

Simpanan Karbon Pada Tegakan Vegetasi Mangrove di Desa Pasar Banggi Rembang

Nur Rahmat*, Ibnu Pratikto, Chrisna Adi Suryono

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof.H.Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia
*Corresponding author, e-mail : rahmatnur0317@gmail.com

ABSTRAK: Vegetasi mangrove mempunyai kemampuan menyerap dan menyimpan gas karbon yang terdapat di atmosfer. Informasi mengenai kandungan karbon pada tegakan mangrove dapat dijadikan data dalam menunjang kegiatan pengelolaan hutan secara berkelanjutan yang dapat berperan dalam pengurangan konsentrasi CO₂ di atmosfer untuk upaya mitigasi pemanasan global. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui simpanan karbon pada tegakan mangrove yang berada di Vegetasi Mangrove Pasar Banggi Rembang. Pengambilan data dilakukan pada plot transek ukuran 10x10 di 6 lokasi yang mewakili 3 kelas kerapatan yaitu jarang, sedang dan tinggi. Data yang diambil berupa diameter batang, jenis mangrove, dan jumlah tegakan dalam plot transek. Perhitungan simpanan karbon dilakukan menggunakan rumus alometrik. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan total simpanan karbon pada tegakan Vegetasi Mangrove Pasar Banggi sebesar 4001.37 tonC dengan rata-rata simpanan karbon sebesar 193.47 tonC/Ha.

Kata Kunci: Mangrove, Stok Karbon, Tegakan, Alometrik

Carbon Storage in Mangrove Vegetation on Pasar Banggi, Rembang

ABSTRACT: *Mangroves have the ability to absorb and stores carbon gas from the atmosphere. Information about carbon storage in mangroves can be used as data to support sustainable forest management activities that can be utilized in reducing CO₂ concentrations in the atmosphere to mitigate global warming. This study aims to determine the carbon storage of mangroves in the Mangrove Vegetation on Pasar Banggi Rembang Sampling was carried out on a 10x10 m transect plot in 6 locations representing 3 density classes, that is rare, medium and high. The data taken were diameter at breast height, mangrove species, and total stands in the transect plot. Calculation of carbon storage using the allometric formula. Based on the results of the study, it was found that the total carbon storage in Magrove Vegetation on Pasar Banggi Rembang was 4001.37 tonsC with an average carbon storage of 193.47 tonsC/Ha.*

Keywords: *mangrove, carbon stock, stands, allometric*

PENDAHULUAN

Meningkatnya gas rumah kaca seperti gas metana (CH₄), gas karbon dioksida (CO₂), dan gas Nitrogen oksida di atmosfer dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global (Nuraini *et al.*, 2021). Peningkatan gas rumah kaca dapat terjadi akibat aktivitas manusia seperti aktivitas industri dan kegiatan transportasi kendaraan bermotor (Triana, 2008). Selain itu peningkatan gas rumah kaca juga disebabkan oleh semakin berkurangnya luas hutan yang mampu menyerap gas karbon di atmosfer (Windarni *et al.*, 2018). Peranan hutan yang mampu menyerap dan menyimpan karbon dapat dimanfaatkan dalam upaya mitigasi pemanasan global akibat peningkatan gas rumah kaca (Yuniawati *et al.*, 2011).

