

Simpanan Karbon pada Ekosistem Lamun di Perairan Alang – Alang dan Perairan Pancuran Karimunjawa, Jawa Tengah

Kiki Pebli Novita Dewi Fifianingrum*, Hadi Endrawati, Ita Riniatsih

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

*Corresponding author, e-mail : kikipebli21@gmail.com

ABSTRAK : Emisi gas CO₂ berkontribusi tinggi terhadap pemanasan global. Karbon merupakan unsur yang berasal dari pengikatan CO₂ oleh tumbuhan melalui fotosintesis. Hutan mengalami penurunan sehingga sektor laut perlu di berdayakan. Kemampuan lamun mengikat karbon dikenal sebagai *blue carbon*. Tujuan penelitian adalah mengetahui estimasi karbon ekosistem lamun di Perairan Alang – Alang dan Perairan Pancuran Pulau Karimunjawa, sehingga dapat mengurangi pemanasan global. Metode penelitian di lapangan yaitu metode *SeagrassWatch* dan di laboratorium yaitu Metode *Loss of Ignition* (LOI). Hasil spesies lamun di lokasi penelitian yaitu *Thalassia hemprichii*, *Enhalus acoroides*, *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, *Halodule ovalis*, dan *Halodule uninervis*. Kerapatan lamun pada Lokasi 1 berkisar 84,00 tdk/m² – 202,91 tdk/m² dan pada Lokasi 2 berkisar 105,09 tdk/m² – 285,09 tdk/m². Biomassa lamun terbesar pada Lokasi 1 yaitu *Enhalus acoroides* dengan nilai 1811,38 gbk/m² dan biomassa lamun terkecil *Cymodocea rotundata* dengan nilai 25,72 gbk/m². Biomassa lamun terbesar pada Lokasi 2 yaitu *Enhalus acoroides* dengan nilai 733,20 gbk/m² dan biomassa lamun terkecil *Halodule uninervis* dengan nilai 0,47 gbk/m². Karbon lamun terbesar pada Lokasi 1 yaitu *Enhalus acoroides* dengan nilai 35.538,12 gC/m², dan terkecil *Cymodocea rotundata* dengan nilai 473,24 gC/m². Karbon lamun terbesar pada Lokasi 2 yaitu *Thalassia hemprichii* dengan nilai 14.309,39 gC/m² dan terkecil *Halodule uninervis* dengan nilai 5,80 gC/m². Karbon sedimen pada Lokasi 1 berkisar 1,581 gC/m² – 1,871 gC/m² dan Lokasi 2 berkisar 0,841 gC/m² – 1,45 gC/m². Kandungan terbesar karbon terdapat pada bagian bawah substrat, karena bagian atas substrat karbon mudah hilang oleh faktor lingkungan (gelombang, arus, dan ulah manusia), sedangkan pada bawah substrat karbon terakumulasi baik.

Kata kunci : Karbon; Ekosistem; Lamun; sedimen

Carbon Deposit Estimation in Seagrass Ecosystem in Alang - Alang and Pancuran Waters Karimunjawa, Central Java

ABSTRACT: CO₂ contribute high to global warming. Carbon is an element derived from binding of CO₂ by plants through photosynthesis. Forests have declined so the marine sector (*blue carbon*) needs to be priority. The purpose this study was to determine the carbon seagrass ecosystem estimation in Alang - Alang and Pancuran Waters Karimunjawa Island, so can to reduce global warming. The research method in the field is *SeagrassWatch* method and in the laboratory is *Loss of Ignition* Method. The results species at location were *Thalassia hemprichii*, *Enhalus acoroides*, *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, *Halodule ovalis*, and *Halodule uninervis*. The density seagrass Location 1 is 84.00-202.91 tdk/m² and Location 2 is 105.09-285.09 tdk/m². The largest seagrass biomass at Location 1 is *Enhalus acoroides* with a value 1811.38 gbk/m² and the smallest seagrass biomass *Cymodocea rotundata* with a value 25.72 gbk/m². The largest seagrass biomass at Location 2 is *Enhalus acoroides* with a value 733.20 gbk/m² and the smallest seagrass biomass *Halodule uninervis* with a value 0.47 gbk/m². The biggest seagrass carbon at Location 1 is *Enhalus acoroides* with a value 35,538.12 gC/m², and the smallest *Cymodocea rotundata* with a value 473.24 gC/m². The biggest seagrass carbon at Location 2 is *Thalassia hemprichii* with a value 14,309.39 gC/m² and the smallest *Halodule uninervis* with a value 5.80 gC/m². Sediment carbon at Location 1 1.581-1.871 gC/m² and Location 2 0.841-1.45 gC/m². The

