

## KEANEKARAGAMAN HAYATI TANAMAN AKUATIK TENGGELAM DI SITUS RAMSAR PULAU RAMBUT, JAKARTA

### *THE SUBMERGED AQUATIC VEGETATION BIODIVERSITY AT THE RAMSAR SITE OF THE PULAU RAMBUT OF JAKARTA*

Agustin Rustam, Yusmiana Puspitaningsih Rahayu, & Hadiwijaya Lesmana Salim

Pusat Riset Kelautan,  
Badan Riset dan Sumberdaya Manusia Kelautan dan Perikanan, KKP  
Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur-Jakarta Utara

e-mail : [agustin.rustam@kkp.go.id](mailto:agustin.rustam@kkp.go.id)

Diterima tanggal: 27 Juli 2020 ; diterima setelah perbaikan: 3 Agustus 2020; Disetujui tanggal: 3 Agustus 2020

#### ABSTRAK

Pulau Rambut merupakan satu-satunya situs RAMSAR di Indonesia yang berupa pulau kecil meliputi daratan dan perairan. Keberadaannya sebagai daerah singgahan ribuan burung migrasi dan keanekaragaman hayati daratan maupun perairan yang tinggi. Salah satunya adalah keanekaragaman hayati tanaman benthik tenggelam seperti lamun dan makro alga. Tujuan penelitian ini mengidentifikasi keanekaragaman hayati tanaman benthik tenggelam khususnya lamun dengan potensi sebagai bioindikator kesehatan perairan dan potensi karbon biru dalam mitigasi perubahan iklim. Metode penelitian yang dilakukan adalah purposive sampling dengan mengitari dan mengobservasi seluruh pulau dan melakukan transek serta pengambilan sampel baik biomasa dan sedimen pada November 2017. Hasil yang didapat adanya empat jenis lamun yang ditemukan dan enam jenis makro laga. Adanya zonasi antara makro alga dengan lamun di stasiun Pulau Rambut Utara, dan jenis *Thalassia hemprichii* merupakan jenis kunci lamun di Pulau Rambut dengan nilai indeks penting tertinggi 191 %. Berdasarkan kajian ekosistem lamun sebagai bioindikator kesehatan lamun lokasi bagian utara kondisi perairan sehat dengan sedangkan bagian barat kondisi rusak/miskin. Potensi ekosistem lamun sebagai mitigasi perubahan iklim mampu menyerap karbon dalam stok biomasa lamun sebesar 1,85 MgC/ha. Keberadaan makroalga yang dominan meengindikasikan nutrien perairan yang tinggi jika berlangsung lama akan menyebabkan degradasi dan hilangnya lamun tergantikan dengan makroalga atau sedimen. Diperlukan sistem pengaturan yang terintegrasi mulai dari daratan utama sampai ke laut sehingga keberlangsungan suaka margasatwa Pulau Rambut tetap terjaga.

**Kata Kunci :** Keanekaragaman hayati, Lamun, RAMSAR, Pulau Rambut.

#### ABSTRACT

*Pulau Rambut is the only RAMSAR site in Indonesia in the form of small islands covering land and water. Its existence as a haven for thousands of migratory birds and high terrestrial and aquatic biodiversity. One of them is biodiversity of submerged aquatic vegetation such as seagrass and macro algae. The purpose of this study is to identify the biodiversity of submerged aquatic vegetation, especially seagrass with potential as a bioindicator of aquatic health and the potential for blue carbon in climate change mitigation. The research method used was purposive sampling by observing the entire island and conducting transects and sampling both biomass and sediment in November 2017. The results obtained were four types of seagrass found and six types of macro-algae. The zonation between macro algae and seagrass at Pulau Rambut Utara station, and *Thalassia hemprichii* type are key types of seagrass on Pulau Rambut with the highest important index value of 191%. Based on the study of seagrass ecosystems as a bioindicator of seagrass health, the location of the northern part is healthy water condition while the western part is damaged / poor condition. The potential of seagrass ecosystems as a mitigation of climate change is able to absorb carbon in seagrass biomass stocks by 1.85 MgC / ha. The presence of dominant macroalgae indicates high nutrient in the water if it lasts a long time will cause degradation and loss of seagrass replaced with macroalgae. An integrated regulatory system is needed starting from the mainland to the sea so that the sustainability of the Pulau Rambut wildlife reserve is maintained.*

**Keyword:** biodiversity, seagrass, RAMSAR, Pulau Rambut.

## PENDAHULUAN

Tanaman benthik tenggelam di perairan pesisir adalah lamun dan makro alga. Keberadaan hamparan tanaman benthik selain berperan sebagai produser juga sebagai tempat mencari makanan, perlindungan dan tempat pengasuhan. Keberadaan tanaman benthik tenggelam terutama lamun yang sehat menjadi salah satu bioindikator lingkungan perairan (Rappe, 2010; Li & Huang, 2012; River Science, 2013; Rustam *et al.*, 2015). Selain itu lamun juga berpotensi sebagai karbon biru yang dapat mengurangi CO<sub>2</sub> melalui proses fotosintesis menjadi biomassa tanaman serta menyimpannya dalam sedimen (Chmura *et al.*, 2003; Fourqurean *et al.*, 2012b; Brown *et al.*, 2016).

