

**Pendugaan Stok Karbon dan Serapan Karbon
pada Tegakan Mangrove di Kawasan
Ekowisata Mangrove Desa Mojo Kabupaten
Pemalang**

*Carbon Stock and Carbon Sequestration
Estimation of Mangrove Stands in Mangrove Eco-
Tourism, Mojo Village, Pemalang*

Raditya Ahmad Rifandi

Ilmu Lingkungan, Universitas Ivet

Jl. Pawiyatan IV No 17 Bendan Dhuwur, Gajahmungkur,
Semarang

Info Artikel

Diterima : 2 Juni 2021
Direvisi : 25 Juni 2021
Disetujui : 30 Juni 2021

Kata kunci:

Mangrove
Blue Carbon
Stok Karbon
Serapan CO₂

Keywords:

Mangrove
Blue Carbon
Carbon Stock
CO₂ Sequestration

Corresponding Author :
Raditya Ahmad Rifandi
radityarifandi@gmail.com
085742143397

Abstrak

Potensi mitigasi terhadap perubahan iklim dimiliki oleh hutan mangrove karena kemampuannya menyimpan dan menyerap karbon dalam waktu yang lama dan dalam jumlah besar. Dengan mempertimbangkan potensi tersebut, perlu dilakukan upaya konservasi kawasan mangrove, antara lain dengan mempertahankan lahan, guna menjaga potensi penyimpanan karbon kepada generasi yang akan datang, melalui pendekatan alami, seperti reboisasi, serta dengan rekayasa teknologi, seperti membangun seawall. Penelitian ini bertujuan mengestimasi biomassa, simpanan karbon dan kemampuan mangrove dalam menyerap karbon dari tegakan pohon mangrove sebagai vegetasi utama penyusun hutan mangrove. Hasilnya dapat menjadi masukan dalam mempertahankan ekosistem mangrove. Metode dalam pengambilan sampel secara purposive pada 4 stasiun, dengan total sampel sebanyak 20 titik yang dianggap mewakili keseluruhan karakteristik vegetasi pada kawasan ekowisata Mangrove di Desa Mojo, Ulujami, Kabupaten Pemalang. Analisis stok karbon dilakukan menggunakan persamaan alometrik yang dapat menunjukkan estimasi simpanan karbon pada tegakan pohon. Hasilnya menunjukkan bahwa di kawasan ini ditemukan tiga spesies mangrove, yaitu Avicennia Marina, Avicennia Alba, dan Rhizophora Mucronata, dengan Index Nilai Penting masing-masing 210,7; 12,8; dan 76,5. Total biomassa dan kandungan karbon yang ada pada tegakan pohon mangrove di seluruh kawasan seluas 57,3 Ha yaitu sekitar 7.070,91 ton biomassa dan 3.323,33 ton simpanan karbon, dengan kemampuan menyerap CO₂ sebesar 12.196,61 ton/hari.

Abstract

The potency for mitigating climate change is owned by mangrove forests because of their ability to store and absorb large amounts of carbon for a long time. Based on this potency, it is necessary to conserve mangrove areas, by maintaining the land as the carbon storage for future generations, by natural approaches, such as reforestation, and by engineering technology, such as building a seawall. The research aims to estimate biomass, carbon storage, and the ability of mangroves to absorb carbon from mangrove tree stands, as the main vegetation that makes up mangrove forests. The results can be the references to maintain mangrove

*Ilmu Lingkungan,
Universitas Ivet, Semarang*

ecosystems. The sampling method is purposive sampling in 4 stations with 20 total sample points, which represent the overall characteristics of the vegetation in Mangrove Eco-Tourism, Mojo Village, Pemalang. Carbon stock analysis was using allometric equations to estimate carbon storage in tree stands. The results showed that there are 3 mangrove species in this area, namely Avicennia Marina, Avicennia Alba, and Rhizophora Mucronata. They each have Important Value Index of 210,7; 12,8; and 76,5. Total biomass and carbon content of mangrove stands in the entire 57,3 Ha area is about 7.070,91 tons of biomass and 3.323,33 tons of carbon storage with the ability to absorb CO₂ is 12.196,61 tons/day.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim secara ilmiah terjadi karena meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca seperti PFC, N₂O, HFC, CH₄, CO₂, dan SF₆ di atmosfer. Hutan memiliki peran penting dalam mengatur stabilitas iklim di bumi melalui siklus karbon. Di samping itu, hutan juga berfungsi dalam menyerap karbon dari atmosfer, dan menyimpannya dalam daun dari vegetasi, jaringan berkayu, perakaran, serta materi organik yang terdapat di dalam tanah.

Ekosistem mangrove dapat ditemukan hampir di seluruh pesisir Indonesia. Namun demikian, kondisinya cukup memprihatinkan karena mengalami tekanan akibat kepentingan pembangunan. Sejak tahun 1980-an telah banyak terjadi alih fungsi lahan hutan mangrove, berupa pengembangan ekonomi di sektor perikanan, khususnya tambak budidaya, pemukiman, serta kawasan industri di area pesisir dan pelabuhan. Hal ini sangat berdampak terhadap berkurangnya luasan mangrove di Indonesia hingga 46,6%. Sejak tahun 1982 hingga tahun 1992, luasan mangrove yang sebelumnya adalah 5,21 Juta Ha berkurang menjadi 2,49 Juta Ha. Namun demikian, pada tahun 2020 tercatat bahwa luasan hutan mangrove bertambah menjadi 3,49 Juta Ha, walaupun 52% dari luasan tersebut dalam kondisi rusak (Dahuri et al, 2004).