largest carbon content in bellow substrate, because on above substrate easily lost by environmental factors, while in the bellow substrate carbon accumulates well.

Keywords : Carbon; Seagrass; Ecosystem; sediment

PENDAHULUAN

Lapisan udara yang menyelimuti atmosfer bumi dari tahun ke tahun semakin panas. Sektor industri dan kendaraan berbahan bakar minyak menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca (Rahadiarta *et al.*, 2019). Emisi gas rumah kaca yang paling besar adalah CO₂. Gas CO₂ menjadi perhatian penting karena memiliki kontribusi yang paling tinggi terhadap kandungan gas rumah kaca, yaitu sebesar 55% dari emisi karbon yang dihasilkan oleh aktivitas manusia (Septiani *et al.*, 2018). Keberadaannya di atmosfer yang semakin meningkat dan minimnya pengikatan oleh tumbuhan hijau dapat menyebabkan pemanasan global.

Karbon (C) merupakan unsur yang berasal dari pengikatan CO₂ oleh tumbuhan dan di dalam biomassa tanaman melalui proses fotosintesis (Rahadiarta *et al.*, 2019). Fenomena ini menyebabkan perubahan iklim yang berdampak pada meningkatnya suhu ekstrim, banjir, topan, badai, kekeringan dan naiknya permukaan laut hingga makhluk hidup (manusia dan hewan) merasakan dampak negatif langsung dari pemanasan global (Nordlund *et al.*, 2016). Gas CO₂ dapat larut dalam air sehingga dapat di serap oleh tumbuhan air. Peningkatan emisi gas CO₂ harus di imbangi dengan peningkatan penyerapan oleh tanaman dengan cara fotosintesis.

Masyarakat pada umumnya hanya mengetahui bahwa hutan dan tanaman darat saja yang dapat berfotosintesis. Hutan telah mengalami penurunan dari tahun ke tahun karena pembakaran dan alih fungsi lahan. Secara geografis laut memiliki luas lebih besar dibandingkan daratan dengan perbandingan 70% : 30%, sehingga laut menjadi penting untuk dimanfaatkan karena terdapat plankton dan lamun yang dapat berfotosintesis. Padang lamun adalah vegetasi yang memiliki potensi besar dalam mengurangi dampak emisi di lingkungan (Nordlund *et al.*, 2016).

Laut memiliki peranan yang penting dalam siklus karbon, sekitar 93% CO₂ di bumi disimpan dalam lautan (Rahadiarta *et al.*, 2019). UNEP, FAO dan UNESCO pada tahun 2009 telah memperkenalkan konsep *blue carbon* yaitu menekankan pentingnya ekosistem laut dan pesisir sebagai pengendali iklim (Hartati *et al.*, 2017). Mangrove dan Lamun adalah tumbuhan laut yang memiliki kemampuan sama dengan tumbuhan darat dalam menyerap CO₂ dan menghasilkan O₂. Kemampuan lamun dalam melakukan fotosintesis memanfaatkan CO₂ dan menyimpannya dalam biomassa dikenal sebagai karbon biru (*blue carbon*) (Nordlund *et al.*, 2016). Lamun merupakan tumbuhan *Angiospermae*, memiliki kemampuan beradaptasi di perairan yang berfluktuasi salinitas tinggi, hidup terbenam dalam air dan memiliki rhizoma, daun, akar (Graha *et al.*, 2016).

