

## Estimasi Serapan Karbon Pada Vegetasi Mangrove Register 15, Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung

Anma Hari Kusuma\*, Eko Effendi, Maulana Syarif Hidayatullah, Oktora Susanti

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung  
Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Rajabasa, Bandar Lampung, 35145 Lampung

\*Corresponding author, e-mail: [anma.hari@fp.unila.ac.id](mailto:anma.hari@fp.unila.ac.id)

**ABSTRAK:** Perubahan iklim di sebabkan oleh kenaikan gas karbon dioksida (CO<sup>2</sup>) semenjak era revolusi industri dimana hal ini dicirikan dengan adanya peningkatan suhu, paras muka laut, perubahan pola curah hujan serta meningkatnya kejadian ekstrim seperti banjir, kekeringan, gelombang panas dan badai. Fenomena ini akan berdampak serius apabila berlangsung secara terus-menerus. *Blue carbon* (karbon biru) merupakan karbon yang terperangkap dan disimpan melalui proses fotosintesis oleh organisme autotrof dalam bentuk biomassa dan sedimen oleh ekosistem pesisir dan laut. Mangrove merupakan salah satu dari ekosistem sebagai *blue carbon* tersebut. Mangrove Register 15 merupakan suatu kawasan mangrove yang berada Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Penelitian ini bertujuan menganalisis karbon tersimpan pada tegakan, nekromassa, serasah, dan substrat mangrove. Penelitian dilakukan dari bulan Maret–Mei 2021. Hasil penelitian menunjukkan karbon tersimpan pada sedimen lebih besar dibandingkan dengan karbon tersimpan pada tegakan, nekromassa, dan serasah. Karbon tersimpan pada sedimen yang tertinggi berada pada sedimen yang memiliki ki ukuran liat kasar karena liat kasar dapat menyimpan unsur hara yang tinggi.

**Kata kunci:** Perubahan Iklim; Blue Carbon; Mangrove

### *Carbon Sequestration at Vegetation Mangrove of Register 15, District of Pasir Sakti, Regency of East Lampung, Province of Lampung*

**ABSTRACT:** *Climate change is caused by an increase in carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) gas since the industrial revolution era where it is characterized by an increase in temperature, sea level, changes in rainfall patterns and increased extreme events such as floods, droughts, heat waves and storms. This phenomenon will have a serious impact if it continues. Blue carbon is carbon that is trapped and stored through the process of photosynthesis by autotrophic organisms in the form of biomass and sediment by coastal and marine ecosystems. Mangroves are one of these ecosystems as blue carbon. Mangrove Register 15 is a mangrove area located in Pasir Sakti District, East Lampung Regency, Lampung Province. This study aims to analyze the carbon stored in stands, necromass, litter, and mangrove substrates. The study was conducted from March–May 2021. The results showed that carbon stored in sediments was greater than carbon stored in stands, necromass, and litter. The highest carbon stored in sediments is in sediments that have the size of coarse clay because coarse clay can store high nutrients.*

**Keywords:** *Climate Change; Blue Carbon; Mangrove*

## PENDAHULUAN

Perubahan iklim dicirikan dengan adanya peningkatan suhu, paras muka laut, perubahan pola curah hujan serta meningkatnya kejadian ekstrim seperti banjir, kekeringan, gelombang panas dan badai yang di sebabkan oleh kenaikan gas karbon dioksida (CO<sup>2</sup>) semenjak era revolusi industri (UNEP, 2007). IPCC (2007) mengatakan bahwa konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer sebelum revolusi industri tahun 1780 sebesar 280 ppm. Namun pada tahun 2016 konsentrasi CO<sub>2</sub>