Pulau Rambut merupakan salah satu dari tujuh lokasi RAMSAR site di Indonesia ditetapkan tanggal 11 November 2011 seluas 90 ha dengan rincian 45 ha daratan dan 45 ha laut satu-satunya lokasi yang merupakan pulau kecil di laut. Sebelumnya Ramsar atau konvensi Ramsar adalah perjanjian internasional untuk konservasi dan pemanfaatan lahan basah secara berkelanjutan di seluruh dunia karena memiliki nilai ekologi yang tinggi. Nama resmi konvensi ini adalah *The Convention on Wetlands of International Importance, especially as Waterfowl Habitat* yang disusun oleh 18 negara peserta sidang di Ramsar, Iran tanggal 2 Februari 1971. Namun lebih dikenal sebagai "RAMSAR". Indonesia meratifikasi konvensi Ramsar ini pada tahun 1991 melalui Keputusan Presiden RI No. 48 tahun 1991. Anggota melakukan sidang setiap 3 tahun sekali, dengan keanggotaan sampai saat ini mencapai 171 negara dan telah ditetapkan 2394 situs dengan luas 253.900.552 ha di seluruh dunia (Ramsar, 2020).

Salah satu alasan yang penting dari suaka margasatwa Pulau Rambut menjadi situs RAMSAR adalah sebagai salah satu lokasi singgahan burung-burung yang bermigrasi dari belahan bumi selatan ke belahan bumi utara dan sebaliknya kurang lebih 24.000 jenis (RSIS, 2020). Selain itu memiliki ekosistem lahan basah seperti ekosistem mangrove, lamun dan terumbu karang. Keberadaan ekosistem ini rentan karena letaknya di muka teluk Jakarta yang sangat tinggi aktivitas manusia seperti reklamasi maupun masukan dari sungai. Data yang baru terkumpul pada tahun 2009 – 2012 mengenai status Pulau Rambut antara lain sebagai berikut, memiliki hutan lahan basah seperti hutan pantai, hutan dataran rendah dan mangrove kurang lebih 15 ha, habitat burung bangau bluwok atau Milky Stork (*Mycteria cinera*) yang statusnya langka

dan terancam punah serta burung air pecuk ular (*Anhinga melanogaster*) yang statusnya mendekati terancam, yang merupakan habitat sekitar 22 jenis burung air (*water bird*) dan 39 jenis burung darat (terrestrial) (RSIS, 2020; Ayat, 2020).

Pulau Rambut rentan terhadap kegiatan antropogenik dengan posisi yang berada di depan teluk Jakarta, diketahui Teluk Jakarta merupakan muara dari 13 sungai besar seperti Sungai Ciliwung dan Sungai Citarum yang membawa limbah dari daratan. Keberadaan limbah yang banyak akan mempengaruhi kondisi perairan dan kondisi ekosistem, contohnya ekosistem lamun. Selain itu tingginya tingkat aktifitas manusia di pulau-pulau berpenghuni terutama aktivitas wisata bahari dapat juga mengganggu keberadaan ekosistem dan habitat di Pulau Rambut.

Monitoring dan pelaporan terkait keanekaragaman hayati Pulau Rambut lebih pada ekosistem/keanekaragaman hayati di daratan/pulau terutama sebagai habitat burung lokal maupun migratory sedangkan keanekaragaman hayati di pesisir atau perairannya masih kurang terutama lamun. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan keanekaragaman hayati tanaman benthik terutama lamun dan kondisi lingkungan di lokasi penelitian serta peranan lamun sebagai bioindikator kesehatan perairan berdasarkan kriteria baku mutu KepmenLH No 200 Tahun 2004 dan potensi ekosistem lamun sebagai karbon biru dalam mitigasi perubahan iklim.

## BAHAN DAN METODE

### Lokasi Pengambilan Data

Lokasi penelitian di perairan pesisir sekeliling pulau Rambut (Gambar 1). Penentuan lokasi berdasarkan purposive sampling melalui observasi mengelilingi pulau Rambut dan melakukan transek lamun.



Gambar 1. Lokasi penelitian.

## Metode Pengumpulan Data dan Sampel

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode survei pada lokasi dengan metode pengambilan data lamun yang dilakukan secara transek garis (*line transect*) Transek garis ditarik tegak lurus pantai dan kemudian kuadrat berukuran 50 x 50 cm<sup>2</sup> diletakkan secara sistematis dengan jarak antar kuadrat telah ditentukan (McKenzie *et al.*, 2003). Sampel lamun yang diambil adalah aboveground biomass dan below ground biomass dan sampel sedimen yang dibagi berdasarkan kedalaman (Fourqurean *et al.*, 2014).