Lamun terbagi atas dua bagian, yaitu lamun bagian atas (*above ground*) dan lamun bagian bawah (*below ground*). Lamun dalam melakukan fotosintesis memanfaatkan karbon inorganik yang terlarut di kolom air (*dissolved inorganic carbon/DIC*) sehingga lamun dapat mereduksi CO₂ (Nordlund *et al.*, 2016). Ekosistem padang lamun dapat menyimpan 83.000 metrik ton karbon dalam setiap kilometer persegi, lebih tinggi dibandingkan kemampuan hutan hujan tropis menyerap karbon yakni hanya sekitar 30.000 metrik ton/km². Potensi lamun sebagai karbon biru (*blue carbon*) terbesar pada bagian bawah lamun yang terdiri dari rhizome dan akar lamun (Septiyani *et al.*, 2018).

Penyimpanan karbon pada lamun terakumulasi banyak pada sedimen, karena rhizoma dan daun mengalami banyak gangguan lingkungan. Masyarakat pada umumnya belum mengetahui apa itu lamun, sehingga pemahaman tentang manfaat lamun dan pentingnya melestarikan lamun masih rendah. Pertumbuhan dan kepadatan lamun sangat dipengaruhi oleh pola pasang surut, turbiditas, salinitas dan temperatur perairan, sedangkan kegiatan manusia di wilayah pesisir seperti perikanan, pembangunan perumahan, pelabuhan dan rekreasi dapat mempengaruhi eksistensi lamun (Tangke, 2010). Ekosistem karbon biru pesisir merupakan salah satu ekosistem yang paling terancam di Bumi, dengan sekitar 340.000 hingga 980.000 hektar ekosistem ini dihancurkan setiap tahunnya. Diperkirakan sampai dengan 67% dan sedikitnya 35% dan 29% dari

seluruh cakupan global hutan bakau, rawa pasang surut, dan padang lamun, secara berurutan, telah hilang (Oreska *et al.*, 2017). Penelitian tentang potensi penyimpanan karbon pada lamun masih sedikit. Oleh karena itu penting dilakukan penelitian estimasi simpanan karbon pada lamun agar masyarakat dapat mengetahui lamun dan manfaatnya serta dapat melestarikan ekosistem lamun sehingga meminimalisir emisi gas CO₂ dan pemanasan global (Tangke, 2010).