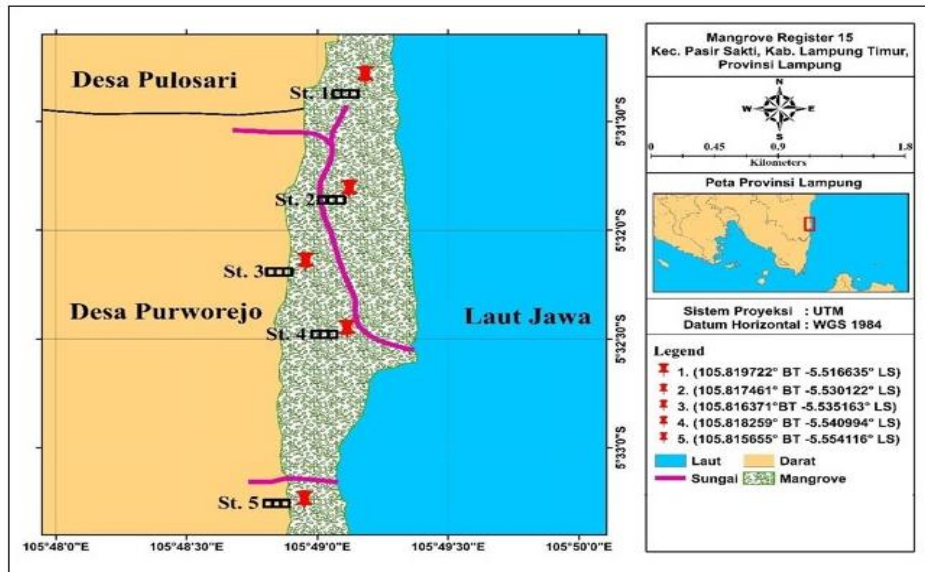
global telah mencapai nilai 400 ppm (Dlugokencky *et al.*, 2003). Fenomena ini akan berdampak serius apabila berlangsung secara terus-menerus. Dampaknya akan mengancam kehidupan semua makhluk hidup di muka bumi terutama akibat emisi CO<sub>2</sub> yang sangat tinggi. *Blue carbon* (karbon biru) merupakan karbon yang diperangkap dan disimpan melalui proses fotosintesis oleh organisme autotrof dalam bentuk biomassa dan sedimen oleh ekosistem pesisir dan laut (UNEP 2007). Mangrove merupakan salah satu dari ekosistem sebagai *blue carbon* tersebut. Mangrove adalah tumbuhan yang hidup di sepanjang pantai atau muara yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut (Tomlinson, 1986). Luasan mangrove dunia saat ini sekitar 16,53 juta hektar (ha) (FAO, 1994) dimana 22,6% dari total luasan tersebut berada di Indonesia dengan luas 3,11 juta ha (Giri *et al.*, 2011). Dengan demikian, Indonesia merupakan negara yang mempunyai luas mangrove terluas di dunia diikuti oleh Australia (7,10%), Brazil (6,99%), Mexico (5,39%) dan Nigeria (4,74%). Mangrove menyerap CO<sub>2</sub> pada fotosintesis dimana karbon disimpan dalam bentuk biomassa atas (daun, batang dan ranting) dan biomassa bawah (akar) serta terakumulasi di sedimen yang menyimpan karbon dalam jumlah besar (Twilley *et al.*, 1992; Alongi, 2012; Bouillon *et al.*, 2008; Donato *et al.*, 2011; Murdiyarso *et al.*, 2015; Kusumaningtyas 2018). Luasnya ekosistem mangrove di Indonesia ini mencerminkan besarnya potensi penyimpanan emisi karbon di atmosfer dan apabila ekosistem ini terganggu atau mengalami degradasi dengan berbagai macam aktifitas sehingga dapat dikatakan ekosistem mangrove di Indonesia memiliki potensi untuk mitigasi perubahan iklim. Namun menurut FAO (2007) ekosistem mangrove di Indonesia telah mengalami penurunan luas area sebesar 1,3 juta ha sejak tahun 1980-2005. Hilangnya ekosistem mangrove dikarenakan adanya alih fungsi lahan secara besar-besaran untuk pertambakan, pembangunan kota pesisir ataupun penebangan (Donato *et al.*, 2011; Richards dan Fries, 2015).

Mangrove Register 15 merupakan suatu kawasan mangrove yang berada di muara Way Sekampung yang dikelola oleh Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) Gunung Balak. Mangrove Register 15 tersebut berlokasi di Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur. Kawasan ini merupakan area konservasi yang memiliki luas sekitar 296 ha (Safe'i *et al.*, 2021). Pada tahun 1973-1983 terjadi peningkatan luasan kawasan ini karena masih sedikitnya pemanfaatan sumberdaya alam yang dilakukan oleh masyarakat sekitar. Namun pada tahun 1983-2004 luas kawasan mangrove Register 15 mengalami penurunan (Yuliamaya *et al.*, 2014). Penurunan luas kawasan mangrove ini terjadi akibat aktivitas masyarakat sekitar berupa pembukaan lahan untuk tambak udang. Dampak yang ditimbulkan oleh kegiatan tersebut berupa abrasi dan banjir rob, sehingga mengakibatkan hilangnya tambak milik masyarakat (Muslikah *et al.*, 2013). Semenjak terbitnya kebijakan Peraturan Daerah (Perda) Kabupaten Lampung Timur Nomor 3 Tahun 2002 tentang Rehabilitasi Kawasan Pesisir, Pantai, dan Laut di Wilayah Kabupaten Lampung Timur, luas kawasan mangrove Register 15 mengalami peningkatan pada tahun 2003-2013. Peningkatan luas kawasan tersebut terjadi karena adanya kegiatan rehabilitasi mangrove yang dilakukan oleh Kelompok Tani Mutiara Hijau I. Kegiatan rehabilitasi tersebut dilakukan dengan menanam mangrove jenis *Avicennia* sp. dan mangrove *Rhizophora* sp. yang merupakan spesies alami di kawasan mangrove Register 15 Yuliamaya *et al.*, (2014),

## MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan dari bulan Maret–Mei 2021. Lokasi penelitian dilakukan di mangrove Register 15, Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Desain pengambilan data menggunakan metode *random sampling* dimana stasiun di kelompokkan berdasarkan karakteristik. Karakteristik stasiun 1 mangrove dengan *Avicennia* sp yang jarang, stasiun 2 mangrove dengan *Avicennia* sp yang rapat, stasiun 3 mangrove dengan *Avicennia* sp dan *Rhizophora* sp yang rapat, stasiun 4 mangrove dengan *Rhizophora* sp yang rapat dan stasiun 5 mangrove dengan *Rhizophora* sp yang jarang. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS (*Global Positioning System*), meteran jahit, timbangan gantung, timbangan digital, oven, *core sampler*, *shaker* dan ayakan bertingkat sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *plastic strap*, tali rafia, (nekromasa, serasah dan sedimen) mangrove. Pengambilan data dilakukan dengan cara 3 kali ulangan untuk



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

setiap titik stasiun dengan transek ukuran 10x10 m<sup>2</sup> dengan jarak 10 m untuk tiap stasiun untuk diameter mangrove. Serasah dan sedimen mangrove dilakukan pada transek ukuran 0,25x0,25 m<sup>2</sup> di dalam plot stasiun.

Pengukuran karbon mangrove pada tegakan mangrove, nekromassa, dan serasah dilakukan dengan cara metode *non-destructive sampling* mengacu pada SNI 7724:2011 (BSN, 2011). Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur keliling tegakan mangrove pada ketinggian diatas 1,3 m untuk mendapatkan diameter mangrove pada transek 10x10 m<sup>2</sup>. Analisis biomassa dihitung berdasarkan data tegakan pohon dengan menggunakan model persamaan *allometrik* (Lestari dan Rahadian, 2017). Karbon tersimpan dihitung dengan konversi nilai kandungan biomassa. Pengukuran karbon pada nekromassa dilakukan mangrove yang sudah mati (tegak/jatuh) diukur diameter setinggi dada, tinggi pohon yang sudah mati diukur secara keseluruhan dari permukaan tanah sampai bagian atas, volume pohon yang sudah mati dihitung menggunakan persamaan:

$$V_{pm} = \frac{1}{4} \pi (DBH)^2 \times t \times f$$

Keterangan:  $V_{pm}$  = Volume pohon mati (cm<sup>3</sup>);  $\pi = \frac{22}{7}$  atau 3,14; DBH = Diameter pohon pada ketinggian dada atau 1,3 m; T = Tinggi total pohon mati (cm); f = Faktor bentuk (0,6)

Sampel kayu mangrove yang sudah mati dipotong sepanjang 10 cm lalu dikeringkan menggunakan oven selama 48 jam pada suhu 80°C. Berat jenis dihitung dengan persamaan:

$$BJ_{pm} = \frac{BK}{VS}$$

Keterangan:  $BJ_{pm}$  = Berat jenis sampel kayu pohon (g/cm<sup>3</sup>); BK = Berat jenis sampel kayu (g); VS = Volume kering sampel kayu berukuran 10 cm (cm<sup>3</sup>);

Kandungan bahan organik dihitung menggunakan persamaan:

$$B_{pm} = V_{pm} \times BJ_{pm}$$

Keterangan:  $B_{pm}$  = Bahan organik pohon mati (g);  $V_{pm}$  = Volume pohon mati (cm<sup>3</sup>);  $BJ_{pm}$  = Berat jenis kayu paohon mati (g/cm<sup>3</sup>)

