

Biomassa dan Serapan Karbon Hutan Mangrove Tanjung Batu, Desa Sekotong Tengah, Kabupaten Lombok Barat

Diah Permata Sari^{1,*}, Maiser Syaputra^{1,a}, Kornelia Webliana B^{1,b}

¹Jurusan Kehutanan, Fakultas Petanian, Universitas Mataram, Jalan Pendidikan 37, Kota Mataram, Indonesia

^aemail penulis kedua: syaputra.maiser@gmail.com, ^bemail penulis ketiga:

kornelia_webliana@unram.ac.id, *corresponding author: diahpermatasari@unram.ac.id

Diterima: 15 Maret 2022; Disetujui: 20 September 2022; Diterbitkan: 20 September 2022

Abstract

Biomass and Carbon Sequestration of Tanjung Batu Mangrove Forest, Sekotong Tengah Village, West Lombok Regency. Global warming is a factor causing global climate change. One of the impacts of global warming is the melting of polar ice caps which causes rising sea levels which poses a threat to coastal ecosystems, one of which is the mangrove forest ecosystem. The role of mangrove ecosystems in mitigating global warming is to reduce the concentration of CO₂ which is stored in the form of carbon stocks. The Tanjung Batu mangrove area is part of the Essential Ecosystem Area (KEE) of the Teluk Lembar Mangrove Corridor which has an important role in mangrove conservation efforts, especially in West Lombok Regency. The purpose of this study was to analyze the biomass and carbon sequestration of the Tanjung Batu mangrove forest. Biomass data retrieval was carried out by double plots using the plotted path method. Mangrove vegetation data were analyzed using allometric equations for analysis of biomass, carbon stock and carbon sequestration. Based on the research results, the total estimated value of biomass produced by Tanjung Batu mangrove forest is 1621.74 tons and *Rhizophora stylosa* is the biggest contributor. The total estimated carbon stock in the Tanjung Batu mangrove forest is 810.87 tons and its carbon absorption is 3048.87 tons of CO₂ and *Rhizophora stylosa* is the biggest contributor.

Keywords : Biomass, Carbon, Mangrove Ecosystem, Climate Change

Intisari

Pemanasan global menjadi faktor penyebab perubahan iklim dunia. Dampak pemanasan global salah satunya adalah mencairnya es di kutub yang menyebabkan naiknya permukaan air laut yang menjadi ancaman bagi ekosistem pesisir yang salah satunya adalah ekosistem hutan mangrove. Peran ekosistem mangrove dalam mitigasi pemanasan global adalah dengan mengurangi konsentrasi CO₂ yang disimpan dalam bentuk cadangan karbon. Kawasan mangrove Tanjung Batu merupakan bagian dari Kawasan Ekosistem Esensial (KEE) Koridor Mangrove Teluk Lembar yang memiliki peran penting dalam upaya konservasi mangrove khususnya di Kabupaten Lombok Barat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis biomassa dan serapan karbon hutan mangrove Tanjung Batu. Pengambilan data biomassa dilakukan dengan petak ukur ganda dengan metode jalur berpetak. Data vegetasi mangrove dianalisis menggunakan persamaan allometrik untuk analisis biomassa, cadangan karbon dan serapan karbon. Berdasarkan hasil penelitian, total estimasi nilai biomassa yang dihasilkan oleh hutan mangrove Tanjung Batu yaitu 1621,74 ton dan jenis *Rhizophora stylosa* menjadi penyumbang terbesarnya. Total estimasi cadangan karbon di hutan mangrove Tanjung Batu yaitu 810,87 ton dan serapan karbonnya 3048,87 ton CO₂ dan jenis *Rhizophora stylosa* menjadi penyumbang terbesarnya.