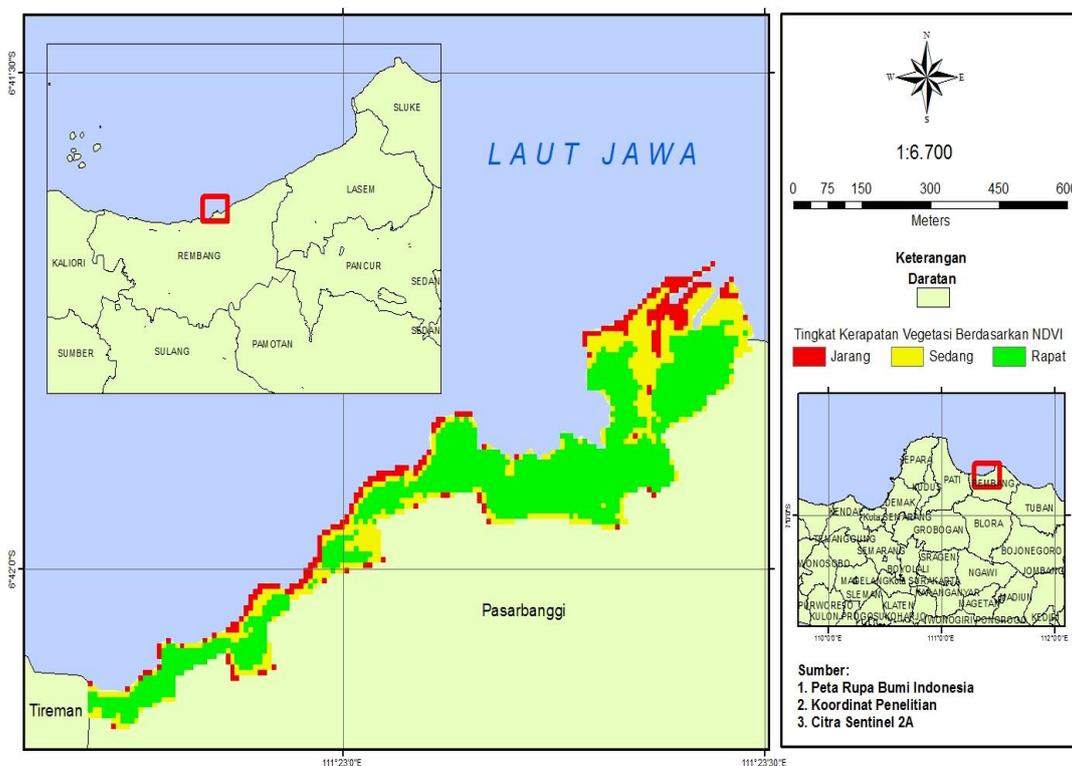
Hutan mangrove merupakan salah satu jawaban yang dapat menjadi solusi permasalahan pemanasan global (Nuraini *et al.*, 2021). Hal itu dikarenakan hutan mangrove mempunyai kemampuan menyimpan karbon lebih banyak jika dibandingkan dengan hutan jenis lainnya (Donato

et al., 2011). Mangrove mampu menyerap dan menyimpan karbon karena pohon melakukan proses fotosintesis, dimana gas karbon di atmosfer diserap kemudian diubah menjadi karbon organik dalam bentuk biomassa (Sutaryo, 2009). Akan tetapi ancaman kerusakan hutan mangrove karena alih fungsi tata guna lahan mangrove dan eksploitasi kayu mangrove dapat mengakibatkan berkurangnya kemampuan hutan dalam penyerapan karbon di atmosfer sehingga memicu terjadinya pemanasan global (Frananda *et al.*, 2015).

Vegetasi mangrove Pasar Bangi merupakan salah satu vegetasi mangrove yang keberadaannya sempat terancam akibat adanya penebangan liar dan alih fungsi lahan menjadi tambak (Soeprbowati *et al.*, 2020). Saat ini kondisi vegetasi mangrove Pasar Bangi tergolong menjadi salah satu vegetasi mangrove terbaik di Jawa Tengah (Saputro *et al.*, 2013). Hal ini dikarenakan proses rehabilitasi di lahan tambak berjalan dengan baik karena adanya kesadaran masyarakat dan didukung oleh instansi terkait (Joandani *et al.*, 2019). Cahyaningrum *et al.* (2014), menjelaskan kegiatan rehabilitasi hutan perlu didukung dengan data dan informasi mengenai tingkat, status dan kecenderungan perubahan emisi gas rumah kaca secara berkala seperti sumber emisi dan penyerapnya termasuk simpanan karbon. Aqila dan Haryono (2017), informasi aktual mengenai kandungan karbon pada tegakan mangrove dapat menjadi data dalam menunjang kegiatan pengelolaan kawasan secara berkelanjutan dalam kaitannya dengan pengurangan konsentrasi CO₂ di atmosfer. Maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui simpanan karbon pada tegakan vegetasi mangrove di Desa Pasar Bangi Rembang serta faktor apa saja yang mempengaruhi besar kecilnya nilai simpanan karbon.