Secara ekologis, ekosistem mangrove memiliki fungsi perlindungan bagi pantai, yakni mencegah terjadinya abrasi air laut, di samping menyimpan potensi untuk dikembangkan menjadi kawasan ekowisata

yang dikelola secara mandiri oleh masyarakat lokal (Bengen, 2003; Andhikari & Baral 2018; Sulaiman et al., 2019). Ekosistem mangrove juga memiliki peran penting sebagai penyerap dan penyimpan karbon (C sink) melalui proses fotosintesis, sekaligus sebagai upaya mitigasi dalam menekan laju pemanasan global (Rachmawati et al., 2014). Jumlah dan jenis karbon yang tersimpan pada suatu lahan akan berbeda, tergantung pada keragaman dan kepadatan vegetasi, jenis tanah serta pengelolaannya. Penyimpanan karbon oleh mangrove merupakan salah satu bentuk jasa lingkungan terpenting yang mampu disediakan oleh hutan mangrove. (Donato et al, 2011).

Ekosistem mangrove memiliki peran penting, baik secara ekologis, ekonomis, hingga kemampuannya yang tinggi dalam menyerap karbon dioksida (CO₂) dari udara. Hal ini sebagaimana dilakukan oleh pohon pada saat fotosintesis, di mana CO₂ diserap lalu diubah dalam bentuk karbon organik, yang disimpan berupa biomassa di dalam seluruh bagian pohon. Dengan memperhatikan fungsi ini, ekosistem mangrove memiliki potensi yang sangat besar dalam penyimpanan karbon dan sudah seharusnya diperhatikan. Bentuk pemanfaatan jasa lingkungan dari ekosistem mangrove berupa mitigasi dalam menghadapi climate change, yang kemudian dikenal sebagai istilah Blue Carbon. Blue Carbon diperkenalkan sebagai metafora yang ditujukan untuk menyoroti ekosistem pesisir, yang secara signifikan berpengaruh terhadap karbon organik (C), dibandingkan dengan hutan

terrestrial (disebut green carbon) (Bouillon et al., 2008; Daniel et al., 2011; Donato et al., 2011; Manafe et al., 2016; Alongi, 2014; Duarte et al., 2013).

Potensi mitigasi yang dimiliki oleh ekosistem mangrove terhadap perubahan iklim sangat besar, namun upaya pengembangan Blue Carbon di Indonesia masih menemui hambatan. Dalam studi yang dilakukan oleh Giri et al (2011) menyebutkan bahwa perhitungan simpanan karbon ekosistem mangrove sepanjang jalur wilayah IndoPasifik, yang merupakan wilayah sebaran utama ekosistem mangrove, adalah sebesar 40% dari luasan global, serta memiliki keragaman yang tinggi. Namun demikian, kerusakan mangrove cukup tinggi, khususnya di pesisir Indonesia. Hal ini ditandai dengan menurunnya secara pesat luas kawasan mangrove, maka perlu mendapatkan perhatian yang serius (Alongi, 2002; Palidoro et al., 2010; Giri et al., 2011). Hutan mangrove termasuk dalam wet land yang memiliki fungsi ekologis sebagai penyerap karbon, sehingga diperlukan upaya pengukuran guna mengetahui besar cadangan karbon pada suatu kawasan mangrove.

Kabupaten Pemalang termasuk wilayah di pantai utara Jawa, dengan garis pantai sepanjang 76,63 km. Kawasan mangrove di Jawa Tengah memiliki kondisi dan bentuk yang sangat beragam karena karakteristik pantai serta daya dukung lingkungan yang mempengaruhi kondisi ekosistem mangrove yang terbentuk. Purnawati et al (2015) menyebutkan bahwa kabupaten Pemalang memiliki luasan hutan mangrove 1.797 ha, yang terdiri dari tegakan mangrove di kawasan mangrove sendiri atau hutan atau yang berupa tambak. Dari luasan tersebut, diketahui seluas 256,25 ha kawasan mangrove dalam keadaan rusak.

Pemalang termasuk daerah yang berpengaruh dalam persebaran vegetasi mangrove di Jawa Tengah, dengan karakteristik kawasan yang memiliki kekhasan, salah satunya Ekosistem hutan mangrove Desa Mojo, Kecamatan Ulujami, Kabupaten Pemalang. Ekosistem hutan

mangrove tersebut cukup unik karena berdiri di kawasan tanah timbul, sedangkan saat ini hutan mangrove di kawasan tersebut dikembangkan sebagai ekowisata hutan mangrove yang dikelola oleh masyarakat setempat (Mutia & Rahdriawan, 2014). Pada hutan mangrove Desa Mojo, Pemalang telah dikembangkan kegiatan aquasilviculture yang mengkombinasikan antara lingkungan mangrove dengan budidaya kepiting bakau, ikan dan udang. Ketiganya merupakan komoditi perikanan dengan nilai ekonomis tinggi, khususnya di Indonesia, guna meningkatkan kualitas SDM di sekitar kawasan tersebut (Suryani, et al, 2015; Muali, 2020).