Kata Kunci : Biomassa, Karbon, Ekosistem Mangrove, Perubahan Iklim

1. Pendahuluan

Emisi gas-gas rumah kaca seperti CO₂, CO, NO, NO_x, SO_x dan lain sebagainya menyebabkan kenaikan suhu di permukaan bumi yang dikenal dengan istilah pemanasan global. Peningkatan gas rumah kaca disebabkan oleh pemakaian bahan bakar fosil pada alat transportasi maupun kegiatan industri, pembakaran atau kebakaran lahan hutan, pembukaan kawasan gambut dan lain sebagainya. Dari keseluruhan gas-gas rumah kaca, Karbondioksida (CO₂) merupakan gas polutan utama pencemar udara yang kandungannya mencapai hampir setengah dari keseluruhan polutan di udara (Milang & Yuniati, 2010). Gas-gas rumah kaca memerangkap panas dari radiasi matahari sehingga memiliki efek seperti rumah kaca (*green house effect*) di mana panas yang masuk terperangkap di dalam dan tidak dapat keluar sehingga memanaskan seisi rumah kaca (Pratama, 2019), hal demikian yang menjadi penyebab pemanasan global di bumi. Dampak pemanasan global salah satunya adalah mencairnya es di kutub yang menyebabkan naiknya permukaan air laut (Suarsana & Wahyuni, 2011). Mencairnya es di kutub dapat meningkatkan volume air laut sehingga tinggi muka air laut meningkat. Peningkatan muka air laut menjadi ancaman bagi ekosistem pesisir yang salah satunya adalah ekosistem hutan mangrove (Irsadi et al., 2015).

Hutan mangrove merupakan salah satu tipe hutan yang berada di kawasan pesisir pantai dengan substrat lumpur dan payau. Peran ekosistem mangrove dalam mitigasi pemanasan global adalah dengan mengurangi konsentrasi CO₂ (Sondak, 2015) yang disimpan dalam bentuk cadangan karbon. Hutan mangrove mampu menyimpan karbon sekitar 800 sampai 1200 C/ha atau 4 sampai 5 kali dai hutan daratan serta mampu mengurangi 10% sampai 31% dari estimasi emisi tahunan di Indonesia (Rahmanto, 2020). Hutan mangrove memiliki kemampuan mengikat karbon jauh lebih tinggi dibandingkan hutan terestrial dan hutan hujan tropis melalui mekanisme sekustrasi (Rahman et al., 2017) yaitu sekitar 4 kali lebih banyak dari hutan tropis (Daniel dkk, 2011 dalam Rahman et al., 2017).

Namun demikian, luas hutan mangrove telah mengalami penurunan sampai 30% - 50% pada setengah abad terakhir akibat pembangunan daerah pesisir, peluasan tambak dan *over exploitation* (CIFOR, 2012). Deforestasi dan konversi lahan mangrove menyebabkan emisi Karbondioksida (CO₂) sekitar 8 - 20% dan menempati posisi kedua setelah emisi akibat pembakaran bahan bakar fosil (CIFOR, 2012). Berdasarkan laporan CIFOR (2012), ekosistem mangrove merupakan hutan terkaya karbon di daerah tropis sekitar 1023 Mg karbon per hektar. Tanah pada ekosistem mangrove memiliki kandungan organik tinggi pada kedalaman 0,5 - 3 meter dan merupakan 49 - 98% simpanan karbon dalam ekosistem mangrove.

Hutan mangrove Tanjung Batu merupakan salah satu kawasan mangrove di Kecamatan Sekotong tepatnya di Dusun Tanjung Batu, Desa Sekotong Tengah. Hutan mangrove Tanjung Batu telah dikembangkan menjadi ekowisata mangrove dan telah memiliki jembatan lintasan di sisi barat kawasan mangrove. Pemanfaatan kawasan mangrove Tanjung Batu saat ini masih pada kegiatan ekowisata saja. Kawasan mangrove seluas 15 hektar ini relatif masih rapat dengan vegetasi mangrove (Anonim, 2019). Mangrove Tanjung Batu memiliki peran penting dalam upaya konservasi mangrove khususnya di Kabupaten Lombok Barat. Analisis perhitungan karbon pada ekosistem mangrove bertujuan untuk mengetahui kemampuan ekosistem mangrove dalam menyerap gas-gas rumah kaca dalam upaya mengurangi gas-gas rumah kaca (GRK) di atmosfer (Chanan, 2012). Sebagai bagian dari KEE Koridor Mangrove Teluk Lembar, hutan mangrove Tanjung Batu juga berperan penting secara ekologis dalam mengurangi GRK sebagai upaya mitigasi perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis biomassa dan serapan karbon hutan mangrove Tanjung Batu, Desa Sekotong Tengah, Kabupaten Lombok Barat