MATERI DAN METODE

Materi dalam penelitian adalah data diameter batang pohon, jenis mangrove dan jumlah tegakan pohon mangrove dalam plot transek. Data digunakan untuk mencari simpanan karbon. Lokasi penelitian di Vegetasi Mangrove Pasar Bangi Rembang, pada bulan Februari 2021.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Vegetasi Mangrove Pasar Bangi Rembang

Penentuan lokasi sampel ditentukan berdasarkan nilai kerapatan vegetasi hasil konversi dari nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan kemudahan akses ke lokasi. Kerapatan vegetasi dibedakan menjadi 3 kelas kerapatan yaitu jarang, sedang dan tinggi yang mengacu pada Dept. Kehutanan (2005). Pengamatan dilakukan di 6 plot transek yang bisa dijangkau dan dapat mewakili vegetasi mangrove kerapatan jarang, sedang dan tinggi. Metode ini dipilih agar proses pengambilan sampel dilapangan dapat lebih efisien dan efektif dari segi waktu, tenaga, biaya, dan akses ke lokasi.

Pengambilan data berupa mengukur keliling batang setinggi dada untuk mencari diameter batang, identifikasi jenis pohon dan jumlah pohon dalam plot transek. Plot transek yang digunakan adalah plot 10 x 10 m (Brown, 1997). Data yang digunakan dalam pengambilan data karbon tegakan adalah diameter batang pohon pada setinggi dada peneliti (1,3 m) (Kitamura *et al.*, 1997). Diameter pohon yang diukur pada plot sampel hanya pohon dengan diameter ≥ 5 cm (Komiyama *et al.*, 2005). Pada proses pengambilan data seringkali dijumpai kondisi mangrove yang unik sehingga mengakibatkan peneliti kesulitan dalam mengukur diameter pohon, maka digunakanlah modifikasi rekomendasi dari Keputusan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 201 tahun 2004 tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove dan pernyataan Cintron dan Novelli (1984) yaitu pohon bercabang dibawah 1.3 m di hitung sebagai pohon terpisah, pohon bercabang diatas 1.3 m diameter diukur pada setinggi dada (1.3 m), pohon yang mempunyai akar tunjang atau udara, diameter diukur 30 cm di atas tonjolan tertinggi, dan pohon dengan batang tidak beraturan, diukur 30 cm diatas/dibawah batas tinggi dada (1.3 m).

Pendugaan biomassa tegakan mangrove dihitung menggunakan persamaan alometrik menurut Komiyama *et al.* (2005). Biomassa Tegakan Mangrove (Kg) = $0.251 \times p \times D^{2.46}$, dengan catatan p adalah kerapatan jenis kayu (g/cm^3) dan D adalah diameter batang pohon. Nilai kerapatan jenis kayu dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai karbon, menurut Hariah dan Rahayu (2007), didapatkan dengan cara mengkonversikan nilai biomassa hutan menjadi nilai karbon hutan dengan mengasumsikan bahwa 46% biomassa tersusun dari karbon.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simpanan karbon yang didapatkan mempunyai nilai yang berbeda pada setiap plot. Plot 1 mempunyai nilai tertinggi yaitu sebesar 297.92 TonC/Ha, lalu diikuti Plot 3 sebesar 221.72 TonC/Ha, Plot 2 sebesar 217.56 TonC/Ha, Plot 4 sebesar 171.79 TonC/Ha, Plot 5 sebesar 150.78 TonC/Ha dan yang terendah pada Plot 6 sebesar 150.78 TonC/Ha yang dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil tersebut didapat nilai total simpanan karbon tegakan mangrove sebesar 4001.37 TonC. Nilai tersebut didapatkan dari hasil pengkalian nilai rata-rata karbon tegakan mangrove yang didapatkan dengan luas area vegetasi mangrove yang didapatkan berdasarkan perhitungan dengan citra penginderaan jauh. Nilai rata-rata karbon tegakan mangrove yang didapatkan sebesar 193.47 TonC/Ha sedangkan luas area Vegetasi Mangrove Pasar Banggi sebesar 20.681 Ha.