Di samping potensi pada ekosistem mangrove, ada beberapa permasalahan di kawasan mangrove Desa Mojo, antara lain akses yang buruk, laju degradasi yang terus meningkat karena abrasi di sepanjang garis pantai di Desa Mojo, adanya sedimentasi dari Sungai Comal, terjadinya banjir akibat alih fungsi lahan (misalnya adalah tanah timbul yang seharusnya dijadikan lahan menanam mangrove, tetapi digunakan sebagai tambak dan lahan lainnya), serta timbulan tumpukan sampah (Mutia & Rahdriawan, 2014).

Menurut Renta et al. (2016), sebaran mangrove di Desa Mojo didominasi oleh jenis mangrove *Avecennia Marina* dan *Rhizophora Mucronata*, lalu diikuti oleh jenis *Avicennia Alba*. Jenis yang hampir sama ditemukan di pesisir pantai utara Jawa. Hal tersebut dikarenakan baik di kawasan mangrove di Kota Semarang maupun Desa Mojo, Kecamatan Ulujami, Kabupaten Pemalang merupakan hasil dari rehabilitasi mangrove karena ekosistem aslinya telah mengalami kerusakan akibat alih fungsi lahan.

Penelitian ini dilakukan guna mengestimasi kandungan biomassa, simpanan karbon dan juga kemampuan mangrove dalam melakukan penyerapan karbon dari tegakan pohon mangrove menggunakan persamaan allometrik untuk mengestimasi simpanan karbon. Hasilnya diharapkan dapat menjadi rujukan mengenai seberapa pentingnya

mempertahankan ekosistem mangrove di kawasan tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari - Maret 2021. Berada pada koordinat 110o28'14,74" BT; 6o56'20,94" BT di hutan mangrove Desa Mojo, Kecamatan Ulujami, Kabupaten Pemalang, yang memiliki luasan ± 57,3 ha. Plot penelitian digunakan dalam mengukur biomassa vegetasi di dalam kawasan hutan mangrove Pemalang dilakukan dengan metode Purposive sampling. Penentuan sampel berdasarkan rute yang memungkinkan untuk dilalui, dengan membaginya sebanyak 20 titik dalam 4 stasiun yang mewakili seluruh karakteristik spesies vegetasi dan diameter pohon di kawasan hutan mangrove di kawasan tersebut.

Pengukuran Kualitas Lingkungan

Kualitas perairan sangat mempengaruhi struktur, fungsi, komposisi dan pola pertumbuhan mangrove. Oleh karena itu, pengukuran parameter kualitas air sangat diperlukan untuk mengetahui kesesuaiannya bagi mangrove di lokasi penelitian.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Kawasan Mangrove Desa Mojo
Sumber: Peta Penelitian, 2021

Parameter kualitas lingkungan yang diukur antara lain: suhu, yang diukur menggunakan termometer; salinitas, yang diukur menggunakan refraktometer; jenis dan kondisi tanah, yang diperoleh berdasarkan data

sekunder dari Dinas Kelautan dan Perikanan Jawa Tengah terkait Identifikasi Kerusakan dan Perencanaan Rehabilitasi Pantura Jawa Tengah tahun 2011; dan derajat keasaman (pH), yang diukur menggunakan pH meter.

Curah hujan dan oseanografi juga merupakan faktor penentu survive ratio tanaman mangrove. Data oseanografis yang diperlukan meliputi data pasang surut, gelombang, dan arus. Data sekunder diperoleh dari laporan Curah Hujan Kabupaten Pemalang tahun 2018.

Pembuatan Petak Ukur

Kerapatan dan keanekaragaman jenis vegetasi mangrove di hutan mangrove Desa Mojo diukur dengan modifikasi metode sampling yang dikembangkan oleh Smith (1963) dalam Simbala (2007), yakni mengukur vegetasi pohon dengan metode sampling *Point Centered Quarter Method* (PCQM).

Tiap stasiun penelitian ditarik garis transek secara tegak lurus menyusuri luas kawasan dan pada garis transek dibuat masing-masing 4 (empat) titik sebagai kuadran searah empat penjuror mata angin. Kemudian estimasi biomassa mengacu pada metode yang dilakukan Hairiah & Rahayu (2007), yakni dengan mencatat jenis vegetasi yang ditemukan, kemudian diukur diameter batang setinggi dada dari permukaan tanah (DBH = diameter at breast height = 1,3 m), pengukuran dilakukan pada setiap tegakan yang ada di dalam sub plot sebelah kanan dan kiri. Pohon yang dilakukan pengukuran DBH hanya pada pohon dengan diameter > 5cm.

Selanjutnya, meteran gulung dililitkan pada batang pohon, dengan posisi pita disejajarkan pada setiap arah, maka data yang didapatkan ialah lingkaran batang (bukan nilai diameter). Keliling lingkaran batang tiap vegetasi ini kemudian dikonversikan menjadi diameter menggunakan persamaan berikut:

$$D = K / \pi \text{ (Simon, 2007).}$$

Analisis Kerapatan Vegetasi

Data jumlah tegakan pohon mangrove Desa Mojo dipakai untuk memperkirakan jumlah vegetasi di seluruh kawasan mangrove, dengan rumus perhitungan mengacu rumus dari Indriyanto, 2006 dan Fachrul, 2006), sebagai berikut:

Rerata jarak tiap Individu ke titik pengukuran (d)

$$d = \frac{d1 + d2 + d3 + \dots + dn}{n}$$

Keterangan :

d = Rerata jarak individu pohon ke titik pengukuran

d1, d2, d3 ... dn = Jarak tiap-tiap pohon ke titik pengukuran

n = Jumlah pohon yang ditemui

Kerapatan seluruh spesies (K)

$$K = \frac{\text{Luas Area}}{(\text{Jarak rata} - \text{rata Pohon})^2}$$

Kerapatan seluruh spesies per hektar (K)

$$K = \frac{10.000}{(\text{Jarak rata} - \text{rata Pohon})^2}$$

Kerapatan relatif suatu spesies (KR) (%)

$$KR = \frac{10.000}{(\text{Jarak rata} - \text{rata Pohon})^2} \times 100\%$$

Kerapatan Jenis dihitung secara manual untuk memastikan data yang akurat. Pengambilan data kerapatan jenis dihitung dengan plot penelitian yang telah dibuat. Pada setiap plot penelitian, dilakukan identifikasi spesies tegakan mangrove dan pencatatan jumlah individu tiap jenis pohon mangrove. Data yang diperoleh kemudian diolah mengacu pada persamaan Indriyanto (2006) sebagai berikut:

$$Di = ni/A$$

Keterangan:

Di = Kepadatan individu jenis ke-i (indv / m²)

ni = Jumlah individu jenis ke-i yang diperoleh

A = Luas total area pengambilan contoh (m²)

Estimasi Kandungan Biomassa dan Cadangan Karbon

Pengukuran biomasa dengan cara “non-destructive”, kemudian dianalisis

persamaan alometrik yang telah dikembangkan oleh peneliti lain sebelumnya dengan cara *destructive*. Persamaan alometrik yang digunakan pada mangrove jenis *Avicennia Alba*, *Avicennia Marina* dan *Rhizophora Mucronata* disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Model *Allometrik Above Ground Biomass*

Jenis Spesies	Model Alometrik	Referensi
<i>Avicennia alba</i>	0.1998 (DBH) ^{2.222}	Komiyama <i>et al.</i> (2005)
<i>Avicennia marina</i>	0.1848 (DBH) ^{2.3524}	Dharmawan dan Siregar (2008)
<i>Rhizophora mucronata</i>	0.1466 (DBH) ^{2.3136}	Dharmawan (2010)

Sumber: Hairah *et al.*, 2007

IPPC (2010) menyebutkan bahwa nilai karbon yang terkandung di dalam bahan organik yaitu 47%, maka rumus hitung perkiraan jumlah karbon tersimpan yaitu dengan mengalikan 47% dari nilai biomassa, seperti persamaan berikut:

$$C_n \text{ (ton/ha)} = \text{Biomassa (ton/ha)} \times 0,47$$

Untuk mengestimasi serapan CO₂ konversi *carbon stock* ke total serapan CO₂ dapat menggunakan perbandingan massa atom relatif C, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$CO_2 = C_n \times 3,67$$

Keterangan:

3,67 = Angka ekuivalen atau konversi unsur C ke CO₂

(massa atom C=12 dan O=16, CO₂= (1x12) + (2x16) = 44; dikonversi menjadi (44 : 12) = 3,67).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Perairan

Nilai salinitas di kawasan mangrove yang diamati saat penelitian memiliki nilai 28-33 ppt, sedangkan suhu perairan saat pengamatan bernilai 23-29 °C. Bagi beberapa spesies mangrove yang mendominasi di Pulau Jawa, seperti *E. Rhizophora* sp., *Agallocha*, *Avicennia Marina*, *C. Tagal*, *Sonneratia* sp.,

dan *L. Racemosa*, mampu hidup baik dalam kisaran salinitas 10-30 ppt (Kusmana *et al.*, 2003). Hal yang cenderung mempengaruhi sebaran salinitas di air laut, antara lain sirkulasi air, aliran sungai, curah hujan, dan evaporasi (Nontji, 2005).

Tekstur tanah di kawasan mangrove Desa Mojo ialah jenis lempung (DKP Jateng, 2011). Tekstur dan kondisi tanah sesuai bila digunakan sebagai substrat tempat tumbuh untuk mangrove jenis *Rhizophora* sp., *Avicenia* sp., *L. racemosa*, *E. agallocha*, *Ceriops* sp., dan *Sonneratia* sp. (Kusmana *et al.*, 2003).

Suhu perairan dan salinitas termasuk faktor yang penting dalam kemampuan tumbuh tanaman mangrove. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu perairan cukup optimal sebagai tempat hidup tanaman mangrove, karena mangrove akan tumbuh subur pada daerah tropis dengan suhu lebih dari 20°C (Supriharyono, 2007).

Kondisi Oseanografis dan Curah Hujan

Tipe pasang surut di kawasan penelitian termasuk pada jenis campuran condong pada harian tunggal. Pada tipe ini,

penggenangan terjadi dalam sehari sebanyak 1-2 kali atau minimal penggenangan terjadi selama 20 hari dalam sebulan, dengan julat pasang hingga 1 m. Nilai curah hujan di kawasan penelitian diketahui sebesar 1.500 - 1.750 mm/th (Pemb. Pemalang, 2018). apabila mengacu pada Aksornkoae (1993), yang menyebutkan bahwa tanaman mangrove tumbuh baik dengan rerata curah hujan 1.500-3.000 mm/th, maka hasil pengamatan menyebutkan bahwa pada kawasan tersebut optimal sebagai lokasi tumbuhnya tanaman mangrove.