Parameter yang diambil di setiap stasiun penelitian adalah persentase tutupan tajuk lamun dalam setiap kuadrat 50 x 50 cm<sup>2</sup> diambil dengan metode estimasi visual berdasarkan panduan persentase tutupan lamun standar SeagrassWatch (McKenzie *et al.*, 2003). Persentase tutupan yang diambil adalah persentase tutupan total lamun dan persentase tutupan setiap jenis lamun dalam kuadrat. Data lingkungan diukur secara in situ dan di laboratorium di sekitar lokasi penelitian pulau Rambut dan pulau Untung Jawa dan sekitarnya.

## Analisis Data

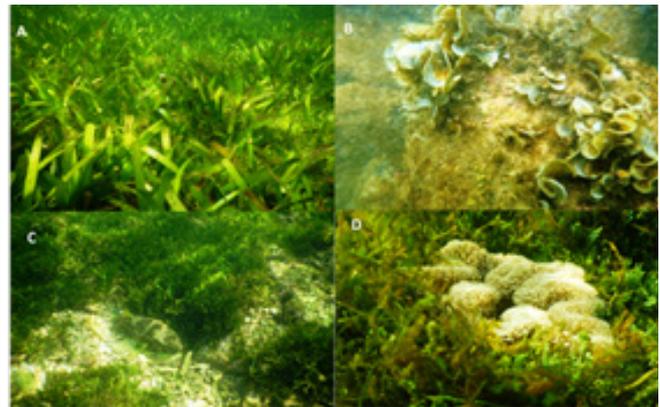
Analisis deskriptif struktur komunitas lamun, indeks keanekaragaman hayati dan indeks nilai penting lamun (Brower *et al.*, 1990; Fachrul, 2007). Analisis lamun sebagai bioindikator kesehatan lingkungan dan analisis potensi lamun sebagai karbon biru dalam mitigasi perubahan iklim.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Keanekaragaman hayati bentik

Jumlah jenis lamun yang ditemukan di Pulau Rambut sebanyak empat jenis yaitu satu jenis famili *Hydrocharitaceae* yaitu *Thalassia hemprichii* dan tiga jenis dari famili *Cymodoceaceae* yaitu *Cymodocea serrulata*, *Cymodocea rotundata* dan *Halodule uninervis*. Jumlah jenis yang ditemukan lebih sedikit dibandingkan tahun 2014 ditemukan enam jenis yaitu empat jenis yang ditemukan di survei ini ditambah jenis *Enhalus acoroides* dan *Halophila ovalis* di sisi barat, timur dan selatan pulau Rambut (Purnamasari, 2014). Makro alga yang ditemukan ada enam jenis yaitu jenis *Padina sp*, *Caulerpa sp*, *Halimeda sp*, *Sargassum sp*, *Ulva sp* dan *Neomeris sp*.

Keanekaragaman hayati lainnya selama survei ditemukan berbagai jenis ikan seperti ikan kerapu, ikan beronang, ikan pari dan ikan batu serta anakan ikan lainnya. Ditemukan beberapa jenis teripang, kerang dan siput dan anemon serta karang bercabang, karang



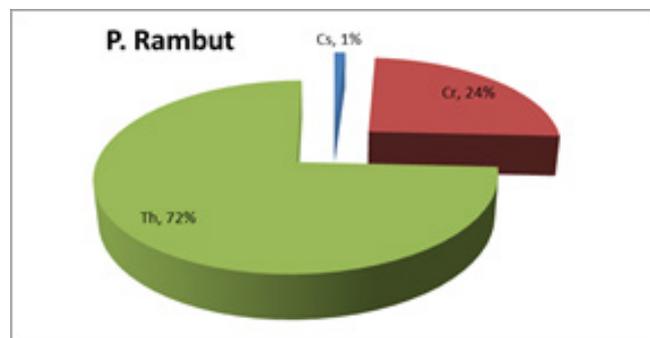
Gambar 2. Keanekaragaman hayati bentik di Pulau Rambut, A. Padang lamun *Thalassia hemprichii*; B. Makro alga *Sargassum sp* dan *Padina sp*; C. Ikan Lepu Batu diantara hamparan makro alga *Caulerpa sp* dan *Thalassia hemprichii*, D. Anemon diantara hamparan makroalga *Caulerpa sp*. (Foto Survei Pusriskel 2017)

masiv maupun karang lunak.

