun, ITB Press, Bandung.
- Setyawati, Y., Subiyanto & Ruswahyuni. (2014). Hubungan antara Kelimpahan Epifauna Dasar dengan Tingkat Kerapatan Lamun Yang Berbeda di Pulau Panjang dan Teluk Awur Jepara. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(4), 235-242, doi: 10.14710/marj.v3i4.7104.
- Surabi, A., Kondoy, K.I., & Manu, G.D. (2018). Komunitas Lamun Di Perairan Kampung Ambong Kecamatan Likupang Timur, Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 6(1), 12-20, doi: 10.35800/jip.6.1.2018.17861.
- Tanaya, T., Watanabe, K., Yamamoto, S., Hongo, C., Kayane, H. & Kuwae, T. (2018). Contributions of the direct supply of belowground seagrass detritus and trapping of suspended organic matter to the sedimentary organic carbon stock in seagrass meadows. *Biogeosciences*, 15, 4033-4045, doi: 10.5194/bg-15-4033-2018.
- Tenribali, (2015). Sebaran dan Keragaman Makrozoobentos serta Keterkaitannya dengan Komunitas Lamun di Calon Kawasan Konservasi Perairan Daerah (KKPD) di Perairan Kabupaten Luwu Utara, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Skripsi.
- Travaille, K., Salinas-de-Leon, P., & Bell, J. (2015). Indication of Visitor Trampling Impacts on Intertidal Seagrass Beds in a New Zealand Marine Reserve. *Ocean & Coastal Management*, 114, 145-150, doi: 10.1016/j.ocecoaman.2015.06.002.
- Zulfadillah, D., Hernawati, D. & Chaidir, D.M. (2021). Community Structure of Seagrass Field in Litoral Zone of Leweuung Sancang Garut Nature Reserve. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(2), 526-533, doi: 10.29303/jbt.v21i2.2725.