Struktur dan Komposisi Ekosistem Mangrove

Perhitungan analisis vegetasi mangrove di kawasan ekowisata mangrove Desa Mojo, Kecamatan Ulujami, Kabupaten Pemalang ditemukan 3 spesies mangrove yang terhitung dalam transek penelitian, antara lain *Avicennia alba*, *Rhizophora mucronata*, dan *Avicennia Marina*. Nilai tingkat kerapatan, dominasi, kerapatan, dan frekuensi relatif pada setiap stasiun penelitian ditampilkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Hasil Analisis Kerapatan Individu, Kerapatan Relatif, dan Frekuensi Relatif Mangrove

Nama Spesies	Ni	K (Ind/ha)	BA (cm ²)	KR (%)	FR (%)	DR (%)	NP
<i>Avicennia Marina</i>	52	652	2938,1	65	65	80,7	210,7
<i>Avicennia Alba</i>	3	38	195,25	3,8	3,8	5,3	12,8
<i>Rhizophora Mucronata</i>	25	314	516,2	31,3	31,3	14,0	76,5
Total	80	1003	3649,5	100	100	100	300

Keterangan:

Ni = jumlah individu spesies ke-i

K = kerapatan

BA = basal area

KR = kerapatan relatif

DR = dominansi relatif

NP = nilai penting

Berdasarkan hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP), diketahui bahwa vegetasi mangrove *Avicennia Marina* memiliki persentase nilai tertinggi dibanding jenis lainnya

yang diketahui di hutan mangrove Desa Mojo, yaitu sebesar 80,7%. Selanjutnya INP untuk pohon *Rhizophora Marina* dan *Avicennia Alba*, masing-masing 76,5% dan 12,8%. INP ini menunjukkan dominasi jenis tertentu. Beberapa jenis mangrove di atas, spesies *Avicennia marina* memiliki nilai paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa spesies tersebut memiliki kemampuan berkembang dengan baik terhadap lingkungan tempat hidup mangrove.

Luas hutan mangrove Desa Mojo, Kecamatan Ulujami, Kabupaten Pemalang, yang diukur dengan *Google Earth*, diketahui seluas 57,3 ha. Luasan kawasan ekowisata mangrove diketahui mengalami penurunan luasan sebesar 14,7 ha sejak 5 tahun terakhir (Renta, 2016). Spesies mangrove di area penelitian didominasi oleh *Avicennia Marina*, *Rhizophora Mucronata* dan *Avicennia Alba*. Dominasi jenis mangrove cenderung sama pada beberapa kawasan mangrove di pesisir Pantura Jawa. Dominasi spesies tersebut disebabkan kawasan mangrove sepanjang pesisir pantura merupakan hasil rehabilitasi

dengan ekosistem buatan akibat ekosistem mangrove awal telah rusak. Selain itu, sebagian lainnya yang ditanam adalah jenis *Avicennia* sp. dan *Rhizophora* sp. (Martuti, 2013; Azzahra *et al.*, 2020).

Kandungan biomassa dianalisis menggunakan persamaan alometrik yang telah dikembangkan oleh Dharmawan & Siregar (2008) dan Dharmawan (2010), maka diketahui nilai biomassa, *carbon stock* (C) serta serapan karbondioksida (WCO_2) mengacu pada Martha *et al.* (2019) tegakan sebagai berikut :

Tabel 3. Estimasi Rerata Biomassa dan Cadangan Karbon pada tiap Tegakan Mangrove

No	Nama Spesies	Rerata diameter (cm)	Rerata Biomassa (kg)	Cn	WCO_2
1	<i>Avicennia Marina</i>	15,64	119,10	55,98	205,44
2	<i>Avicennia Alba</i>	20,70	249,06	117,05	429,56
3	<i>Rhizophora Mucronata</i>	17,87	115,60	54,31	119,32

Keterangan:

Cn = kandungan karbon pada sampel n

WCO_2 = kemampuan penyerapan CO_2

Tabel 4. Estimasi Biomassa dan Cadangan Karbon per Hektar

No	Nama Spesies	K (Ind/ha)	Biomassa (ton/ha)	Cn (ton/ha)	WCO_2 (ton/hari)
1	<i>Avicennia Marina</i>	652	77,65	36,50	133,94
2	<i>Avicennia Alba</i>	38	9,46	4,45	16,42
3	<i>Rhizophora Mucronata</i>	314	36,28	17,05	62,58
		1.004	123,40	57,99	212,99

Keterangan:

K = kerapatan

Cn = kandungan karbon pada sampel n

WCO_2 = kemampuan penyerapan CO_2

Kandungan Biomassa

Tegakan mangrove dapat menghasilkan biomassa yang lebih besar dari ekosistem perairan lainnya yang termasuk lahan basah. Namun demikian, kandungan biomassa vegetasi besar mampu menghasilkan konversi kandungan karbon yang besar pula. Suatu kawasan dapat memperoleh jumlah biomassa dari produksi dan kerapatan. Lebih lanjut, hal tersebut

berasal dari pendugaan nilai diameter, berat jenis, tinggi tanaman atau kepadatan setiap spesies atau jenis pohon, juga kualitas dan kesuburan tanah (Heriyanto et al, 2011).