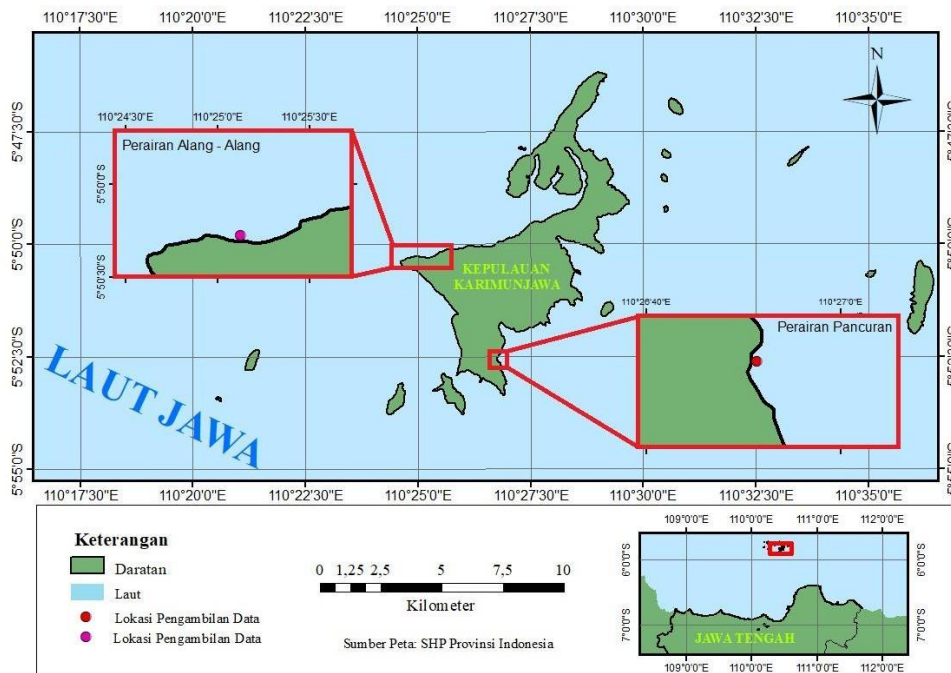
MATERI DAN METODE

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah kandungan karbon pada lamun dengan jenis yang berbeda dan sedimennya. Lamun diambil dengan pencabutan pada kedalaman penetrasi akar dan substrat diambil pada kedalaman akar lamun. Sampel lamun dan substrat di ambil dari Perairan Alang – Alang dan Perairan Pancuran Pulau Karimunjawa. Penelitian ini terbagi menjadi dua tahap, yaitu pengambilan data lapangan dan penelitian di laboratorium. Pengukuran kadar karbon yang terdapat di biomassa lamun beserta sedimennya di Laboratorium Ilmu Nutrisi Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, sedangkan analisis ukuran dan tipe butir sedimen yang dilakukan di Laboratorium Sedimentologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil biomassa menunjukkan bahwa *E. acoroides* memiliki nilai biomassa paling tinggi tetapi nilai kerapatannya tidak paling tinggi, hal ini karena *E. acoroides* memiliki ukuran morfologi paling besar. Menurut Mardiyanti *et al.*, (2013), nilai biomassa dari suatu jenis lamun dipengaruhi oleh ukuran lamun. Ukuran yang besar menghasilkan biomassa yang tinggi karena kemampuan

E. acoroides dalam menyimpan bahan organik hasil fotosintesis tinggi. *T. hemprichii* memiliki nilai biomassa cukup tinggi karena nilai kerapatannya paling tinggi. Kerapatan yang tinggi menghasilkan biomassa yang tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Latuconsina *et al.* (2014), bahwa faktor yang mempengaruhi besarnya biomassa adalah morfologi lamun dan kerapatan lamun. *C. serrulata* dan *C. rotundata* berada dalam genus yang sama sehingga bentuk dan ukuran morfologinya hampir sama. Nilai kerapatan *C. serrulata* lebih tinggi dibandingkan *C. rotundata*. Sehingga perbedaan biomasnya disebabkan perbedaan nilai kerapatan bukan ukuran morfologi.



Gambar 1. Peta lokasi di Perairan Alang-Alang dan Perairan Pancuran Pulau Karimunjawa

Hasil penelitian menunjukkan bahwa biomassa bawah substrat lebih tinggi dibandingkan atas substrat. Menurut Duarte dan Chiscano (1999), jika bagian bawah biomasanya besar maka bagian atas akan semakin kecil. Persentase biomassa bawah substrat 53% dan atas substrat 47%, karena biomassa bawah substrat gabungan dari akar dan rhizome (Hartati *et al.*, 2017). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian bahwa biomassa bawah substrat lebih tinggi dibandingkan atas substrat. Nilai biomassa yang besar pada bawah substrat disebabkan oleh kelebihan karbohidrat yang disimpan pada akar dan rhizoma karena fiksasi karbon pada lamun yang melebihi kebutuhan metabolismenya (Duarte dan Cebrian, 1996). Rhizome merupakan jaringan lamun dengan morfologi besar sehingga mempunyai biomassa lebih tinggi dibandingkan jaringan lainnya. Hasil biomassa lamun di Perairan Alang-Alang dan Perairan Pancuran dapat dilihat pada Tabel 1. dan Tabel 2.

