

Original Research Paper

## Potential Carbon Content in The Coastal Mangrove Forests Area Of West Lombok District, West Nusa Tenggara Province

Haryani<sup>1\*</sup>, Muhlis<sup>1,2</sup>, Didik Santoso<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Pendidikan IPA Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

### Article History

Received : June 08<sup>th</sup>, 2022

Revised : June 25<sup>th</sup>, 2022

Accepted : July 15<sup>th</sup>, 2022

\*Corresponding Author:

**Haryani,**

Program Studi Magister Science  
Education University of Mataram,  
Mataram, Indonesia;

Email: [Haryani022003@gmail.com](mailto:Haryani022003@gmail.com)

**Abstract:** Mangrove forests have very important ecological functions for coastal areas as carbon stores so this study aims to determine the potential carbon content of mangrove forests. The implementation of this research is in the coastal area of West Lombok Regency, West Nusa Tenggara Province. Two locations were found, namely Sekotong Beach and Cemara Beach. This research method uses a survey method. Data were analyzed by IPCC analysis method. The results showed that at Cemara Beach the highest carbon content was produced in the mangrove species *Avecennia lanata*, with the total carbon content and carbon absorption being 7,456 tons C/ha and 27,364 tons CO<sub>2</sub>/ha. while at Sekotong Beach the carbon content is found in the *Avecennia lanata* species, with a total carbon content of 2,847.6 tons C/ha and carbon sequestration of 10,067.54 tons CO<sub>2</sub>/ha. The difference in potential carbon content on the two beaches in West Lombok district is due to because the soil conditions are different but the carbon content is still good enough for the potential carbon content in the coastal mangrove ecosystem area of West Lombok Regency, West Nusa Tenggara.

**Keywords:** Mangrove, Carbon Content, West Lombok Beach

### Pendahuluan

Hutan mangrove adalah ekosistem peralihan antara perairan laut, perairan payau, dan sungai (Bengen, 2004). Setiap perairan akan berasosiasi dengan organisme lain untuk membentuk ekosistem. Ekosistem terjadi karena adanya interaksi antara komponen abiotik dan biotik. Interaksi faktor biotik dan abiotik tersebut akan membentuk ekosistem mangrove. Ekosistem mangrove akan menjadi sumberdaya alam yang bersifat alami yang dapat diperbaharui (renewable resources) dan harus dijaga keutuhan fungsi serta kelestariannya (Irwanto, 2007).

Ekosistem mangrove berfungsi dalam ekologis yang sangat penting terutama bagi wilayah pesisir. Fungsi ekologis mangrove salah satunya berperan dalam upaya mitigasi pemanasan global adalah mangrove sebagai penyimpan karbon. Mangrove menyimpan karbon paling banyak dibandingkan hutan lainnya di bumi, sebuah penelitian yang dilakukan tim peneliti US Forest Service Pasifik Barat Daya dan stasiun

Penelitian Utara, Universitas Helsinki dan Pusat Penelitian Kehutanan Internasional meneliti kandungan karbon dari 25 hutan mangrove di wilayah Indo-pasifik dan menemukan bahwa hutan mangrove per hektar menyimpan sampai empat kali lebih banyak karbon daripada kebanyakan hutan tropis lainnya di seluruh dunia (Daniel *et al.*, 2011). Penelitian lain yang dilakukan oleh ilmuwan Gail Chmura ahli pembersih karbon dari Universitas Mc Gill menyatakan bahwa hutan mangrove memiliki tingkat penyerapan lima kali lebih cepat terhadap unsur karbon di udara jika dibandingkan dengan hutan di daratan. Hutan mangrove dapat menyerap 42 juta ton karbon di udara tiap tahunnya atau setara dengan emisi gas karbon dari 25 juta mobil (Ardianto, 2011). Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan mengenai potensi karbon tersimpan pada hutan mangrove seperti di Sampang, Madura rata-rata stok karbon pada tegakan *Rhizophora stylosa* adalah sebesar 196,855 ton/ha dengan penyerapan karbon sebesar 721,582 ton CO<sub>2</sub>/ha (Imiliyana *et al.*, 2012).