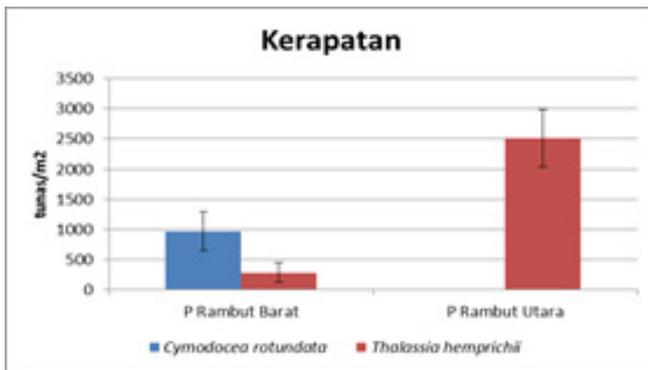
Komposisi lamun yang ditemukan menunjukkan adanya dominansi jenis *Thalassia hemprichii* (Gambar 3). Lamun jenis *Halodule uninervis* ditemukan di luar transek sehingga tidak diperhitungkan dalam analisis data yang dilakukan.

Kerapatan jenis lamun pada lokasi penelitian berdasarkan tunas/individu lamun perluasan (individu/m<sup>2</sup>). Pengambilan kerapatan lamun dengan menggunakan core bahan flexiglass berdiameter 6 cm. Kerapatan tertinggi pada lamun Th yang berada di sisi utara pulau Rambut (Gambar 4).

Jenis lamun yang dominan ditemukan adalah *Thalassia hemprichii* diperkuat dengan tingginya nilai INP pada lamun jenis tersebut (Tabel 1). Indeks Nilai Penting atau INP menunjukkan besarnya peranan lamun



Gambar 3. Komposisi lamun yang ditemukan di perairan Pulau Rambut. Th = *Thalassia hemprichii* Cs = *Cymodocea serrulata* Cr = *Cymodocea rotundata*



Gambar 4. Kerapatan jenis lamun yang ditemukan.

tertentu dalam suatu habitat. Selain itu nilai dominansi untuk lamun jenis *Thalassia hemprichii* di P. Rambut bagian utara sebesar 1 yang meniadakan nilai indeks keanekaragaman dan nilai indeks keseragaman lamun. Berbeda dengan pulau Rambut bagian barat dimana nilai keanekaragaman sebesar 0,5; indeks keseragaman 0,31 dan indeks dominansi 0,68 (Gambar 5).

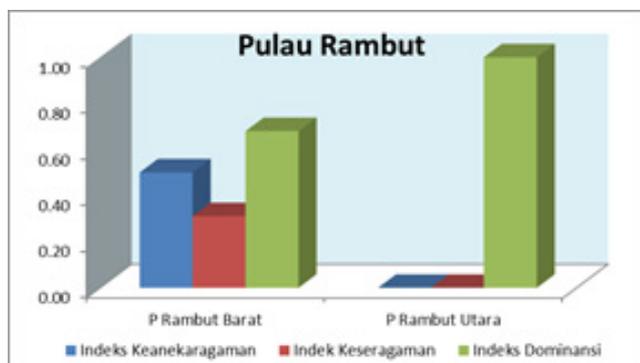
### Ekosistem Lamun sebagai Bioindikator Kesehatan Perairan di Pulau Rambut

Ekosistem lamun dimanfaatkan sebagai bioindikator lingkungan sekitarnya telah lama dilakukan dan sampai saat ini untuk perairan Indonesia masih berdasarkan kriteria KepmenLH No. 200 Tahun 2004. Peraturan

Tabel 1. Indeks Nilai Penting Jenis Lamun di P. Rambut

	FR	KR	PR(Rci)	INP
<i>Cymodocea rotundata</i>	27%	40%	36%	103%
<i>Thalassia hemprichii</i>	69%	60%	62%	191%
<i>Cymodocea serrulata</i>	4%	0%	2%	6%

Keterangan: FR= Frekuensi relatif; KR= Kerapatan relatif; PR=Penutupan relatif; INP=Indeks Nilai Penting

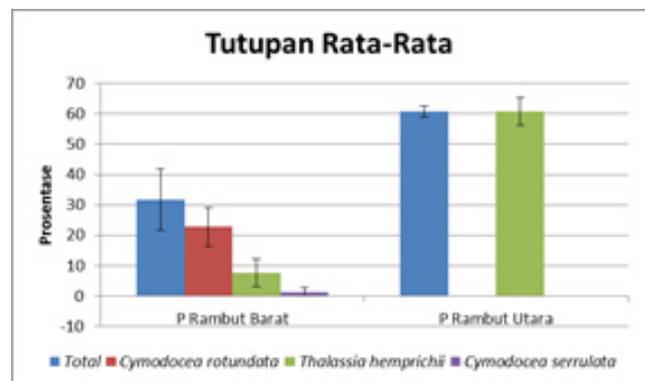


Gambar 5. Nilai indeks struktur komunitas lamun di Pulau Rambut.

ini berisi tentang kriteria baku kerusakan dan pedoman penentuan padang lamun atau ekosistem lamun. Perairan pesisir merupakan lingkungan yang memperoleh sinar matahari cukup yang dapat menembus sampai ke dasar perairan. Perairan ini juga kaya akan nutrisi karena mendapat pasokan dari dua tempat yaitu darat dan lautan sehingga merupakan ekosistem yang tinggi produktivitas organiknya. Lingkungan yang sangat mendukung di perairan pesisir maka tumbuhan lamun dapat hidup dan berkembang secara optimal. Namun kondisi ini juga dapat menjadikan ancaman bagi lamun, lamun dapat terdegradasi dengan tingginya nutrisi atau bahan pencemar lainnya yang dapat menyebabkan pengayaan nutrisi (*eutrophication*) sehingga terjadi persaingan dengan mikro dan makro alga yang dapat menyebabkan meledaknya populasi alga (*algae bloom*) sehingga perairan dapat menjadi kehilangan oksigen selama waktu tertentu yang berimplikasi pada biota lainnya seperti ikan, moluska dan krustase.