Simpanan karbon pada tegakan mangrove yang didapat lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Aqila dan Haryono (2017) dengan lokasi yang sama yaitu Vegetasi Mangrove Pasar Banggi yang menunjukkan hasil sebesar 138,99 ton C/ha. Perbedaan kandungan karbon tersebut dapat disebabkan oleh bertambahnya nilai biomassa mangrove. Pada hasil yang didapat, Plot 1 yang merupakan plot dengan nilai biomassa tertinggi mempunyai nilai simpanan karbon tertinggi juga. Selain itu, Plot 6 yang memiliki nilai biomassa terendah, juga memiliki nilai simpanan karbon terendah. Chanan (2012), menjelaskan setiap bertambahnya biomassa pohon maka kandungan karbon pada pohon juga akan meningkat. Mardiyah *et al.*, (2019), menjelaskan bahwa biomassa dan kandungan karbon pada tegakan mangrove mempunyai hubungan yang positif sehingga dapat diasumsikan bahwa faktor apapun yang berpengaruh terhadap besar kecilnya biomassa maka juga akan berpengaruh terhadap besar kecilnya kandungan karbon pohon. Faktor yang dapat mempengaruhi besar kecilnya biomassa pohon adalah jumlah tegakan atau kerapatan vegetasi mangrove dan bertambahnya diameter batang pohon mangrove yang ada di Desa Pasar Banggi Rembang.

Tabel 1. Nilai Kerapatan Kayu

Nama Spesies	Nilai Kerapatan (g/cm ³)
<i>Rhizophora stylosa</i>	0.94
<i>Rhizophora mucronata</i>	0.8483
<i>Rhizophora apliculata</i>	0.8814

(Sumber : www.worldagroforestry.com)

Tabel 2. Hasil Perhitungan Simpanan Karbon Pada Tegakan Mangrove Pasar Banggi Rembang

Plot	Biomassa (Ton/Ha)	Karbon (Ton/Ha)
1	647.66	297.92
2	472.96	217.56
3	482	221.72
4	373.47	171.79
5	327.79	150.78
6	219.66	101.04

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, Vegetasi Mangrove Pasar Banggi mempunyai kerapatan vegetasi berkisar antara 3000 sampai 5300 ind/ha yang dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai kerapatan vegetasi yang didapat termasuk dalam kategori baik. Hal tersebut berdasarkan pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup (2004), yang menyatakan tingkat kerapatan vegetasi mangrove yang baik memiliki nilai kerapatan lebih dari 1500 ind/ha. Pada grafik hubungan antara kerapatan vegetasi dengan simpanan karbon yang ditampilkan Gambar 2, didapatkan nilai korelasi yang tinggi yaitu sebesar 0.885. Hal tersebut berarti besar kecilnya simpanan karbon yang tersimpan pada tegakan mangrove sangat dipengaruhi oleh tingkat kerapatan vegetasi. Forestiko (2016), menjelaskan vegetasi yang mempunyai kerapatan vegetasi tinggi mempunyai laju pereduksian CO₂ menjadi biomassa berlangsung lebih cepat ketimbang hutan yang mempunyai kerapatan vegetasi rendah. Hal tersebut menyebabkan vegetasi dengan kerapatan tinggi dapat mempunyai kandungan karbon yang tinggi. Hal tersebut diperkuat dengan pernyataan Adinugroho dan Sidiyasa (2006) Pertumbuhan pohon sangat erat kaitanya dengan proses fotosintesis yang dimana pohon menyerap CO₂ yang menyebabkan biomassa dan kandungan karbon tersimpan pada pohon semakin tinggi. Kondisi tersebut dapat menjelaskan bahwa hutan yang mempunyai kerapatan vegetasi yang tinggi maka dapat dikatakan mempunyai daya serap karbon yang tinggi. Akan tetapi Plot 2 yang merupakan plot dengan nilai kerapatan tertinggi justru memiliki nilai karbon yang lebih rendah jika dibandingkan dengan Plot 1 yang memiliki kerapatan lebih rendah. Kondisi tersebut diduga ada faktor lain yang cukup berpengaruh terhadap nilai simpanan karbon. Pada grafik hubungan antara kerapatan vegetasi dengan simpanan karbon yang ditampilkan Gambar 2, didapatkan nilai Koefisien Determinasi (R²) sebesar 0.783. Nilai tersebut dapat diartikan bahwa sebanyak 78.3% variasi nilai karbon hasil perhitungan di lapangan dapat dijelaskan oleh faktor kerapatan vegetasi sedangkan persentase sisanya dijelaskan oleh faktor lain. Salah satu faktor lain yang mungkin berperan adalah diameter batang pohon. Hal tersebut sangat memungkinkan mengingfat adanya perbedaan ukuran diameter pada tiap lokasi sampel. Dari nilai rata-rata diameter yang didapat menunjukkan Plot 1 mempunyai nilai rata-rata diameter yang lebih besar ketimbang lot 2.