Ekosistem mangrove Indonesia mampu menyerap karbon di udara sebanyak 67,7 MtCO<sub>2</sub> per tahun (Sadeli *et al.*, 2012). Besarnya kandungan karbon dipengaruhi oleh kemampuan pohon tersebut untuk menyerap karbon dari lingkungan melalui proses fotosintesis, yang dikenal dengan proses *sequestration* (Hilmi, 2003).

Proses fotosintesis, CO<sub>2</sub> dari atmosfer diikat oleh vegetasi dan disimpan dalam bentuk biomassa. Karbon zink berhubungan erat dengan biomassa tegakan. Jumlah biomassa suatu kawasan diperoleh dari produksi dan kerapatan biomassa yang diduga dari pengukuran diameter, tinggi, dan berat jenis pohon. Biomassa dan karbon zink pada hutan tropis merupakan jasa hutan diluar potensi biofisik lainnya, dimana potensi biomassa hutan yang besar adalah menyerap dan menyimpan karbon guna pengurangan CO<sub>2</sub> di udara (Darusman, 2006).

Pantai Cemara dan Pantai Sekotong merupakan wilayah kawasan pesisir yang berada di Kabupaten Lombok Barat Provinsi Nusa Tenggara Barat. Pantai Cemara dan Pantai Sekotong memiliki ekosistem mangrove yang cukup luas. Mangrove di pantai Cemara dan Pantai Sekotong dapat dijadikan sebagai wilayah penyangga untuk mengurangi potensi dampak pemanasan global. Pantai Cemara dan Pantai Sekotong memiliki beberapa jenis mangrove. Namun, pada tiap tahunnya mengalami degradasi yang cukup tinggi diakibatkan meningkatnya pembangunan sektor pariwisata dan lahan tambak oleh masyarakat

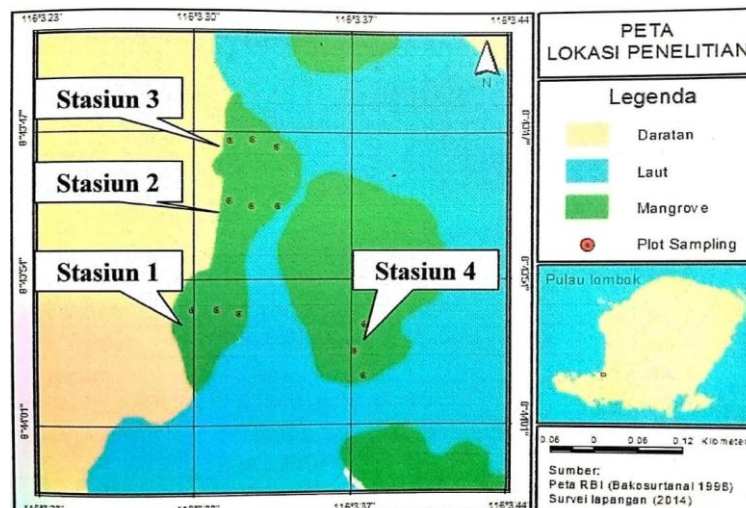
sekitar pesisir Pantai Cemara kabupaten Lombok Barat (Kusnita, 2014), sehingga dari hasil data-data penelitian menunjukkan bahwa keberadaan hutan mangrove menjadi tidak kalah penting karena mampu mengurangi dampak dari isu pemanasan global dengan kemampuannya dalam menyerap karbondioksida yang tinggi dibandingkan hutan alam sekunder yang hanya mampu menyimpan karbon sebanyak 27,18 to C/ha dengan serapan karbon sebesar 102,3 ton CO<sub>2</sub>/ha (Heriyanto & Siregar, 2007).

Penelitian mengenai potensi kandungan karbon yang tersimpan pada ekosistem mangrove di daerah pesisir Pantai Kabupaten Lombok Barat, NTB perlu dilakukan dengan mengetahui jumlah karbon yang mampu diserap oleh mangrove untuk memahami manfaat ekologi mangrove sebagai potensi penyerapan karbon sehingga dapat meningkatkan kesadaran untuk lebih menjaga dan konservasi mangrove lebih ditingkatkan.

## Bahan dan Metode

### Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai Oktober 2021 di Pantai Cemara Kecamatan Lembar dan Pantai Sekotong di dusun Siung dan Dusun Rembang Desa Batu Putih Kabupaten Lombok Barat. Aspek yang diamatai adalah potensi kandungan karbon yang tersimpan di mangrove. Gambar1. Pengambilan data mangrove dilakukan pada 4 stasiun.