Pemanfaatan lamun sebagai bioindikator umumnya dilakukan untuk monitoring keberadaan logam berat, antara lain lamun jenis *Cymodocea rotundata*, *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii* sebagai bioindikator logam berat Cu, Cd, Pb dan Zn di perairan Teluk Xincun, Cina Selatan (Li & Huang, 2012). *Zostera capricorni* sebagai bioindikator Cd, Cu, Pb, Se dan Zn di ekosistem lamun *Lake Macquarie*, Australia (Rappe, 2010). Lamun jenis *Halophila ovalis* dipakai sebagai bioindikator perairan estuaria (River Science, 2013), ekosistem lamun bioindikator perairan di Pulau Lembeh (Rustam *et al.*, 2015).

Prosentase tutupan rata-rata lamun di perairan pulau Rambut berkisar antara 1,36-60,83 % (Gambar 6). Berdasarkan prosentase tutupan lamun dalam KMN LH No 200 tahun 2004 maka sisi utara pulau Rambut ekosistem lamun dalam kondisi kaya dan sehat



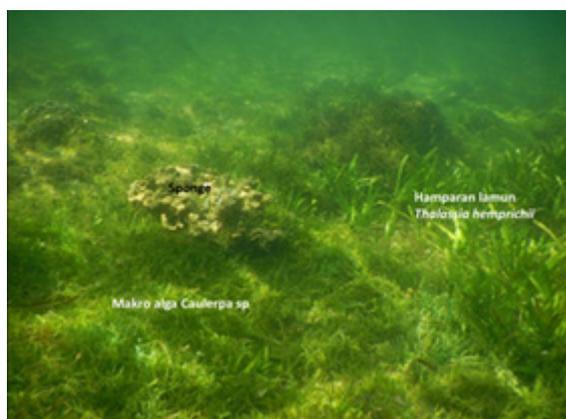
Gambar 6. Prosentase tutupan total lamun di Pulau Rambut.

sedangkan sisi barat dalam keadaan rusak dan miskin.

Rendahnya jenis lamun yang ditemukan di pulau Rambut dapat disebabkan banyak hal antara lain tingginya nilai nutrien yang tidak sesuai untuk pertumbuhan lamun menyebabkan jenis lamun yang berukuran lebih kecil dari jenis yang ditemukan tidak mampu hidup seperti *Halophila ovalis*, *Syringodium isoetifolium*. Diperkuat pula selama penelitian terlihat adanya kompetisi antara lamun dan makro alga yang juga membentuk hamparan yaitu makro alga jenis *Caulerpa sp*, *Halimeda sp*, *Padina sp* serta Sargassum sp (Gambar 2 dan 7). Hamparan makro alga umumnya terbentuk lebih ke arah laut kemudian baru hamparan lamun sehingga seperti membentuk zonasi.

Adanya kompetisi mengindikasikan tinggi nutrien diperairan dimana ada perbedaan kebutuhan nutrien antara lamun dan makroalga. Diketahui nutrien tinggi (eutrofikasi) lebih banyak dimanfaatkan oleh makroalgae dan lebih tinggi lagi dapat menyebabkan meledaknya alga (*algae bloom*) sehingga terjadi suksesi dari hamparan lamun menjadi hamparan makro alga bahkan hamparan sedimen yang dapat merubah pola rantai makanan biota di lingkungan tersebut yang menyebabkan biota ekonomis hilang atau berpindah (Green & Webber, 2003; Cardoso *et al.*, 2004; Burkholder, 2007; Govers *et al.*, 2014; Lapointe 2019).

Hal ini diperkuat dengan nilai nutrien nitrat di lokasi penelitian Pulau Rambut berkisar antara 0,18 – 0,26 mg/L di atas baku mutu KepmenLH No 51 Tahun 2004 sebesar 0,008 mg/L dengan rata-rata 0,22±0,033 mg/L. Nilai fosfat masih dibawah baku mutu berkisar 0,004 – 0,007 mg/L di bawah baku mutu 0,015 mg/L.