Tingginya nilai biomassa pada lamun bagian bawah substrat berhubungan dengan adanya efek positif dari tipe substrat organik terhadap perkembangan sistem penyerapan nutrisi (Christon *et al.*, 2012). Bahan organik yang terdapat pada substrat dasar perairan berasal dari jaringan organik tanaman, salah satunya lamun (Phillips dan Milchakova, 2015). Menurut Hemingga dan Duarte (2000), biomassa lamun lebih besar tersimpan pada bagian bawah dibandingkan atas substrat, hal ini karena rhizome mengandung banyak zat pati dan unsur hara dimana zat tersebut didapatkan dari hasil fotosintesis yang tersimpan di bagian bawah substrat, sehingga biomasanya lebih tinggi. Latuconsina *et al.* (2014), menyatakan bahwa lamun jenis *E. acoroides* dapat memiliki biomassa 6–10 kali lebih besar di bagian rhizome dibandingkan di bagian daun.

Biomassa paling rendah pada lokasi penelitian adalah *H. ovalis* dan *H. uninervis* karena persaingan nutrisi sehingga tidak dapat menunjang kehidupan yang dapat menghasilkan biomassa (Nordlund *et al.*, 2016). Nilai biomassa yang berada dibawah substrat berasal dari nutrisi yang diserap oleh akar pada sedimen serta material organik hasil fotosintesis yang sebagian besar disimpan pada rhizome dan berkaitan erat dengan daya tancap lamun pada substrat untuk bertahan dari arus dan gelombang (Tasabaramo *et al.*, 2015). Jenis sedimen mempengaruhi tingkat kerapatan lamun, karena sedimen berkaitan dengan perakaran tumbuhan lamun, kecerahan perairan dan ketersediaan nutrisi dalam substrat. Jenis sedimen dapat mempengaruhi kekeruhan di perairan yang dapat berpotensi mengurangi penetrasi cahaya sehingga dapat mengganggu produktivitas primer padang lamun (Hartati *et al.*, 2017).

Tabel 1. Biomassa Lamun Perairan Alang – Alang

Spesies	Total Biomassa perjaringan (gbk/m ²)		
	Bawah Substrat	Atas Substrat	Total Keseluruhan
<i>Thalassia hemprichii</i>	375,83	97,41	473,23
<i>Enhalus acoroides</i>	1374,7	436,68	1811,38
<i>Cymodocea rotundata</i>	20,48	5,24	25,72
<i>Cymodocea serrulata</i>	102,64	20,44	123,08

Tabel 2. Biomassa Lamun di Perairan Pancuran

Spesies	Total Biomassa perjaringan (gbk/m ²)		
	Bawah Substrat	Atas Substrat	Total Keseluruhan
<i>Thalassia hemprichii</i>	426,46	83,65	510,11
<i>Enhalus acoroides</i>	659,76	73,44	733,20
<i>Cymodocea rotundata</i>	102,38	58,09	160,48
<i>Cymodocea serrulata</i>	3,56	1,71	5,26
<i>Halodule uninervis</i>	0,41	0,06	0,47
<i>Halophila ovalis</i>	1,78	0,69	2,47

Kandungan karbon pada lamun dipengaruhi oleh biomassa antar jenis ataupun antar jaringan (Graha, 2015). Semakin tinggi biomassa lamun maka kandungan karbonnya semakin meningkat, artinya kandungan karbon berbanding lurus dengan kandungan biomassa pada lamun (Phillips dan Milchakova, 2015). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian bahwa *E. acoroides* memiliki nilai biomassa dan karbon tertinggi pada lokasi penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan karbon pada jaringan bawah substrat (akar dan rhizome) lebih tinggi dibandingkan jaringan atas substrat (daun). Menurut Nordlund *et al.* (2016), rata – rata stok karbon 5,7% diproduksi dari daun dan 28,3% diproduksi dibawah substrat dan disimpan dalam biomassa lamun hidup setiap tahun. Hasil estimasi kandungan karbon lamun dapat dilihat Tabel 3. dan Tabel 4.