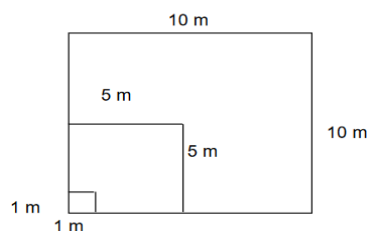


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Pantai Cemara Lombok Barat, NTB

## Populasi dan Sampel

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh hutan mangrove yang terdapat pada pesisir pantai Lombok Barat. Adapun sampel wilayah hutan mangrove yang di ambil pada penelitian ini adalah vegetasi hutan mangrove yang terdapat di daerah pesisir Pantai Cemare Kecamatan Lembar dan Pantai Desa Batu Putih Kecamatan Sekotong. Pengambilan data mangrove dilakukan pada 4 stasiun. Stasiun I mewakili daerah vegetasi mangrove yang tumbuh dekat dengan penduduk dan telah mengalami penebangan dengan titik koordinat S 08043'564'', E 116003'334''. Stasiun 2 mewakili daerah vegetasi mangrove yang tumbuh di daerah pinggiran sungai dekat dengan pemukiman penduduk dengan titik ordinat S 08043'493'', E 116003'368'', Stasiun 3 mewakili daerah vegetasi mangrove yang tumbuh di tepian pantai dan tempat peremajaan mangrove dengan titik ordinat S 08043'482'', E 116003'367'' dan stasiun 4 mewakili daerah vegetasi mangrove yang mendapat pengaruh air laut secara langsung (tidak ada aktivitas masyarakat) S 08043'574'', E 116003'383''.

Pengambilan sampel lapangan diawali dengan penentuan titik stasiun di lokasi penelitian dan disetiap titik stasiun dibuat 3 petak/plot kuadrat berukuran 10 x 10 m (Pohon), 5 x 5 m (Pancang), 1 x 1 m (Semai).



**Gambar 1.** Plot 10 m x 10 m (Pohon), Plot 5 m x 5 m (Pancang), Plot 1 m x 1 m (Semai) untuk Vegetasi Mangrove pada Transek Penelitian

## Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survey. Pengumpulan data dilakukan menggunakan teknik observasi atau pengamatan langsung terhadap latar dan objek penelitian dan pengumpulan data sekunder melalui studi literatur.

## Analisis Data

1. Perhitungan biomassa dan kandungan karbon hutan mangrove.

Penghitungan kandungan karbon pada pohon dilakukan tanpa melakukan *destructive sampling*, tetapi menggunakan metode IPCC (2003). Selanjutnya contoh vegetasi dari jenis yang ditemukan diidentifikasi di Laboratorium Biologi FKIP Unram. Kriteria vegetasi yang ditemukan diklasifikasikan menurut Kartawinata *et al.*, (1976):

- i. Kerapatan pohon per hektar di konversi dari jumlah pohon yang tercatat dalam tiga contoh di setiap plot. Data diameter dan tinggi total digunakan untuk menghitung volume tegakan pada penelitian ini volume batang dibatasi tanpa menghitung tajuk (cabang, rating, daun, bunga dan buah). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$v = \frac{1}{4} \pi d^2 t f$$

Keterangan:

V = volume pohon (m<sup>3</sup>)

$\pi$  = konstanta (3,14)

d = diameter setinggi dada atau 20 cm diatas akar jangkar

t = tinggi total (m)

f = angka bentuk pohon (0,6)

- ii. Untuk menghitung biomasa digunakan rumus:

*biomasa = vol. pohon x kerapatan kayu*

Dimana kerapatan kayu untuk jenis:

Rhizophora = 0,92; Bruguiera = 0,91;

Avicennia = 0,74; Xylocarpus = 0,74

- iii. Kandungan karbon dapat dihitung menggunakan rumus (Brown, 1997 dan International Panel on Climate Change/IPCC, 2003):

*kandungan C = berat kering x 50%*

Dimana:

Berat Kering = volume x kerapatan kayu

- iv. Penghitungan serapan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) menggunakan rumus:

$CO_2 = Mr.CO / Ar. C$  (atau  $3,67 \times$  kandungan karbon)

Keterangan:

- $CO_2$  = Serapan karbondioksida
- Mr = Molekul relatif
- Ar = Atom relatif

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Perhitungan Kandungan Karbon Hutan Mangrove di Daerah Pesisir Pantai Lombok Barat

Luas hutan mangrove di Lombok Barat terutama luas hutan mangrove kawasan Pantai Cemara dan Pantai Sekotong adalah hal pertama yang harus diketahui untuk mencari kandungan karbon dan serapan karbon pada hutan mangrove di lokasi penelitian. Luas Pantai Cemara 66,4 ha dan luas keseluruhan hutan mangrove di Pantai Sekotong sekitar 179,12 ha, sedangkan pada lokasi penelitian yaitu di Dusun Siung Desa Batu Putih, dan Dusun Rembang Desa Batu Putih Kecamatan Sekotong memiliki luas hutan mangrove sebesar 11,66 ha sebagai hutan mangrove sekunder (BLHK,2020). Berdasarkan asumsi (rumus) Brown (1997) dan IPCC (2003), yang menyatakan bahwa 45-50% bahan kering tanaman terdiri dari kandungan karbon, dalam penelitian ini pengukuran biomasa dan kandungan karbon mangrove tidak dilakukan *destructive sampling*, melainkan menggunakan pendekatan volume batang dengan kerapatan kayu mangrove.

Kandungan karbon dan serapan karbon di lokasi penelitian dapat disajikan pada Tabel 1, yang menunjukkan bahwa kandungan karbon tertinggi di Pantai Cemara terdapat pada stasiun 1 sebesar 39,11 ton/ha dan memiliki serapan karbon 143,52 ton/ha. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan karbon hutan mangrove di

Pantai Cemara adalah 93,20 ton C/ha dan memiliki serapan karbon sebesar 342,05 ton  $CO_2$ /ha. Sedangkan hasil perhitungan potensi kandungan karbon dan serapan karbon pada wilayah pantai Sekotong pada Tabel 1 yang menunjukkan bahwa pada stasiun 4 merupakan stasiun yang memiliki kandungan karbon tertinggi yaitu 73,70 ton/ha dan memiliki serapan karbon sebesar 270,47 ton/ha. Sehingga dapat disimpulkan bahwa potensi kandungan karbon di Pantai Sekotong Lombok Barat adalah 203,40 ton C/ha dan memiliki serapan karbon sebesar 719,11 ton  $CO_2$ /ha.

Jumlah kandungan karbon hutan mangrove di Pantai sekotong Kabupaten Lombok Barat lebih besar dibandingkan dengan kandungan karbon hutan mangrove di desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur dengan biomassa sebesar 431,78 ton/ha (setara dengan 198,61 ton C/ha atau 1,25 ton  $CO_2$ /ha) (Windarni *et al.*, 2018). Penelitian Azzahra *et al.*, (2020) kandungan karbon di hutan mangrove Desa Bedono, Demak, Jawa Tengah sebesar 190,257 ton C/ha.

Menurut Hairiah dan rahayu (2007), jumlah karbon yang tersimpan pada berbagai tipe lahan berbeda-beda, tergantung bagaimana pengelolaan serasah, jenis tanah, keragaman dan kerapatan tumbuhan. Besarnya potensi kandungan karbon dipengaruhi oleh vegetasi dalam suatu luasan. Hutan mangrove memiliki potensi besar dalam menyerap karbon. Hal ini didasarkan pada nilai produksi bersih yang dapat dihasilkan oleh hutan mangrove sebagai berikut: biomasa total (62,9-398,8 ton/ha), guguran serasah (5,8-25,8 ton/ha/tahun), dan volume (9 m<sup>3</sup>/ha/tahun) pada tegakan hutan mangrove umur 20 tahun (Kusmana, 2002).