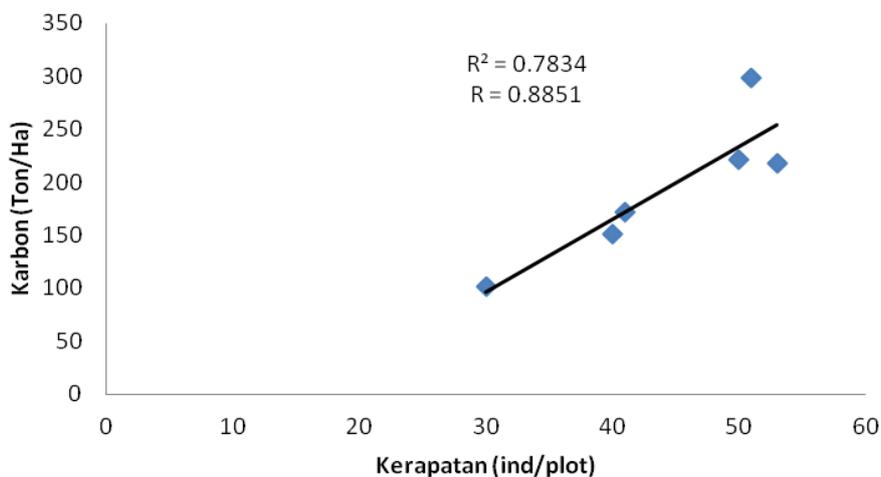
Pada grafik hubungan antara diameter dengan simpanan karbon yang disajikan pada Gambar 3, didapatkan nilai korelasi yang tinggi yaitu sebesar 0.9842 yang berarti nilai diameter batang dengan nilai simpanan karbon tegakan mangrove mempunyai keeratn hubungan yang tinggi. Hal itu diperkuat oleh Hariah dan Rahayu (2007), menyatakan besar ukuran diameter batang akan berbanding lurus dengan biomassa dan simpanan karbon tegakan mangrove. Sjostrom (1998), menjelaskan semakin besar ukuran diameter batang dapat dikatakan juga semakin tua umur pohon. Hal tersebut menjelaskan bahwa besarnya potensi biomassa tegakan dapat dipengaruhi oleh umur pohon dikarenakan semakin bertambahnya umur pohon maka diameter pohon mengalami

pertumbuhan melalui pembelahan sel yang terjadi secara terus-menerus sehingga terbentuk sel-sel baru yang membuat diameter batang bertambah. Selain itu Adinugroho dan Sidiyasa (2006), menyatakan bahwa pertumbuhan suatu tegakan pohon disebabkan oleh penyerapan CO₂ dari atmosfer saat proses fotosintesis sehingga menghasilkan biomassa yang kemudian dialokasikan ke daun, ranting, batang dan akar yang berperan dalam penambahan diameter serta tinggi pohon.