Hasil penelitian menunjukkan karbon jaringan bawah substrat lebih tinggi dibandingkan atas substrat. Hal ini karena bagian bawah substrat minim terhadap gangguan lingkungan, sehingga karbon hasil fotosintesis dapat terakumulasi terus menerus. Gangguan lingkungan yang dimaksud yaitu daun lamun mudah patah/rusak karena gelombang dan arus, selain itu baling – baling pada perahu nelayan dapat merusak daun lamun. Menurut Latuconsina *et al.* (2014), bagian atas substrat lebih banyak memanfaatkan dalam rantai makanan dan terdekomposisi sehingga berpotensi tersimpan sedikit dalam substrat. Lamun melakukan fotosintesis dengan menyerap CO₂ dan hasilnya adalah karbon (C) dan oksigen (O₂), dimana oksigen dilepas pada lingkungan dan karbon disimpan dalam tubuh lamun sebagai biomassa. Menurut Runtuboi *et al.* (2018), biomassa disusun 45–50% karbon. Penyimpanan hasil fotosintesis berada di bawah substrat dapat mendukung pertumbuhan lamun saat fotosintesis tidak optimum (Alcoverro *et al.*, 2001).

Sedimen tempat lamun tumbuh adalah tempat penyimpanan karbon terbaik. Menurut Kennedy *et al.* (2009) kandungan karbon dibawah substrat akan tersimpan walaupun tunas pada lamun tersebut telah mati, sedangkan karbon diatas substrat hanya akan tersimpan jika tunas lamun masih hidup. Tipe substrat yang baik menyimpan karbon adalah lanau atau lempung karena memiliki tekstur lebih padat sehingga optimal mengikat karbon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan karbon pada sedimen lebih sedikit dibandingkan pada lamun. Hal ini karena sedimen pada lokasi penelitian di dominasi tipe substrat pasir yang memiliki ukuran butir lebih besar, berongga dan ringan sehingga kurang padat. Tipe substrat ini mudah terbawa arus dan gelombang. Butiran substrat yang besar akan menurunkan kemampuan substrat tersebut menyerap karbon organik (Pratiwi, 2010). Christon *et al.* (2012), menambahkan bahwa besarnya biomassa lamun pada substrat lebih kecil diakibatkan oleh efek positif terhadap sistem penyerapan nutrisi.

Tabel 3. Estimasi Kandungan Karbon Lamun Perairan Alang – Alang

Spesies	Total karbon perjaringan (gbk/m ²)		
	Bawah	Atas	Total
<i>Thalassia hemprichii</i>	8883,16	2349,29	11232,45
<i>Enhalus acoroides</i>	27566,34	7971,78	35538,12
<i>Cymodocea rotundata</i>	365,27	107,97	473,24
<i>Cymodocea serrulata</i>	1169,19	222,69	1391,88

Tabel 4. Estimasi Kandungan Karbon Lamun Perairan Pancuran

Spesies	Total karbon perjaringan (gbk/m ²)		
	Bawah	Atas	Total
<i>Thalassia hemprichii</i>	12100,39	2209,00	14309,39
<i>Enhalus acoroides</i>	7768,08	752,76	8520,84
<i>Cymodocea rotundata</i>	2275,24	1313,26	3588,50
<i>Cymodocea serrulata</i>	40,25	20,06	60,30
<i>Halodule uninervis</i>	5,09	0,72	5,80
<i>Halophila ovalis</i>	12,17	6,90	19,07