2. Metode Penelitian

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

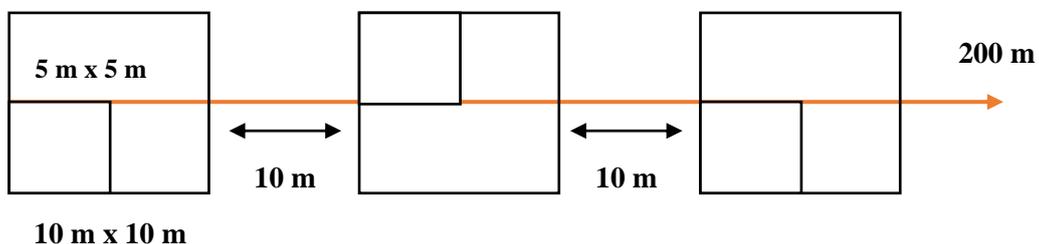
Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Agustus sampai dengan Oktober 2021 di hutan mangrove Tanjung Batu Desa Sekotong Tengah, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat. Lokasi penelitian ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Figure 1. Research Location Map

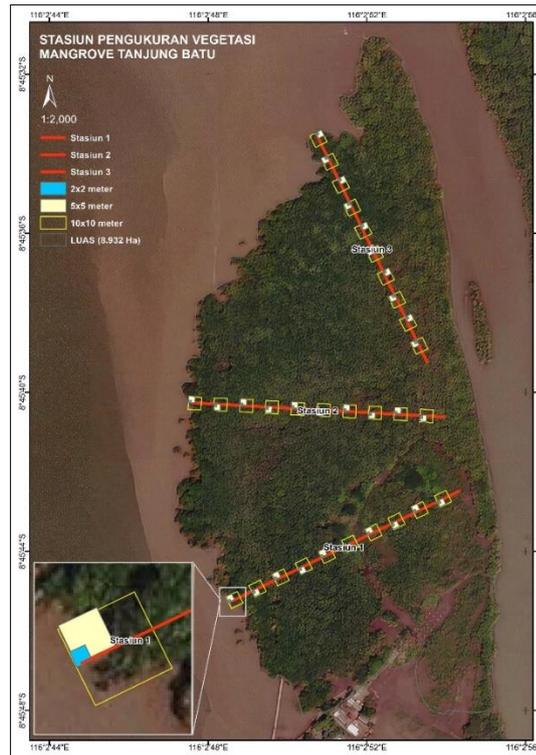
2.2. Rancangan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: vegetasi hutan mangrove Tanjung Batu, alat tulis, Hagameter, Pitameter, Roll meter, Kamera, *Tally sheet*, dan Ms Excel. Data yang diambil dalam penelitian ini berupa data vegetasi hutan mangrove Tanjung Batu. Data vegetasi yang dikumpulkan meliputi data jenis/spesies pohon, tinggi pohon, dan diameter pohon. Data tersebut dikumpulkan dengan plot contoh dengan metode jalur berpetak (ditunjukkan pada Gambar 2). Plot transek atau jalur dibuat dengan panjang 200 m dan lebar 10 m yang ditarik garis lurus memotong kontur dari garis pantai menuju arah daratan. Kemudian, pada jalur ini dibuat petak ukur ganda dengan ukuran 5 m x 5 m untuk pengambilan data vegetasi tiang atau pancang dan ukuran 10 m x 10 m untuk tingkat pohon dengan jarak antar petak ukur ganda 10 m (Bengen, 2003). Jarak antar jalur transek yaitu 50 m (Windarni et al., 2018). Jalur transek dibuat menjadi 3 jalur atau 3 stasiun dengan masing-masing stasiun/jalur terdapat 10 petak ukur ganda yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Metode Jalur Berpetak
Figure 2. The Tiled Path Method