Penghitungan biomassa pada tegakan pohon menggunakan metode *non destructive sampling*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari jumlah 200 tegakan yang diamati, diketahui estimasi total biomassa adalah sekitar 123.40 ton/ha, dengan nilai biomassa per

jenis pohon tertinggi, yaitu pada jenis mangrove *Avicennia Alba*, dengan rerata kandungan biomassa sebesar 249,06 kg per pohon. Mangrove *Avicennia Alba* yang ditemukan pada lokasi penelitian memiliki diameter yang paling besar dibandingkan jenis lainnya. Di sisi lain, nilai biomassa jenis *Avicennia Marina* dan *Rhizophora Mucronata* dengan rata-rata nilai 119,1 kg dan 115,6 kg per pohon.

Secara rerata, biomassa per pohon yang paling besar dihasilkan oleh *Avicennia Alba* (mengacu pada Tabel 3), namun secara keseluruhan mangrove jenis *Avicennia Marina* yang memberikan sumbangan biomassa tertinggi pada kawasan mangrove yang diujikan, yaitu sebesar 77,65 ton/ha. Besaran tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan yang dihasilkan oleh jenis *Avicennia Alba*, yang memiliki nilai 9,46 ton/ha, dan *Rhizophora Mucronata* dengan nilai 17,05 ton/ha (Tabel 4).

Beberapa hasil kajian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa kandungan biomassa dan adanya kecenderungan dominasi jenis yang sama yaitu *Avicennia Marina*, seperti pada kajian yang dilakukan oleh Rifandi (2020), dengan nilai biomassa 178,35 ton/ha, dan Azzahra et al (2020), dengan nilai biomassa sebesar 404,80 ton/ha. Bila dibandingkan dengan penelitian terdahulu, nilai kandungan biomassa pada lokasi penelitian ini lebih rendah. Hal tersebut dikarenakan rerata diameter pada vegetasi di lokasi ini memiliki nilai lebih kecil dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di lokasi berbeda.

Kandungan biomassa pada pohon yang besar mengakibatkan karbon yang tersimpan pada tegakan pohon juga jadi lebih besar. Nilai biomassa pohon sangat terpengaruh pada besar kecilnya diameter dan tinggi vegetasi itu sendiri. Vegetasi yang lebih tinggi akan banyak menerima sinar matahari dibandingkan pohon lain yang tertutupi oleh kanopi pohon lainnya. Oleh karena itu, nilai biomassa terbesar ditemukan terdapat pada jenis

mangrove yang berukuran lebih besar dan tinggi.

Kandungan dan Serapan Karbon Pada Vegetasi Mangrove

Tanaman mangrove, sebagai vegetasi penyusun utama hutan, memiliki interaksi penting dengan karbon dioksida (CO₂), khususnya pada daun. Hal ini karena proses fotosintesis yang memerlukan CO₂ sebagai sumbernya. Keberadaan pepohonan dalam jumlah banyak pada area hutan membuat fungsi hutan sebagai penyerap karbon sangat diperlukan. Hal ini akan berkelanjutan dalam jangka panjang selama hutan tersebut masih didominasi oleh pohon. Kontribusi hutan yang mengkonsumsi karbon ini harus selalu diperhatikan oleh semua pihak dalam pengelolaannya, sehingga estimasi karbon dapat terus seimbang, di samping perlu adanya kajian mengenai karbon dioksida untuk mendukungnya (Junaedi, 2007).

Stok karbon pada vegetasi tanaman mangrove dipengaruhi besarnya biomassa yang dihasilkan oleh pohon, di mana biomassa vegetasi yang besar akan menghasilkan konversi karbon yang relatif tinggi pula. Hal ini menunjukkan bahwa penyerapan CO₂ sangat terkait dengan biomassa pada tegakan vegetasi di lokasi penelitian (Azzahra, 2020).

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis terkait dengan pendugaan cadangan karbon dan kemampuan penyerapan CO₂ oleh tanaman mangrove, diketahui bahwa rerata kandungan karbon per pohon dalam kawasan hutan mangrove Desa Mojo untuk jenis *Avicennia Marina*, *Avicennia Alba* dan *Rhizophora Mucronata* adalah 55,98 kg; 117,05 kg dan 54,31 kg.

Selanjutnya, dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa *Avicennia Marina* memiliki nilai cadangan karbon tertinggi, yaitu sebesar 36,49 ton/ha. Selain itu, jenis *Rhizophora Mucronata* dengan nilai 17,05 ton/ha, sedangkan untuk jenis *Avicennia Alba* memiliki estimasi nilai cadangan karbon paling sedikit yaitu senilai 4,44 ton/ha. Dari

keseluruhan nilai cadangan karbon ini, total nilai cadangan seluruh jenis mangrove adalah sebesar 57,99 ton/ha.

Nilai kemampuan menyerap karbon dioksida untuk jenis *Rhizophora Mucronata* adalah sebesar 55,7 ton/ha, dengan kemampuan penyerapan CO₂ sebesar 204,4 ton/hari. Nilai-nilai tersebut didapatkan karena secara keseluruhan jumlah kehadiran dari vegetasi mangrove didominasi oleh jenis *Avicennia Marina* dibandingkan spesies mangrove lain yang terdapat pada lokasi penelitian, sebagaimana telah disajikan pada Tabel 2. Secara keseluruhan, total kemampuan menyerap karbon dari seluruh jenis mangrove yang ditemukan di lokasi penelitian adalah sebesar 212,85 ton/hari.