Tabel 5. Estimasi Kandungan Karbon Sedimen Perairan Alang – Alang

Keterangan	Kandungan Karbon (g/m ²)
ALG/SEDIMEN/1	1,668
ALG/SEDIMEN/2	1,581
ALG/SEDIMEN/3	1,871

Keterangan : ALG = Perairan Alang - Alang

Tabel 6. Estimasi Kandungan Karbon Sedimen Perairan Pancuran

Keterangan	Kandungan Karbon (g/m ²)
PCR/SEDIMEN/1	1,030
PCR/SEDIMEN/2	1,450
PCR/SEDIMEN/3	0,841

Keterangan : PCR = Perairan Pancuran

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *T. hemprichii*, *E. acoroides*, dan *C. rotundata* memiliki kandungan karbon lebih tinggi dibandingkan sedimen, karena faktor kerapatan dan ukuran morfologinya. Selain itu faktor lingkungan juga mempengaruhi tingginya nilai karbon pada lamun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Graha (2015) di Pantai Sanur Bali memiliki kondisi lingkungan yang dipenuhi oleh aktivitas antropogenik manusia seperti pembuangan limbah dari hotel dan tambatan perahu wisata, sehingga memiliki nilai kandungan karbon lebih rendah dibandingkan hasil penelitian ini di Perairan Alang – alang dan Pancuran, karena Perairan Alang-alang dan Pancuran belum terkena aktivitas antropogenik manusia yang tinggi. Menurut Nordlund *et al.* (2016), karbon organik yang dihasilkan oleh lamun tidak hanya didapat dari hasil tanaman dan sumber dari satu lokasi tersebut tetapi juga didapatkan dari nutrien yang terbawa oleh arus melalui peristiwa *upwelling* dari tempat lain. Ulqodry *et al.* (2010) menambahkan bahwa kandungan zat hara yang terdapat di perairan tidak hanya berasal dari perairan itu sendiri melainkan dari keadaan disekitarnya yang terbawa oleh gelombang dan arus.

KESIMPULAN

Biomassa lamun di Perairan Alang–Alang yaitu *E. acoroides* 1811,38 gbk/m²; *T. hemprichii* 473,23 gbk/m²; *C. serrulata* 123,08 gbk/m² dan *C. rotundata* 25,72 gbk/m², sedangkan di Perairan Pancuran yaitu *E. acoroides* 733,20 gbk/m²; *T. hemprichii* 510,11 gbk/m²; *C. rotundata* 160,48 gbk/m²; *C. serrulata* 5,26 gbk/m²; *H. ovalis* 2,47 gbk/m² dan *H. uninervis* 0,47 gbk/m². Kandungan karbon lamun di Perairan Alang – Alang yaitu *E. acoroides* 35.538,12 gC/m²; *T. hemprichii* 11.232,45 gC/m²; *C. serrulata* 1.391,88 gC/m²; dan *C. rotundata* 473,24 gC/m², sedangkan di Perairan Pancuran yaitu *T. hemprichii* 14.309,39 gC/m²; *E. acoroides* 8.520,84 gC/m²; *C. rotundata* 3588,50 gC/m²; *C. serrulata* 60,30 gC/m²; *H. ovalis* 19,07 gC/m², dan *H. uninervis* 5,80 gC/m². Kandungan karbon sedimen di Perairan Alang–Alang 1,581–1,871 gC/m² dan di Perairan Pancuran 0,841–1,45 gC/m².