**Tabel 1.** Hasil Perhitungan Potensi Karbon dan Serapan  $CO_2$  Hutan Mangrove di Pantai Cemara dan Pantai sekotong Lombok Barat, NTB

Lokasi	Kandungan Karbon (ton/ha)				Total	Serapan Karbon (ton/ha)				Total
	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4		Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	
Pantai Cemara	39,11	16,62	16,92	20,55	93,20	143,52	61,00	62,10	75,43	342,05
Pantai Sekotong	43,88	32,85	52,97	73,70	203,40	161,04	120,57	194,39	270,47	719,11

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Potensi Kandungan Karbon dan Serapan Karbon Hutan Mangrove Pantai Cemara Per Spesies

No	Jenis (Spesies)	Biomassa (ton/ha)	Kandungan Karbon (ton/ha)	Serapan Karbon (ton/ha)
1	<i>Avecennia marina</i>	22.35	11.18	41.02
2	<i>Rhizophora mucronata</i>	16.65	8.32	30.55
3	<i>Lumnitzera racemosa</i>	14.87	7.44	27.29
4	<i>Sonneratia alba</i>	12.69	6.34	23.28
5	<i>Rhizophora apiculata</i>	14.49	7.25	26.59
6	<i>Ceriops decandra</i>	10.91	5.45	20.02
7	<i>Rhizophora stylosa</i>	22.26	11.13	40.85
8	<i>Avecennia lanata</i>	34.85	17.42	63.95
9	<i>Aegiceras corniculatum</i>	7.15	3.57	13.12
10	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	8.32	4.16	15.27

### Biomassa dan Kandungan Karbon Hutan Mangrove di Daerah Pesisir Pantai Lombok Barat

Biomassa dapat dibedakan ke dalam dua kategori, yaitu biomassa di atas tanah (batang, cabang, ranting, daun, bunga dan buah) dan biomassa dalam tanah (akar). Pada penelitian ini pengukuran biomassa mangrove dilakukan pada bagian di atas tanah. Kusmana *et al.* (1992) menyatakan bahwa, besarnya biomassa ditentukan oleh diameter, tinggi tanaman, kerapatan kayu dan kesuburan tanah. Kerapatan kandungan karbon dan serapan karbon oleh masing-masing jenis mangrove di Pantai Cemara disajikan pada Tabel 2. Secara umum biomassa jenis *Avecennia lanata* tertinggi jika dibandingkan dengan jenis yang lain yaitu sebesar 34,85 ton/ha (setara dengan 17,42 ton C/ha atau 63,95 ton CO<sub>2</sub>/ha). Kandungan karbon pada tanaman menggambarkan berapa besar tanaman tersebut dapat mengikat CO<sub>2</sub> dari udara.

Sebagian karbon akan menjadi energi untuk proses fisiologi tanaman dan sebagian masuk ke dalam struktur tumbuhan dan menjadi bagian dari tumbuhan, misalnya selulosa yang tersimpan pada batang, akar, rintang, dan daun (Baderan & Dewi, 2017).

Biomassa dan kandungan karbon mangrove jenis *Avecennia lanata* di hutan mangrove Pantai Cemara lebih kecil dibandingkan dengan jenis *Sonneratia alba* di hutan mangrove Teluk Jor Lombok Timur sebesar 407,3 ton/ha setara dengan 351,4 ton C/ha atau 1289,5 ton CO<sub>2</sub>/ha (Santoso *et al.*, 2019) dan biomassa hutan mangrove Siberut sebesar 49,13 ton/ha (Bismark *et al.*, 2008). Penelitian oleh Rahim *et al.*, (2018) nilai biomassa mangrove di pesisir Torosiaje Provinsi Gorontalo sebesar 27 ton/ha setara dengan 13,36 ton/ha C (kandungan karbon) dengan simpanan karbon terbesar pada bagian batang spesies *R. mucronata* yakni sebesar 8,71 ton/ha C.

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Potensi Kandungan Karbon dan Serapan Karbon Hutan Mangrove Pantai Sekotong Per Spesies

No	Jenis (Spesies)	Biomassa (ton/ha)	Kandungan Karbon (ton/ha)	Serapan Karbon (ton/ha)
1	<i>Avecennia marina</i>	44.68	22.34	81.98
2	<i>Rhizophora stylosa</i>	36.92	18.46	67.75
3	<i>Lumnitzera racemosa</i>	26.85	13.42	49.27
4	<i>Rhizophora apiculata</i>	33.06	16.53	60.67
5	<i>Ceriops decandra</i>	31.92	15.96	58.58
6	<i>Rhizophora mucronata</i>	32.57	16.29	59.77
7	<i>Avecennia lanata</i>	20.81	10.41	38.19
8	<i>Kandelia candel</i>	11.08	5.54	20.34



Kerapatan kandungan karbon dan serapan karbon oleh masing-masing jenis mangrove di Pantai Sekotong disajikan pada Tabel 3. Secara umum biomassa jenis *Avecennia marina* tertinggi jika dibandingkan dengan jenis yang lain yaitu sebesar 44,68 ton/ha (setara dengan 22,34 ton C/ha atau 81,98 ton CO<sub>2</sub>/ha).