Tingkat pohon mangrove memiliki diameter batang > 10 cm pada petak contoh 10 x 10 meter, dengan data yang diambil yaitu jenis, diameter pohon per jenis dengan ukuran 1,3 m dari tanah atau di ukur 20 cm di atas banir atau akar tunjang yang paling atas, dan tinggi pohon. Tingkat tiang atau pancang, dengan data yang diambil yaitu jenis, diameter batang < 10 cm, dan tinggi yang diambil pada petak contoh 5 x 5 meter.



Gambar 3. Stasiun Pengukuran Vegetasi Mangrove Tanjung Batu
Figure 3. Tanjung Batu Mangrove Vegetation Measurement Station

2.3. Analisis Data

Berdasarkan hasil identifikasi jenis vegetasi mangrove di kawasan Tanjung Batu, hanya ditemukan 3 spesies yaitu *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa* dan *Avicennia lanata* yang digunakan untuk menghitung biomassa vegetasi pohon dengan menggunakan persamaan allometrik pada Tabel 1 .

Tabel 1. Model Persamaan Allometrik Biomassa Jenis-Jenis Mangrove
Table 1. Biomass Allometric Equation Model for Mangrove Types

Nama Spesies	Model Allometrik	Sumber
<i>Rhizophora mucronata</i>	$W_r = 0,1466 * DBH^{2,3136}$	Dharmawan (2010)
<i>Rhizophora stylosa</i>	$W_r = 0,1579 * DBH^{2,593}$	(Analuddin et al., 2020)
<i>Avicennia sp.</i>	$W_r = 0,251 * \rho * DBH^{2,46}$	Komiyama et al (2005) dalam Syukri et al., (2018)

Keterangan : W_r = Biomassa (kg), ρ = berat jenis tumbuhan (g/cm^3), DBH = diameter setinggi dada (cm)

Selanjutnya jumlah cadangan karbon dihitung dengan asumsi bahwa jumlah karbon setengah dari biomasnya (IPCC, 2006) sebagai berikut :

$$C = 0,5 \times W$$

Keterangan :

C = cadangan karbon (Tc)

W = Biomassa (Kg)

0,5 = koefisien kadar karbon pada tumbuhan

Analisis serapan karbon dihitung dengan menggunakan data cadangan karbon (IPCC, 2006) sebagai berikut :

$$EC = 3,76 \times CLC - D$$

Keterangan :

EC = Serapan Karbon (tCO_2)

CLC-D = Cadangan Karbon (Tc)

3,76 = *ratio atomic carbon dioxide* terhadap carbon = $44/12$ (tCO₂ / ton C)

3. Hasil Dan Pembahasan

Kawasan mangrove Tanjung Batu merupakan kawasan mangrove yang sudah dimanfaatkan untuk kegiatan wisata alam dengan objek daya tarik utama hutan mangrove. Kawasan mangrove Tanjung Batu terletak di Desa Sekotong Tengah, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat. Kawasan mangrove Tanjung Batu ditumbuhi vegetasi mangrove yang cukup rapat dan sudah dapat membentuk naungan pada jalur trek wisatanya. Berdasarkan hasil analisis vegetasi, jenis-jenis vegetasi mangrove penyusun hutan mangrove Tanjung Batu terdiri dari tiga jenis saja yaitu *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia lanata* (Tabel 2.)