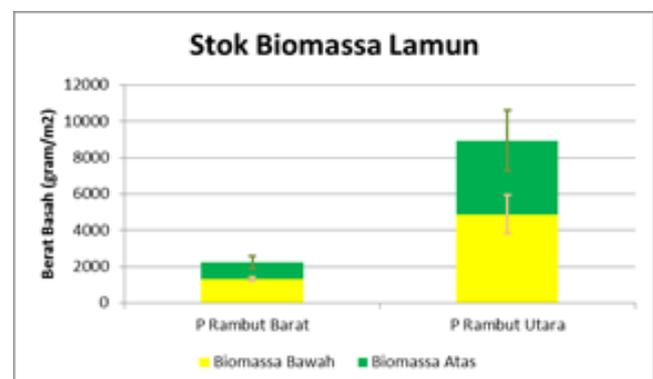
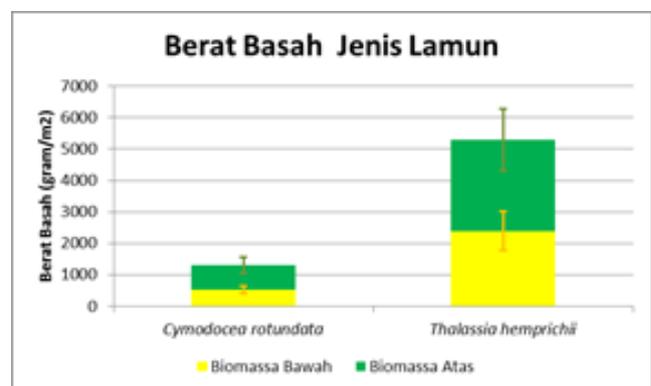
Gambar 7. Hamparan makro alga jenis *Caulerpa sp* kemudian terbentuk hamparan lamun seperti membentuk zonasi. (Foto Survei Pusrikel, 2017)

### Potensi Ekosistem Lamun Pulau Rambut sebagai Mitigasi Perubahan Iklim

Pulau-pulau di Kepulauan Seribu merupakan pulau yang berpotensi dalam pertumbuhan ekosistem pesisir karbon biru. Diketahui ekosistem lamun umumnya tumbuh subur membentuk hamparan yang sangat luas di ekosistem pesisir dari pulau-pulau yang dekat maupun jauh dari daratan utama sehingga selain memberikan layanan bagi kehidupan laut terutama tempat pembesaran berbagai jenis larva dan tempat mencari makan maupun *spawning* biota (ikan/udang) yang dewasa hidup di daerah terumbu karang juga berperan dalam mitigasi perubahan iklim.

Perubahan iklim yang sedang terjadi dengan keberadaan ekosistem pesisir yang memanfaatkan karbon dalam fotosintesis dan disimpan dalam biomassa seperti mangrove dan lamun memegang peranan penting. Karbon yang diserap kemudian tersimpan terbagi dalam tiga *pool* yaitu karbon yang tersimpan dalam 1) biomassa bagian atas (daun maupun *epifit*); 2) karbon yang tersimpan dalam biomassa bagian bawah (akar dan *rhizome*) dan 3) karbon yang tersimpan dalam sedimen.

Besarnya stok biomassa lamun dalam berat basah terlihat umumnya besar pada bagian atas (Gambar 8 panel bawah). Untuk biomassa berat basah perjenis

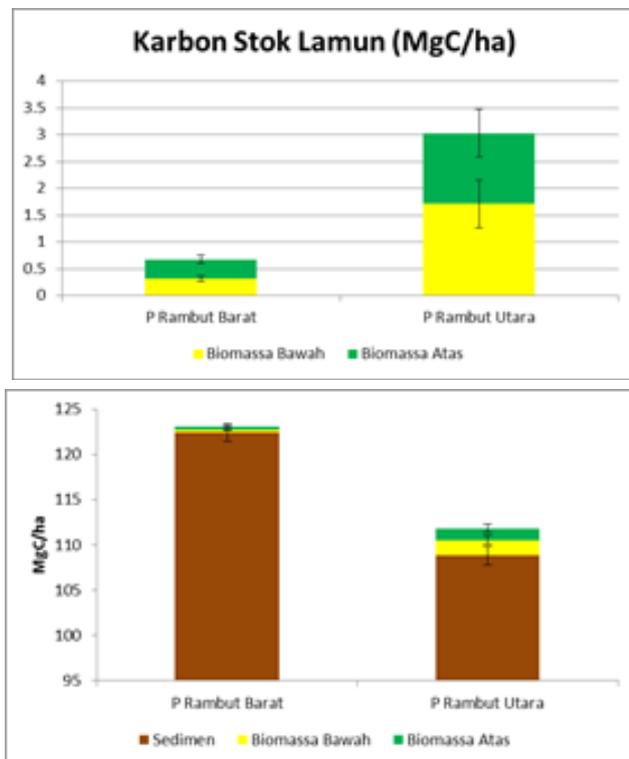


Gambar 8. Berat basah biomassa lamun setiap jenis (panel atas) stok biomassa dalam berat basah di Pulau Rambut.

terlihat lamun jenis *Thalassia hemprichii* lebih besar dibandingkan dengan *Cymodocea rotundata*, karena secara morfologi ukuran lamun jenis *Thalassia hemprichii* memang lebih besar (Gambar 8 panel atas).