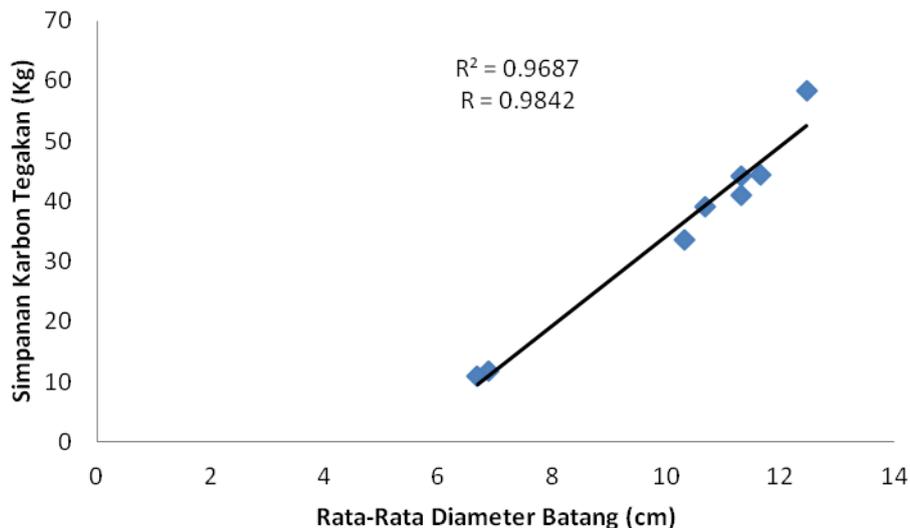
Faktor lain yang dapat berpengaruh pada besar kecilnya simpanan karbon pada tegakan mangrove adalah spesies mangrove. Hal itu dikarenakan setiap jenis spesies mangrove mempunyai nilai kerapatan kayu (*wood density*) yang berbeda-beda sehingga membuat kandungan karbon pada setiap lokasi dapat mengalami perbedaan. Menurut Yusuf *et al.* (2014), nilai kerapatan kayu ditambahkan kedalam model persamaan alometrik untuk memberikan hasil estimasi biomassa yang lebih akurat. Pada penelitian yang telah dilakukan didapatkan 3 spesies yang dijumpai yaitu *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata* mempunyai nilai kerapatan kayu berbeda-beda yang dapat dilihat pada Tabel 1. *Rhizophora stylosa* merupakan spesies mangrove yang mempunyai kerapatan kayu tertinggi dengan nilai 0.94 g/cm³ diikuti *Rhizophora apiculata* sebesar 0.8814 g/cm³ dan *Rhizophora mucronata* sebesar 0.8483 g/cm³. Pada hasil simpanan karbon yang didapat, Plot 1 yang didalamnya ditumbuhi mangrove jenis *Rhizophora stylosa* mempunyai nilai simpanan karbon tertinggi. Selain itu pada Tabel dapat dilihat plot 4 yang ditumbuhi mangrove jenis *Rhizophora stylosa* nilai simpanan karbonnya lebih besar jika dibandingkan dengan plot 2 yang ditumbuhi mangrove jenis *Rhizophora mucronata* dan mempunyai tingkat kerapatan lebih tinggi. Dari kondisi ini diduga nilai kerapatan kayu merupakan salah satu variabel yang digunakan dalam estimasi biomassa hutan.

Tabel 3. Data Tegakan Vegetasi Mangrove Pasar Banggi Rembang

Plot	Jenis Mangrove	Jumlah Pohon	Rata-Rata Diameter (cm)	Biomassa Tegakan (Kg)	Karbon Tegakan (Kg)
1	<i>R. stylosa</i>	51	12.46	126.99	58.41
2	<i>R mucronata</i>	53	11.31	89.23	41.05
3	<i>R mucronata</i>	50	11.65	96.4	44.34
4	<i>R apiculata</i>	3	6.89	25.57	11.76
	<i>R stylosa</i>	38	11.32	96.26	44.28
5	<i>R apiculata</i>	2	6.68	23.76	10.92
	<i>R stylosa</i>	38	10.69	85.01	39.1
6	<i>R mucronata</i>	30	10.3303	73.22	33.68



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Kerapatan Vegetasi dengan Simpanan Karbon



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Diameter dengan Simpanan Karbon

KESIMPULAN

Vegetasi Mangrove Pasar Banggi mempunyai total simpanan karbon sebesar 4001.37 tonC dengan rata-rata simpanan karbon sebesar 193.47 tonC/Ha. Simpanan karbon terbesar terletak pada Plot 1 yang mempunyai tingkat kerapatan tinggi, rata-rata diameter tertinggi serta ditumbuhi mangrove *Rhizophora stylosa* yang mempunyai nilai kerapatan kayu (*wood density*) terbesar. Dari kondisi tersebut diduga nilai simpanan biomassa dan karbon dipengaruhi oleh tingkat kerapatan vegetasi dengan nilai $R= 0.88$, diameter batang pohon dengan nilai $R= 0.98$ dan spesies mangrove yang tumbuh karena setiap spesies mangrove mempunyai nilai kerapatan kayu yang berbeda-beda.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, W.C. & Sidiyasa, K. 2006. Model pendugaan biomassa pohon mahoni (*Swietenia macrophylla* King) di atas permukaan tanah. *Jurnal penelitian Hutan dan Konservasi alam*, 3(1):103-117. DOI: 10.20886/jphka.2006.3.1.103-117
- Aqila, N. & Haryono, E. 2017. Kuantifikasi Kandungan Karbon pada Hutan Rehabilitasi Mangrove Pasar Banggi, Rembang, Jawa Tengah. *Jurnal Bumi Indonesia*, 6(4):1-10.
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. A Forest Resource Assessment Publik. 134 hlm
- Cahyaningrum, S.T., Hartoko A. & Suryanti. 2014. Biomassa karbon mangrove pada kawasan mangrove Pulau Kemujan Taman Nasional Karimun Jawa. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(3):34-42.
- Chanani, M. 2012. Pendugaan Cadangan Carbon 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(2):61-73.
- Cintron, G., & Novelli, Y.C. 1984. Methods for Studying Mangrove Structure in Snedakar, S.C and Snedaker, C.G. *The Mangrove Ecosystem Research Method*. UNESCO. United Kingdom, pp 92–113.
- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. & Kanninen, M. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature geoscience*, 4(5):293-297. DOI: 10.1038/ngeo1123
- Forestriko, H.F. 2016. Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Estimasi Stok Karbon Hutan Mangrove di Kawasan Segara Anakan Cilacap Jawa Tengah. *Jurnal Bumi Indonesia*, 5(1):1-10.