Biomassa jenis *Avecennia marina* di hutan mangrove Pantai Sekotong lebih kecil dibandingkan dengan jenis *R. mucronata* yang cukup tinggi di hutan mangrove di taman Nasional Alas Purwo sebesar 217,22 ton/ha (setara dengan 108,61 ton C/ha atau 398,60 ton CO<sub>2</sub>/ha) (Heriyanto & Subiandono, 2012) dan biomassa hutan mangrove merbok sebesar 245 ton/ha dan dalam pengelolaan yang baik biomassa dapat mencapai 300 ton/ha (Anwar *et al.*, 1984). Penelitian Suryono *et al.*, (2018) menyatakan bahwa total biomassa hutan mangrove Bahowo Kelurahan Tongkaina Kecamatan Bunaken adalah sebesar 433,69 ton/ha dan hasil kandungan karbon serta serapan karbonnya sebesar 203,83 ton C/ha dan 748,07 ton CO<sub>2</sub>/ha, pada dasarnya semakin besar diameter pohon, maka potensi kandungan karbon juga semakin tinggi, karena pada kelas diameter yang lebih besar kandungan selulosa dan zat ekstraktif serta senyawa polisakarida lainnya yang tersimpan pada batang akan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh besarnya kandungan zat penyusun kayu berkolerasi positif dengan kandungan karbon (Hilmi, 2003). Sehingga setiap peningkatan diameter pohon atau tinggi total pohon selalu diikuti oleh peningkatan biomassa pada setiap bagian pohon (Yamani, 2013).

Biomassa hutan berperan penting dalam siklus karbon, selama proses fotosintesis hutan mangrove mengabsorpsi CO<sub>2</sub> dan menyimpannya sebagai materi organik dalam biomassa tanaman, banyaknya materi organik yang tersimpan dalam biomassa hutan merupakan produktivitas hutan, sehingga produktivitas hutan menggambarkan kemampuan hutan dalam mengurangi emisi CO<sub>2</sub> di atmosfer melalui proses fisiologinya (Baderan dan Dewi, 2017).

## Kesimpulan

Potensi kandungan karbon dan serapan karbon di Pantai Cemara adalah 7.456 ton/ha dan memiliki serapan karbon sebesar 27.364 ton

CO<sub>2</sub>/ha. Sedangkan di Pantai Sekotong Lombok Barat memiliki kandungan karbon sebesar 2.847,6 ton/ha dan serapan karbon sebesar 10.067,54 ton CO<sub>2</sub>/ha.

## Ucapan Terima kasih

Saya mengucapkan terima kasih kepada pembimbing dan semua rekan yang telah ikut membantu serta kepada pihak kampus Magister Pendidikan IPA universitas mataram yang telah memberikan kesempatan kepada saya.

## Referensi

- Anwar, J., S.J. Damanik, N. Hisyam & A.J. Whitten (1984). *Ekologi ekosistem Sumatera*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Ardianto, Taufik (2011). *Mangrove sebagai penangkap karbon, pendingin udara serta penahan tsunami*. Diakses dari [www.survey-pemetaan.blogspot.com](http://www.survey-pemetaan.blogspot.com) pada tanggal 18 Juni 2022.
- Azzahra, F. S., Suryanti, S., & Febrianto, S. (2020). *Estimasi Serapan Karbon pada Hutan Mangrove Desa Bedono, Demak, Jawa Tengah*. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 4(2), 308-315.
- Baderan, D. W. K. (2017). *Serapan karbon hutan mangrove Gorontalo*. Deepublish.
- Bengen, D. G. (2004). *Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem mangrove*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir Dan Lautan. IPB. Bogor.
- Bismark, M., Endro Subiandono, and N.M. Heriyanto (2008). *Keragaman dan potensi jenis serta kandungan karbon hutan mangrove di Sungai Subelen Siberut, Sumatera Barat*. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 5 (3): 297–306.
- Brown, S., J. Sathaye., M. Canel and P. Kauppi (1997). *Mitigation of carbon emission to the atmosphere by forest management*, *Commonwealth Forestry Review* 75:80-90.
- Daniel C. Donato, J. Boone Kauffman, Daniel Murdiyarso, & Sofyan Kurnianto Kanninen (2011). *Mangroves among the most carbon-rich forest in the tropics*. *Nature Geoscience*. DOI: 10.1038.