Cadangan karbon pada kawasan ekowisata hutan mangrove memiliki nilai lebih tinggi bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Paradika (Paradika et al, 2021), yang menghitung total simpanan cadangan karbon dalam vegetasi pada sekitar kawasan sempadan sungai KHDTK Universitas Lambung Mangkurat, dengan nilai sebesar 61 ton/ha dan jumlah total biomassa sebesar 90,41 ton. Hal menunjukkan bahwa jumlah biomassa di hutan mangrove termasuk tinggi dan relatif dapat lebih besar dari jumlah biomassa hutan hujan tropis.

Nilai tingkat kemampuan menyerap karbon dioksida pada penelitian terdahulu memiliki nilai 697,607 ton/ha (Azzahra et al, 2020) dan 447,67 ton/ha (Rifandi, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kemampuan menyerap karbon yang dimiliki vegetasi mangrove pada Kawasan Ekowisata Mangrove Desa Mojo lebih rendah bila dibandingkan penelitian terdahulu di kawasan hutan mangrove Desa Bedono, Kabupaten Demak dan Hutan Mangrove Trimulyo, Genuk, Semarang. Besaran nilai cadangan karbon maupun kemampuan menyerap karbon dioksida sangat dipengaruhi pada besarnya nilai biomassa vegetasi tersebut. Besar kecilnya ukuran pohon mangrove juga dipengaruhi oleh tindakan silvikultur, yakni penjarangan tegakan pohon pada suatu kawasan (Kesuma et al, 2016).

SIMPULAN

Secara keseluruhan, Kawasan ekowisata mangrove Desa Mojo, Kelurahan Petarukan, Kabupaten Pemalang, diperkirakan memiliki luasan 57,3 ha, dengan total tegakan berjumlah 57.471 tegakan. Tegakan tersebut meliputi spesies *Avicennia Marina*, *Rhizophora Mucronata* dan *Avicennia Alba*. Estimasi total kandungan biomassa di seluruh kawasan diperkirakan bernilai 7.070,91 ton, dengan nilai stok karbon sebesar 3.323,33 ton. Adapun kemampuan penyerapan karbon diperkirakan sebesar 12.196,61 ton/hari di seluruh kawasan ekowisata mangrove Desa Mojo, Kecamatan Ulujami, Kabupaten Pemalang.

SARAN

Dalam menjaga potensi karbon stok di kawasan ekowisata mangrove Desa Mojo, Kabupaten Pemalang, perlu dilakukan upaya konservasi mangrove guna menjaga keberlanjutan ekosistem mangrove di kawasan tersebut. Perlu ada kajian lebih lanjut dengan metode destructive untuk mengetahui kandungan biomassa dan stok karbon secara lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Andhikari, S. and H. Baral. 2018. Governing Forest Ecosystem Services for Sustainable Environmental Governance: a Review Journal Environments. 5 (53):1-13.
- Azzahra, F. S., Suryanti, S. Febrianto. 2020. Estimasi Serapan Karbon pada Hutan Mangrove Desa Bedono, Demak, Jawa Tengah. Journal of Fisheries and Marine Research 4 (2): 308-315.
- Aksornkoae, S. 1993. Ecology and Management of Mangrove. IUCN. Bangkok. Thailand: 176.
- Alongi, D. M. 2014. Carbon Cycling and Storage in Mangrove Forests. Annual Review of Marine Science, 6 (1), 195–219. doi:10.1146/annurev-marine-010213-135020.

- Bengen, D. G. 2003. Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. PKSPL. Bogor
- Bouillon, S., Borges, A. V., Castaneda-Moya, E., Diele, K., Dittmar, T., & Duke, N.C. 2008. Mangrove Production and Carbon Sinks: A Revision of Global Budget Estimates. *Global Biogeochemical Cycles*, 22 (2).
- Daniel C. D, Kauffman J. B, Murdiyarso D, Kurnianto S, Stidham M, Kanninen M. 2011. Mangroves Among The Most Carbon-Rich Forests In The Tropics. *Nature Geoscience*. DOI: 10.1038.
- Dharmawan, I. W. S. dan C. A. Siregar. 2008. Karbon Tanah dan Pendugaan Karbon Tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. di Ciasem, Purwakata. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 5 (4): 317-328.
- Dharmawan, I. W. S. 2010. Pendugaan Biomassa Karbon di Atas Tanah pada Tegakan *Rhizophora mucronata* di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 15 (1): 50-56.
- Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) Prov. Jateng. 2011. Identifikasi Kerusakan dan Perencanaan Rehabilitasi Pantura Jawa Tengah. Dinas Perikanan dan Kelautan Propinsi Jawa Tengah, Semarang.
- Donato, D.C., J.B. Kauffman, D. Murdiyarso, S. Kurnianto, M. Stidham dan M. Kanninen. 2011. Mangroves Among the Most Carbon-Rich Forest in the Tropics. *Nature Geoscience*. 4 (5): 293-297.
- Duarte, C. M., Losada, I. J., Hendriks, I. E., Mazarrasa, I. & Marba, N. 2013. The Role of Coastal Plant Communities for Climate Change Mitigation and Adaptation. *Nat. Clim. Change* 3: 961-968.
- Fachrul, M. F. 2006. Metode Sampling Bioekologi. Jakarta: Bumi Aksara.
- Giri C., E. Ochieng, L. L. Tieszen, Z. Zhu, A. Singh, T. Loveland, J. Masek and N. Duke. 2011 Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology Biogeography* 20: 154-159.
- Hairiah K. dan S. Rahayu. 2007. Pengukuran 'Karbon Tersimpan' di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Unibraw, Indonesia. Hlm 77.
- Heriyanto, N. M., E. Subiandono, dan E. Karlina. 2011. Potensi dan sebaran nipah (*Nypa fruticans* (Thunb.) Wurmb) sebagai sumberdaya pangan (Potency and distribution of *Nypa palm* (*Nypafruticans* (Thunb.) Wurmb) as food resource). *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 8 (4): 1 - 8.
- Indriyanto. 2006. *Ekologi Hutan*. Jakarta : PT Bumi Aksara.
- Kesuma, R. A., A. Kustanti, dan R. Hilmanto. 2016. Pertumbuhan Riap Diameter pohon Bakau Kurap (*Rhizophora mucronata*) di Lampung Mangrove Center. *Jurnal Sylva Lestari*. 4 (3): 97-106.
- Komiyama, A., S. Poungharn and S. Kato. 2005. Common Allometric Equations for Estimating the Tree Weight of Mangroves. *Journal of Tropical Ecology*. 21 (04): 471 – 477.
- Kusmana C., Onrizal dan Sudarmaji. 2003. Jenis-Jenis Pohon Mangrove di Teluk Bintuni Papua. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor dan PT Bintuni Utama Murni.
- Manafe G., M. R. Kaho, dan F. Risamasu. 2016. Estimasi Biomassa Permukaan dan Stok Karbon pada Tegakan Pohon *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* di Perairan Pesisir Oebelo Kabupaten Kupang. *Jurnal Bumi Lestari*. 16 (2): 163-173.
- Martha, P. Peñaranda, J. R. C. Kintz, Enrique dan P. Salamanca. 2019. Carbon stocks in Mangrove Forests of the Colombian Pacific, Manuscript: 1-15.