Tabel 2. Komposisi Jenis Penyusun Hutan Mangrove Tanjung Batu

Table 2. Composition of Tanjung Batu Mangrove Forest Types

No.	Spesies	Stasiun 1		Stasiun 2		Stasiun 3		Jumlah
		Tiang	Pohon	Tiang	Pohon	Tiang	Pohon	
1	<i>Rhizophora stylosa</i>	6	12	14	20	12	15	79
2	<i>Rhizophora mucronata</i>	21	15	19	13	31	28	127
3	<i>Avicennia lanata</i>	41	15	29	20	27	16	148
	Jumlah	68	42	62	53	70	59	354

Sumber : Hasil Analisis Data Primer 2021

Berdasarkan jumlah individu jenisnya, kawasan mangrove Tanjung Batu didominasi oleh jenis *Avicennia lanata* yaitu 148 individu yang terdiri dari 51 individu berupa pohon dan 97 individu berupa tiang/pancang. Jenis pohon didominasi oleh *Rhizophora mucronata* sejumlah 56 individu dan *Rhizophora stylosa* sejumlah 47 individu. Jumlah individu akan berpengaruh pada kerapatan pohon karena nilai kerapatan menunjukkan jumlah individu spesies pada satuan luas tertentu (Sari et al., 2019) yang juga punya pengaruh terhadap biomassa dan karbon vegetasi mangrove. Menurut Rachmawati et al. (2014), potensi biomassa mangrove dipengaruhi oleh tingkat kerapatan pohon pada kawasan tersebut.

Pada seluruh stasiun, jenis-jenis yang ditemukan paling banyak masih ditemukan dalam bentuk tiang atau pancang. Hal ini mengindikasikan bahwa usia mangrove di Tanjung Batu masih tergolong muda. Menurut Mann (1988) dalam Muharrahmi et al. (2016), mangrove membutuhkan waktu sekitar 5 tahun untuk tumbuh menjadi pohon dewasa. Tentu saja, pertumbuhan mangrove juga dipengaruhi oleh kondisi tempat tumbuh dan lingkungannya.

Komposisi vegetasi mangrove didominasi oleh tiang atau pancang akan berdampak pada biomassa dan karbon yang tersimpan. Hal ini disebabkan oleh ukuran diameter tiang lebih kecil daripada pohon sehingga potensi biomassa dan karbonnya juga akan lebih kecil daripada vegetasi mangrove dalam kelas pertumbuhan pohon. Hal ini didukung oleh pernyataan Lukito & Rohmatiah (2013) bahwa umur pohon berpengaruh pada biomassa terkait dari ukuran diameternya. Hal tersebut berkaitan dengan proses fisiologi tumbuhan yaitu fotosintesis. Menurut Uthbah et al. (2017), laju fotosintesis dipengaruhi oleh kandungan klorofil, jumlah stomata per satuan luas daun dan umur tegakan. Semakin bertambah umur tegakan maka luas daun per satuan lahan akan meningkat dan meningkatkan serapan CO₂.

3.1 Biomassa Vegetasi Mangrove Tanjung Batu

Biomassa menunjukkan berat kering vegetasi di atas permukaan tanah maupun di bawah permukaan tanah. Akan tetapi, biomassa di atas permukaan tanah merupakan bagian paling besar dari jumlah keseluruhan biomassa vegetasi. berdasarkan hasil estimasi nilai biomassa dari persamaan allometrik menggunakan data diameter dan berat jenis vegetasi, diperoleh

nilai biomassa di kawasan mangrove Tanjung Batu sebesar 422,29 ton pada keseluruhan kawasan (Tabel 3)

Tabel 3. Biomassa Vegetasi Mangrove Tanjung Batu
Table 3. Biomass of Tanjung Batu Mangrove Vegetation

No.	Spesies	Biomassa (kg)*	Biomassa (ton)*	Total Biomassa Seluruh Kawasan(ton)
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	3473,64	3,47	103,30
2	<i>Rhizophora stylosa</i>	5915,40	5,92	175,91
3	<i>Avicennia lanata</i>	4811,77	4,81	143,09
	Jumlah	14200,81	14,2	422,29

*biomassa per luasan seluruh petak ukur (10 m x 10 m x 30 Petak ukur = 3000 m²)