- Darusman, D. (2006). *Pengembangan Potensi Nilai Ekonomi Hutan dalam Restorasi Ekosistem*. Jakarta.
- Hairiah, K., & Rahayu, S. (2007). Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. *World agroforestry centre. Bogor*, 77.
- Heriyanto, N. M., & Subiandono, E. (2012). Komposisi dan struktur tegakan, biomasa, dan potensi kandungan karbon hutan mangrove di Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 9(1), 023-032.
- Heriyanto, N.M. & C.A. Siregar (2007). *Keragaman Jenis dan Konservasi Karbon pada Hutan Sekunder Muda di Maribaya*. Info Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Hilmi, E. (2003). *Model Penduga Kandungan Karbon pada Pohon Kelompok Jenis Rhizophora sp, dan Bruguiera sp dalam Tegakan Hutan Mangrove (Studi Kasus di Indragiri Hilir Riau)* Tesis Program Pascasarjana Intitusi Pertanian Bogor.
- Imiliyana, A., Muryono, M., & Purnobasuki, H. E. R. Y. (2012). Estimasi stok karbon pada tegakan pohon *Rhizophora stylosa* di pantai Camplong, Sampang-Madura. *Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh November*.
- Irwanto, M. (2007). *Analisis Vegetasi untuk Pengelolaan Kawasan Hutan Lindung Pulau Marsegu* (Doctoral dissertation, Tesis]. UGM. Jogyakarta).
- International Panel on Climate Change. (2003). *IPCC guidelines for nation greenhouse inventories: Refrence manual IPCC*.
- Kartawinata, K., Adisoemarto, S., Soemodihardjo, S., & Tantra, I. G. M. (1979). Status pengetahuan hutan bakau di Indonesia. *In Prosiding Seminar Ekosistem Hutan Mangrove* (pp. 1-22).
- Kusmana, C. (1992). *An estimation of Above Ground Tree Biomass of A Mangrove Forest in East Sumatra*. *Tropics I* (4): 143-257.
- Kusmana, C. (2002). *Pengelolaan ekosistem mangrove secara berkelanjutan dan berbasis masyarakat*. Makalah disampaikan pada Lokakarya Nasional Pengelolaan Ekosistem Mangrove di Jakarta, 6-7 Agustus 2002.
- Kusnita, Yen (2014). Struktur Komunitas dan Komposisi Mangrove di Pantai Cemara Kabupaten Lombok Barat Nusa Tenggara Barat. *Tesis*. Program studi Magister Pendidikan IPA Program pascasarjana. Universitas Mataram.
- Rahim, S., Baderan, D. K., & Hamidun, M. S. (2018). Keanekaragam Spesies, Biomassa Dan Stok Karbon Pada Hutan Mangrove Torosiaje Kabupaten Puhuwato-Provinsi Gorontalo. *Pro-Life*, 5(3), 650-665.
- Sadelie, A., Kusumastanto, T., Kusmana, C., & Hardjomidjojo, H. (2012). Kebijakan pengelolaan sumberdaya pesisir berbasis perdagangan karbon. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, 6(1), 1-11.
- Santoso, D., Agil, A.I., Ilhamdi, L., & Mertha, I, G. (2019). *Komposisi Jenis, Struktur Vegetasi dan Potensi Kandungan Karbon Hutan Mangrove teluk Jor Lombok Timur*. Laporan Penelitian Internal. Universitas Mataram.
- Suryono, S., Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R., & Rozy, E. F. (2018). Estimasi kandungan biomassa dan karbon di hutan mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(1), 1-8.
- Windarni, C., Setiawan, A., & Rusita, R. (2018). Estimasi Karbon Tersimpan Pada Hutan Mangrove Di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*, 6(1), 66-74.
- Yamani, A. (2013). Studi kandungan karbon pada hutan alam sekunder di Hutan Pendidikan Mandiingin Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal Hutan Tropis*. 1 (1): 6 - 7.