- Martuti, N.K.T. 2013. Keanekaragaman Mangrove di Wilayah Tapak, Tugurejo, Semarang. *Jurnal MIPA UNNES*. Vol. 36 (2): 123-130.
- Muali. 2020. Strategi Pengelolaan Mangrove di Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang Jawa Tengah. *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*. 21 (1): 35-47.
- Mutia, S. dan M. Rahdriawan. 2014. Konsep Pengemangan Ekowisata Hutan Mangrove Desa Mojo, Kecamatan Ulujami, Kabupten Pemalang. *Jurnal Teknik PWK*. 3 (4): 748-766.
- Nontji, A. 2005. *Laut Nusantara (Edisi revisi)*. Djambatan, Jakarta.
- Palidoro, B.A., K.E. Carpenter, L. Collins, N.C Duke, A. M. Ellison, J.C. 2010. The loss of species: Mangroves extinction risk and geographic areas of global concern. *Plos One* 5(4): e10095.
- Paradika, G. Y. P., Kissinger dan A. A. Rezekiah. 2021. Pendugaan Cadangan Karbon Vegetasi di Sempadan Sungai pada Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal Sylva Scientae*. 04 (1): 98-106.
- Purnawati, A.D., S.W. Saputra dan D. Wijayanto. 2015. Nilai Ekonomi Hutan Mangrove di Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang. *Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. Journal of Maquares*. Vol 4 (3): 204-213.
- Rachmawati, D., I. Setyobudiandi, dan E. Hilmi. 2014. Potensi Estimasi Karbon Tersimpan pada Vegetasi Mangrove di Wilayah Pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *Jurnal Omni-Akuatika*. 10 (2): 85-91. DOI : 10.20884/1.oa.2014.10.2.22.
- Renta, P.P., R. Pribadi, M. Zainuri, M.A.F. Utami. Struktur Komunitas Mangrove di Desa Mojo Kabupaten Pemalang Jawa Tengah. 2016. *Jurnal Enggano* 1 (2): 1-10.
- Rifandi, R.A. 2020. Estimasi Stok Karbon dan Serapan Karbon pada Tegakan Pohon Mangrove di Hutan Mangrove Trimulyo, Genuk, Semarang. *Journal of Enviromental Science Sustainable*, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 11 - 18, dec. 2020.
- Simbala H.E.I. 2007. Keanekaragaman floristik dan pemanfaatannya sebagai tumbuhan obat di Kawasan Konservasi II Taman Nasional Bogani Nani Wartabone (Kabupaten Bolaang Mongondow Sulawesi Utara). Disertasi. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Simon, 2007. *Metode Inventore Hutan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Smith Wyatt J. 1963. *Manual of Malayan Silvicultur Part I-II. Malayan Florest Record No 23. Forest Research Institutite of Malay*. Kepong. Malaysia.
- Sulaiman, M., B. Sulardiono, dan C. Ain. 2019. Strategi Pengembangan Wisata Hutan Mangrove Berbasis Kegiatan Konservasi di Desa Kartika Jaya Kabupaten Kendal. *Journal of Maquares*. 8 (2): 46-5.
- Supriharyono. 2007. *Konservasi Ekosistem Sumber Daya Hayati di Wilayah. Pesisir dan Laut Tropis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Suryani, I., K. Nirmala dan Y. P. Hastuti. 2015. Karakteristik lingkungan hutan mangrove di Desa Mojo, Pemalang, Jawa Tengah sebagai acuan kegiatan aquasilviculture kepiting bakau *Scylla serrata*. *Bonorowo Wetlands* 6 (2): 82-91.