Luas kawasan = 8,93 ha

1 Ha = 10.000 m²

Sumber : Hasil Analisis Data Primer 2021

Jenis mangrove yang menyumbang total biomassa tertinggi yaitu *Rhizophora stylosa* yaitu sekitar 175,91 ton. Hal ini dapat disebabkan oleh komposisi jenis ini yang didominasi pohon yaitu 47 individu yang hanya berbeda 9 individu dari *Rhizophora mucronata*. Dari segi umur, tingkatan hidup pohon lebih tua daripada tingkatan tiang/pancang. Hal ini berpengaruh terhadap biomasnya. Menurut Lukito & Rohmatiah (2013), umur pohon berpengaruh terhadap kandungan biomassa pohon karena semakin bertambah umur pohon maka akan bertambah diameternya akibat proses pertumbuhan pohon. Pohon memiliki ukuran diameter yang lebih besar dibandingkan tingkat tiang/pancang.

Selain itu, kelas diameter jenis *Rhizophora stylosa* lebih besar dibandingkan dengan jenis lainnya. Hal ini juga didukung oleh Putri & Wulandari (2015), bahwa semakin besar diameter maka akan semakin besar biomasnya.

Jenis mangrove yang memiliki nilai biomassa paling rendah yaitu *Rhizophora mucronata* yaitu 103,3 ton. Hal ini dapat disebabkan oleh nilai konstanta persamaan allometrik jenis ini paling rendah yaitu 0,1466 walaupun dari segi usia, jenis ini memiliki komposisi pohon lebih banyak daripada *Avicennia lanata*. Akan tetapi, *Avicennia lanata* memiliki jumlah individu paling banyak sehingga dapat menyumbang biomassa lebih besar daripada *Rhizophora mucronata*.

3.2 Cadangan Karbon dan Serapan Karbon Vegetasi Mangrove Tanjung Batu

Karbendioksida (CO₂) merupakan salah satu komponen penting dalam proses fotosintesis yang diserap oleh vegetasi dalam upaya pembentukan karbohidrat sebagai hasil fotosintesis yang akan disimpan dalam bentuk biomasa (Uthbah et al., 2017). Oleh karena itu, nilai biomasa vegetasi menjadi acuan dalam menentukan cadangan karbon dan serapan CO₂ dan disimpan oleh vegetasi. Cadangan karbon diasumsikan dari setengah nilai biomassa vegetasi. berdasarkan hasil analisis, nilai cadangan karbon total kawasan hutan mangrove Tanjung Batu yaitu 211,21 ton dengan total serapan karbonnya sekitar 794,16 ton CO₂ (Tabel 4.)

Tabel 4. Cadangan dan Serapan Karbon Vegetasi Mangrove Tanjung Batu
Table 4. Carbon Stock and Carbon Sequestration of Tanjung Batu Mangrove Vegetation

No.	Spesies	Biomassa (ton)	Cadangan Karbon (ton)	Cadangan Kabon Seluruh Kawasan (ton)	Serapan Karbon (ton CO ₂)
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	3,47	1,74	51,65	194,19
2	<i>Rhizophora stylosa</i>	5,92	2,96	88,02	330,96
3	<i>Avicennia lanata</i>	4,81	2,41	71,54	269,00
	Jumlah	14,2	7,10	211,21	794,16

Sumber : Hasil Analisis Data Primer 2021

Seperti halnya dengan biomassa, *Rhizophora stylosa* memiliki nilai cadangan karbon paling tinggi yaitu 88,02 ton dan serapan karbon paling tinggi yaitu 330,96 ton. Karbon memiliki hubungan linier dengan biomassa, semakin tinggi biomassa maka semakin tinggi juga karbonnya karena cadangan karbon merupakan setengah dari jumlah biomassa pohon dan serapan karbon merupakan tiga kali cadangan karbonnya. Begitu pula dengan *Rhizophora mucronata* karena memiliki biomassa paling kecil sehingga cadangan karbon dan serapan karbonnya paling kecil.