DAFTAR PUSTAKA

- Christon, O., Djunaedi, S. & Purba, N.P. 2012. Pengaruh Tingginya Gelombang Pasang Surut Terhadap Pertumbuhan dan Biomassa Daun *Enhalus acoroides* di Pulau Pari Kepulauan Seribu Jakarta. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(3):87-94.
- Duarte, C.M. & Cebrián, J., 1996. The fate of marine autotrophic production. *Limnology and oceanography*, 41(8):1758-1766. DOI: 10.4319/lo.1996.41.8.1758.
- Duarte & Chiscano, C.L. 1999. Seagrass Biomass and Production: a Reassessment. *Aquatic Botany*, 65(1):159-174. DOI : 10.1016/S0304-3770(99)00038-8.
- Graha, Y.I. 2015. Simpanan Karbon Padang Lamun di Kawasan Pantai Sanur, Kota Denpasar. *Ecotrophic*, 10(1):46-53. DOI:10.24843/ejes.2016.v10.i01.p08.

- Hartati, R., Pratikto, I. & Pratiwi, T.N. 2017. Biomassa dan Estimasi Simpanan Karbon pada Ekosistem Padang Lamun di Pulau Menjangan Kecil dan Pulau Sintok, Kepulauan Karimunjawa. *Ilmu Kelautan*, 17(4):217-225.
- Latuconsina, H., Sangadji, M.B. & Sarfan, L. 2014. Struktur Komunitas Ikan Padang Lamun di Perairan Wael Teluk Kontania. *Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan*, 6(0):24-32. DOI : 10.29239/j.agrikan.6.0.24-32.
- Mardiyanti, D.E., Wicaksono, K.P., Baskara, M. 2013. Dinamika Keanekaragaman Spesies Tumbuhan Pasca Pertanaman Padi. *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(1):24-35.
- Oreska, M.P.J., McGlathery, K.J., & Porter, J.H. 2017. Seagrass with Blue Carbon Spatial Patterns at The Using A Meadow-Scale Methods. *PloS ONE*, 12(4):1-18. DOI: 10.1371/journal.pone.0176630.
- Phillips, R.C. & Milchakova, N.A. Ekosistem Lamun (*Seagrass Ecosystems*). *Jurnal Ekologi Kelautan*, 2(2):29-39. DOI: 574.5:582.271/.275.
- Pratiwi, R. 2010. Asosiasi *Crustacea* di Ekosistem Lamun Perairan Teluk Lampung. *Ilmu Kelautan*, 15(2):66-76. DOI: 10.14710/ik.ijms.15.2.66.76.
- Rahadiarta, I., Vidyandana, S. & Yulianto, S. 2019. Simpanan Karbon Org pada Padang Lamun di Kawasan Pantai Mengiat Nusa Dua Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(1):1-10. DOI: 10.24843/jmas.2019.v05.i01.p01.
- Runtuboi, F., Nugroho, J. & Rahakratat, Y. 2018. Biomassa dan Penyerapan Karbon oleh *Enhalus Acoroides* di Pesisir Teluk Gunung Botak Papua Barat. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*. 2(2): 91-102.
- Nordlund, L., Koch, E.W., Barbier, E.B. & Creed, J.C. 2016. Seagrass Ecosystem Services and Their Variability Across Genera and Geographical Regions. *PLoS ONE*, 11(10):1-23. DOI: 10.1371/journal.pone.0163091.
- Tangke, U. 2010. Ekosistem Padang Lamun (Manfaat, Fungsi dan Rehabilitasi). *Jurnal Ilmiah dan Perikanan*, 3(1):1-21. DOI :10.29239/j.agrikan.3.1.9-29.
- Tasabaramo, I.A., Kawaroe, M. & Rappe, R.A. 2016. Laju Pertumbuhan, Penutupan Lamun, dan Tingkat Kelangsungan Hidup *Enhalus acoroides* yang di Transplantasikan Secara Monospecies dan Multispecies. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 7(2):757-770. DOI: 10.28930/jitkt.v7i2.11169.
- Ulqodry, T.Z., Yulisman, Syahdan, M. & Santoso. 2010. Karakteristik dan Sebaran Nitrat, Fosfat, dan Oksigen di Kepulauan Karimunjawa Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Sains*, 13(1):35–41. DOI: 10.26554/jps.v13i1.162.