Besaran nilai karbon stok di tiga kolam penyimpanan karbon di ekosistem lamun (sedimen, biomasa bawah dan biomasa atas pulau Rambut, terlihat pada biomasa lamun tinggi di bagian utara dibandingkan bagian barat pulau Rambut (Gambar 9 panel atas). Hal ini lebih disebabkan jenis lamun yang ditemukan berukuran lebih besar dan lebih padat di bagian utara dibandingkan bagian barat. Nilai stok biomasa lamun dalam karbon sebesar 1,85 MgC/ha nilai ini lebih tinggi dibandingkan di Tanjung Lesung, Banten dan di perairan Kema, Sulawesi Utara (Rustam *et al.*, 2014; 2016).

Hal yang berbeda pada kolam penyimpanan karbon di sedimen. Pengambilan sedimen rata-rata hanya sampai pada kedalaman 10 cm terlihat lebih tinggi pada bagian barat Pulau Rambut (Gambar 9 panel bawah). Kisaran nilai total karbon stok di sedimen sampai kedalaman rata-rata 10 cm adalah 108,8 – 152,44 MgC/ha dengan besaran konsentrasi karbon total di sedimen berkisar antara 10,88 – 22,71 %.



Gambar 8. Karbon stok biomasa lamun (panel atas) karbon stok di tiga kolam penyimpanan karbon ekosistem lamun P Rambut (panel bawah).

Berdasarkan data laporan Status Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta tahun 2015 luas ekosistem lamun di perairan Pulau Rambut sebesar 0,6 ha maka stok karbon biomasa lamun di Pulau Rambut sebesar 1,11 Mg C atau setara dengan pemakaian CO<sub>2</sub> sebesar 4,07 MgCO<sub>2</sub> eq. Nilai ini berpotensi dapat meningkat jika keberadaan nutrisi dapat dijaga dengan mencegah pembuangan limbah organik dari sungai yang berlebihan. Hal ini diperkuat dimana tahun 2013 ditemukan jenis *Enhalus acoroides* yang berpotensi besar menyimpan karbon baik di biomasa dan sedimen dengan kemampuan menjebak sedimen yang melayang di ekosistem lamun dan menyimpan di sedimen dengan sistem perakaran yang rapat dan tidak ada kebakaran hutan dalam ekosistem lamun (Duarte *et al.*, 2012).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Keanekaragaman hayati tanaman akuatik benthik yang ditemukan di pulau Rambut terdiri dari empat jenis lamun dan enam jenis alga. Keanekaragaman hayati lainnya berupa berbagai jenis ikan, karang, *gastropoda*, teripang dan kerang-kerangan. Adanya kompetisi antara makroalga dan lamun terlihat adanya hamparan zonasi yang terbentuk dari arah laut hamparan makroalga kemudian lamun dan mangrove di Pulau Rambut bagian utara. Pulau Rambut bagian barat ditemukan empat jenis lamun dengan kondisi rusak berdasarkan tutupan lamun yang lebih rendah. Perairan pulau Rambut mengindikasikan adanya pengayaan nutrisi dengan nilai nitrat melebihi ambang batas. Hal ini jika terus berlanjut akan mempengaruhi keberadaan lamun serta menurunkan keanekaragaman hayati perairan di Pulau Rambut yang akhirnya dapat berdampak pada tanaman tingkat tinggi seperti mangrove dan keberadaan habitat burung baik burung lokal maupun migratori. Sehingga diperlukan suatu pengaturan yang terintegrasi mulai dari daratan utama sampai ke laut agar keberlanjutan sumberdaya alam dapat terjaga khususnya di Pulau Rambut.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan sebagian hasil kegiatan penelitian “Kajian Dinamika Ekosistem Pesisir Dalam Kerangka Mitigasi Dan Adaptasi Perubahan Iklim Dan Penyusunan Neraca Karbon Biru Untuk Model Perdagangan Karbon” Tahun Anggaran 2017 di Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumberdaya Manusia Kelautan dan Perikanan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ayat, S. (2020). Burung Terancam Punah Penghuni Pulau Rambut. <https://www.mongabay.co.id/2020/02/02/burung-terancam-punah-penghuni-pulau-rambut/> [26Juli 2020]
- Brower, J.E., Zar, J.H. & Von Ende. (1990). *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wm.C. Brown Publisher. USA. 345 pp
- Brown, D., Conrad, S., Akkerman, K., Fairfax, S., Fredericks, J., Hanrio, E., Sanders, L.M., Scott, E., Skillington, A., Tucker, J., Van Santen, M., & Sanders, C.J. (2016). Seagrass, mangrove and saltmarsh sedimentary carbon stocks in an urban estuary; Coffs Harbour, Australia, Regional Studies in Marine Science. Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.rsma.2016.08.005.
- Burkholder, J.M., Tomasko, D.A., Touchette, B.W. (2007). Seagrasses and eutrophication. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350, 46–72.
- Cardoso, P.G., Pardal, M.A., Lillebo, A.I., Ferreira, S.M., Raffaelli, D., & Marques, J.C. (2004). Dynamic changes in seagrass assemblages under eutrophication and implications for recovery. *J Exp. Mar. Biol. Ecol*, 302, 233–248.
- Chmura, G.L., Anisfeld, S.C., Cahoon, D.R., & Lynch, J.C. (2003). Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global Biogeochemical Cycles*, 17(4), 22.1-22.12. doi: 1111 10.1029/2002gb001917.
- Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., & Hendriks, I. (2013). Assessing the capacity of seagrass meadows for carbon burial: Current limitations and future strategies. *Ocean and Coastal Management*, 83, 32–38. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2011.09.001.
- Fachrul, F. (2007). *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Aksara Press. Jakarta.
- Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M.A., Apostolaki, E. T., Kendrick, G. a., Krause-Jensen, D., McGlathery, K.J., & Serrano, O. (2012a). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, 5, 505–509. doi: 10.1038/ngeo1477.
- Fourqurean, J.W., Johnson, B., Kauffman, J.N., Kennedy, H., Emmer, I., Howard, J., Pidgeon, E., & Serrano, O. (2014). Conceptualizing the project and Developing a Field Measurement Plan. In Howard, J., S. Hoyt., K Isensee., E. Pidgeon., M. Telszewski. “Coastal Blue Carbon: Methods for Assessing Carbon Stock and Emissions factor in Mangrove , Tidal Salt Marsh and Seagrass Meadow”. The Blue Carbon Initiative. 39-107 page.,
- Green, S.O., & Webber, D.F. (2003). The effects of varying levels of eutrophication on phytoplankton and seagrass (*Thalassia testudinum*) populations of the southeast coast of Jamaica. *Bull.Mar. Sci.* 73(2), 443–455.
- Govers, L.L., Lamers, L.P.M., Bouma, T.J., de Brouwer, J.H.F., & van Katwijk, M.M. (2014). Eutrophication threatens Caribbean seagrasses – An example from Curaçao and Bonaire. *Marine Pollution Bulletin*, 89, 481–486.
- [KMNLH] Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 200. 2004. Tentang Kriteria Baku Kerusakan dan Pedoman Penentuan Status Padang Lamun.16 hal
- [KMNLH] Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 . 2004. Tentang Baku mutu Air Laut.10 hal
- Lapointe, B.E., Herren, L.W., Brewton, R.A., & Alderman, P.K. (2020). Nutrient over-enrichment and light limitation of seagrass communities in the Indian River Lagoon, an urbanized subtropical estuary. *Science of the Total Environment*, 699, 15 pp. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134068>
- Li, L., & Huang, X. (2012). Three tropical seagrasses as potential bio-indicators to trace metal in Xincun Bay, hainan Island, South China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 30(2), 212-224. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00343-012-1092-0>
- McKenzie. Campbell, S.J., & Roder, C.A (2003). Seagrasswatch: Manual for mapping & monitring seagrass resources by community (citizen) volunteers 2sd edition. The state of Queensland, Department of Primary Industries, CRC Reef. Queensland. pp 104