Jumlah karbon dipengaruhi oleh faktor fisiologi pohon terutama fotosintesis yang merupakan proses utama dalam pembuatan makanan dari bahan anorganik menjadi bahan organik (Uthbah et al., 2017). Laju fotosintesis dipengaruhi oleh umur vegetasi, kandungan klorofil, jumlah stomata per satuan luas permukaan daun. Semakin besar luas daun tegakan persatuan lahan akan semakin meningkatkan besarnya CO₂ yang diserap oleh vegetasi.

Luas daun akan bertambah banyak sejalan dengan bertambahnya umur vegetasi (Uthbah et al., 2017). Oleh karena itu, umur vegetasi berpengaruh terhadap biomasa dan jumlah karbon yang tersimpan (Lukito & Rohmatiah, 2013). Biomasa tegakan juga akan terus meningkat sampai umur tertentu yang dinyatakan oleh perwakilan kelas diameter dan kemudian akan menurun sampai produktivitasnya terhenti (mati) (Langi, 2007). Seiring dengan pertambahan usia mangrove di Tanjung Batu maka dapat memungkinkan potensi cadangan dan serapan karbonnya akan meningkat. Menurut Hidaryanto et al. (2004) dalam Mardiyah et al. (2019) semakin besar vegetasi mangrove yang terbentuk maka akan semakin besar simpanan karbon pada tegakan mangrove tersebut. Dengan demikian, upaya rehabilitasi dan perluasan kawasan mangrove di Tanjung Batu dapat membuka potensi kawasan ini memiliki cadangan dan serapan karbon yang lebih besar sehingga mampu membantu mengatasi permasalahan lingkungan di sekitarnya.

4. Kesimpulan

Total estimasi nilai biomassa yang dihasilkan oleh hutan mangrove Tanjung Batu yaitu 1621,74 ton dan jenis *Rhizophora stylosa* menjadi penyumbang terbesarnya. Total estimasi cadangan karbon di hutan mangrove Tanjung Batu yaitu 810,87 ton dan serapan karbonnya 3048,87 ton CO₂ dan jenis *Rhizophora stylosa* menjadi penyumbang terbesarnya.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Mataram yang telah memwadhahi kegiatan penelitian melalui skema penelitian dosen pemula sumber dana mandiri tahun 2021. Selain itu, penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pengelola kawasan ekowisata mangrove Tanjung Batu, Sekotong, Lombok Barat atas ijin dan dukungannya dalam pelaksanaan penelitian pada kawasan tersebut.