- Frananda, H., Hartono, H. & Jatmiko, R.H. 2015. Komparasi indeks vegetasi untuk estimasi stok karbon hutan mangrove kawasan segoro anak pada kawasan Taman Nasional Alas Purwo Banyuwangi, Jawa Timur. *Majalah Ilmiah Globe*, 17(2):113-123.
- Hariah, K. & Rahayu, S. 2007. Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. World Agroforestry Centre ICRAF. Bogor, 21 hlm.
- Joandani, G.K.J., Pribadi, R. & Suryono, C.A. 2019. Kajian potensi pengembangan ekowisata sebagai upaya konservasi mangrove di Desa Pasar Banggi, Kabupaten Rembang. *Journal of marine Research*, 8(1):117-126. DOI: 10.14710/jmr.v8i1.24337
- Kehutanan, D. 2005. *Pedoman inventarisasi dan identifikasi lahan kritis mangrove*. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial Departemen Kehutanan. Jakarta, 13 hlm
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 201 tahun 2004 tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove.
- Kitamura, S., Anwar, C., Chaniago, A. & Baba, S. 1997. Handbook of mangrove in Indonesia: Bali dan Lombok. International Society for Mangrove Ecosystem. 119 hlm
- Komiyama, A., Pongpan, S. & Kato, S. 2005. Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21(04):471-477. DOI: 10.1017/S0266467405002476
- 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. DOI: 10.14710/jmr.v8i1.24330
- Nuraini, R.A.T., Pringgenies, D., Suryono, C.A., & Adhari, V.H. 2021. Stok karbon pada tegakan vegetasi mangrove di Pulau Karimunjawa. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(2):180-188. DOI: 10.14710/buloma.v10i2.31616
- Saputro, I., Pribadi, R., & Pratikto, I. 2013. Kajian Struktur dan Komposisi Vegetasi mangrove di Kawasan Pesisir Desa Pasar Banggi, Kabupaten Rembang. *Journal of Marine Research*, 2(4): 104-110.
- Sjostrom, E. 1998. Kimia Kayu; Dasar-Dasar Penggunaan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta, 390 hlm.
- Soeprbowati, T. 2020. Pengelolaan ekosistem mangrove Desa Pasarbanggi Rembang menuju desa ekowisata. *Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat UNDIP 2020*, 1(1):369-375.
- Sutaryo, D. 2009. Penghitungan Biomassa Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor.
- Triana, V. 2008. Pemanasan global. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 2(2):159-163. DOI: 10.24893/jkma.2.2.159-163.2008
- Windarni, C., Setiawan, A. & Rusita, R. 2018. Estimasi Karbon Tersimpan Pada Hutan Mangrove Di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Meringgai Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*, 6(1):66-74. DOI: 10.23960/jsl1667-75
- Yuniawati, Budiawan, A. & Elias. 2011. Estimasi Potensi Biomassa dan Massa Karbon Hutan Tanaman *Acacia crassicaarpa* Di Lahan Gambut. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(4):343-355. DOI: 10.20886/jphh.2011.29.4.343-355
- Yusuf, M., Sulistyawati, E. & Suhaya, Y. 2014. Distribusi Biomassa di Atas dan Bawah Permukaan dari Surian (*Toona Sinensis* Roem.). *Jurnal Matematika dan Sains*, 19(2):69-75.