- Ramsar. (2020). Country profile. <https://www.ramsar.org/country-profiles> [26 Juli 2020]
- Rappe, R.A. (2010). Population and community level indicator in assessment of heavy metal contamination in seagrass ecosystem. Special section Ocean Pollution. *Coastal marine science*, 34(1), 198-204.
- River Science. (2013). *Using seagrass to understand the condition of the estuary*. Government of Western Australia, Departement of Water.
- [RSIS] Ramsar Sites Information Services. (2020). Pulau Rambut Wildlife Reserve <https://rsis.ramsar.org/ris/1987> [26 Juli 2020]
- Rustam, A. et al. (2014) 'Peran Ekosistem Lamun Sebagai Blue Carbon Dalam Mitigasi Perubahan Iklim , Studi Kasus Tanjung Lesung, Banten', *Jurnal Segara*, 10 (Juli), pp. 107–117.
- Rustam, A., Kepel, T.L., Kusumaningtyas, M.A., Afiati, R.N., Daulat, A., Suryono, D.D., Sudirman, N., Rahayu, Y.P., Mangindaan, P., Heriati, A., & Hutahaeon, A. (2015). Ekosistem lamun sebagai bioindikator lingkungan di P. Lembeh, Bitung, Sulawesi Utara. *J Biologi Indonesia*, 11(2), 233 - 241.
- Rustam, A., Suryono. D.D., Kusumaningtyas, M.A., Ati, R.N.A., Daulat, A., Rahayu, Y.P., Sudirman, N. Salim, H.L., Mangindaan, P., & Hutahaeon, A.A. (2016). Carbon Stock Assessment Of Seagrass Beds In Coastal Of Kema, North Sulawesi For Climate Change Mitigation. *Poster paper International Conference SPICE, Bali*.