Daftar Pustaka

- Analuddin, K., Kadidae, L. A. O. D. E., Ode, L. A., Yasir, M., Septiana, A., Sahidin, I., ... Nadaoka, K. (2020). Aboveground biomass, productivity and carbon sequestration in *Rhizophora stylosa* mangrove forest of Southeast Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(3), 1316–1325. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210407>
- Chanan, M. (2012). Pendugaan Cadangan Karbon (C) Tersimpan di Atas Permukaan Tanah pada Vegetasi Hutan Tanaman Jati (*Tectona grandis* Linn. F) (di RPH Sengguruh BKPH Sengguruh KPH Malang Perum Perhutani II Jawa Timur). *Jurnal Gamma*, 7(C), 61–73.
- Dharmawan, I. W. S. (2010). Pendugaan Biomasa Karbon di Atas Tanah pada Tegakan *Rhizophora mucronata* di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 15(1), 50–56.
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories – A primer, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. and Tanabe K. Iges.*
- Irsadi, A., Martuti, N. K. T., & Nugraha, S. B. (2015). Estimasi Stok Karbon Mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Jurnal Sain Dan Teknologi "SainteknoL,"* 2(2014), 119–128.
- Langi, Y. (2007). Model penduga biomassa dan karbon pada tegakan hutan rakyat cempaka (*Elmerrillia ovalis*) dan wasian (*Elmerrillia celebica*) di kabupaten minahasa sulawesi utara. *Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.*
- Lukito, M., & Rohmatiah, A. (2013). Estimasi biomassa dan karbon tanaman jati umur 5 tahun (Kasus Kawasan Hutan Tanaman Jati Unggul Nusantara (JUN) Desa Krowe, Kecamatan Lembeyan Kabupaten Magetan). *Agritek*, 14(1), 1–23.
- Mardiyah, R., Ario, R., & Pribadi, R. (2019). Estimasi Simpanan Karbon Pada Ekosistem Mangrove Di Desa Pasar Banggi Dan Tireman, Kecamatan Rembang Kabupaten Rembang. *Journal of Marine Research*, 8(1), 62–68.
- Milang, S., & Yuniati, E. (2010). Potensi Serapan Karbon Beberapa Jenis Tanaman pada Ruang Terbuka Hijau Universitas Hasanuddin Makassar. *Jurnal Biocelebes*, 4(2), 113–122.
- Muharrarhami, N., Budihastuti, R., & Hastuti, E. D. (2016). Pertumbuhan Semai *Rhizophora mucronata* lamk. pada Komposisi Jenis Mangrove dan Lebar Saluran Outlet yang Berbeda di Tambak Wanamina Kelurahan Mangunharjo, Semarang. *Jurnal Biologi*, 5(1), 60–71.
- Pratama, R. (2019). Efek Rumah Kaca terhadap Bumi. *Buletin Utama Teknik*, 14(2), 120–126.
- Putri, A. H. M., & Wulandari, C. (2015). Potensi Penyerapan Karbon Pada Tegakan Damar Mata Kucing (*Shorea javanica*) Di Pekon Gunung Kemala Krui Lampung Barat. *Jurnal Sylva Lestari*, 3(2), 13. <https://doi.org/10.23960/jsl2313-20>
- Rachmawati, D., Setyobudiandi, I., & Hilmi, E. (2014). Potensi Estimasi Karbon Tersimpan pada Vegetasi Mangrove di Wilayah Pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *Jurnal Omni-Akuatika*, XIII(19), 85–91.
- Rahman, Effendi, H., & Rusmana, I. (2017). Estimasi Stok dan Serapan Karbon pada Mangrove di Sungai Tallo, Makassar. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 11(1), 19–28.
- Rahmanto, B. D. (2020). Peta Mangrove Nasional dan Status Ekosistem Mangrove di Indonesia. *Webinar of Development for Mangrove Monitoring Tools in Indonesia.*
- Sari, E. P., Iqbar, I., & Dahlan, D. (2019). Identifikasi Tumbuhan di Sempadan Sungai Krueng Lamnyong Provinsi Aceh. *Jurnal Bioleuser*, 3(1), 18–27.
- Sondak, C. F. A. (2015). Estimasi Potensi Penyerapan Karbon Biru (Blue Carbon) oleh Hutan Mangrove Sulawesi Utara. *Jurnal of Asean Studies on Maritime Issues*, 1(1), 24–29.
- Suarsana, M., & Wahyuni, S. (2011). Global Warming: Ancaman Nyata Sektor Pertanian dan Upaya Mengatasi Kadar CO₂ Atmosfer. *Jurnal Sains Dan Teknologi "Widyatech,"* 11(1), 31–46.
- Syukri, M., Mashoreng, S., Werorilangi, S., Isyrini, R., Rastina, Faizal, A., Gosalam, S. (2018).

- Kajian Stok Karbon Mangrove di Bebanga Kabupaten Mamuju Sulawesi Barat. In *Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan V Universitas Hasanuddin, Makassar* (pp. 335–342).
- Uthbah, Z., Suidiana, E., & Yani, E. (2017). Analisis biomasa dan cadangan karbon pada berbagai umur tegakan damar (*Agathis dammara* (Lamb.) Rich.) di kph banyumas timur. *Scripta Biologica*, 4(2), 119. <https://doi.org/10.20884/1.sb.2017.4.2.404>
- Windarni, C., Setiawan, A., & Rusita. (2018). Estimasi Karbon Tersimpan pada Hutan Mangrove di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lombok Timur. *Jurnal Sylva Lestari*, 6(1), 66–74.