Pengukuran karbon serasah mangrove dilakukan dengan cara serasah diambil dari plot ukuran 0,5x0,5 m<sup>2</sup> kemudian sampel dibersihkan dan ditimbang untuk mendapatkan berat basah. Sampel diambil sebanyak 100 g kemudian dikeringkan pada oven pada suhu 80° C selama 48 jam. Sampel didinginkan dan ditimbang untuk mengetahui berat kering. Kandungan bahan organik sampel serasah dihitung dan karbon tersimpan dikonversikan menggunakan persamaan:

$$BO = \frac{BK \text{ Sampel}}{BB \text{ Sampel}} \times BB \text{ total}$$

Keterangan: BO = Berat bahan organik (g); BK = Berat kering (g); BB = Berat Basah (g)

$$C_n = \frac{C_x}{1000} \times \frac{10000}{L_{\text{plot}}}$$

Keterangan: C<sub>n</sub> = Kandungan karbon tiap plot dalam kg C/m<sup>2</sup>; C<sub>x</sub> = Kandungan karbon tiap plot dalam g C; 1000 = Konversi kg menjadi g; 10000 = Konversi m<sup>2</sup> menjadi cm<sup>2</sup>; L<sub>plot</sub> = Luas plot (m<sup>2</sup>)

Pengukuran ukuran butir sedimen mengacu pada (Triapriyasen *et al.*, 2016). Sedimen diambil dengan *core sampler* berukuran tinggi 30 cm dan dia meter 7,5 cm. Sampel sedimen kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80° C selama 24 jam dan dihaluskan. Sampel ditimbang sebanyak 5 g diayak menggunakan ayakan bertingkat dan *sieve shaker* untuk mendapatkan ukuran butir sedimen. Ukuran butir sedimen dihitung menggunakan persamaan:

$$BA \% = \frac{B_1}{B_0} \times 100 \%$$

Keterangan : BA = Presentase sedimen di setiap ayakan (%); B<sub>1</sub> = Berat sedimen yang tertinggal di setiap ayakan (g); B<sub>0</sub> = Berat sedimen sebelum diayak (g)

Pengukuran kandungan C-Organik sedimen dilakukan menggunakan metode *Walkey and Black* (Nadapdap *et al.*, 2020). Sampel sedimen sebanyak 0,50 g kering dimasukkan ke dalam erlenmeyer berukuran 500 ml, kemudian ditambahkan larutan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 1N sebanyak 10 ml dan dihomogenisasi, selanjutnya ditambahkan la-rutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat sebanyak 20 ml. dan dihomogenisasi. Sampel didiamkan selama 30 menit dan ditambahkan aquades sebanyak 200 ml dan indikator ferroin 0,025 M sebanyak 3-4 tetes. Sampel kemudian dititrasi menggunakan FeSO<sub>4</sub> 0,5 N. Kandungan C-Organik sedimen dihitung menggunakan persamaan:

$$C \text{ Organik \%} = \frac{(\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times 0,003 \times F)}{\text{BKM}} \times 100\%$$

Keterangan: C Organik (%) = Presentase karbon organik di sedimen; F= Ketetapan (1,33); BKM = Berat kering (g)

Total karbon tersimpan di sedimen dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$C_t = C \text{ Organik \%} \times \rho \times kd$$

Keterangan : C<sub>t</sub> = Karbon tersimpan di sedimen (g/cm<sup>2</sup>); K<sub>d</sub> = Kedalaman sampel (cm); ρ = Perbandingan dari berat kering (g) dan volume sampel (cm<sup>3</sup>)

$$C \text{ Sedimen} = C_t \times 10$$

Keterangan: C Sedimen = Kandungan C-organik sedimen per meter (kg/m<sup>2</sup>); 10 = Faktor konversi dari g/cm<sup>2</sup> ke kg/m<sup>2</sup>

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Karbon tersimpan pada tegakan merupakan nilai CO<sub>2</sub> bebas yang diubah menjadi karbon organik yang disimpan dalam biomassa batang melalui fotosintesis. Estimasi karbon tersimpan pada tegakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 menampilkan rata-rata karbon tersimpan untuk tegakan di lokasi penelitian berkisar antara 12,83 kg C/m<sup>2</sup>–47,06 kg C/m<sup>2</sup> dengan nilai rata-rata 29,92 kg C/m<sup>2</sup>. Karbon tersimpan pada tegakan tertinggi pada stasiun 3 sebesar 47,06 kg C/m<sup>2</sup> sedangkan terendah pada stasiun 4 sebesar 12,83 kg C/m<sup>2</sup>. Karbon tersimpan tegakan mangrove *Avicennia* sp. sebesar 21,26 kg C/m<sup>2</sup> lebih tinggi dibandingkan dengan *Rhizophora* sp sebesar 8,66 kg C/m<sup>2</sup>. Karbon simpanan tegakan pada vegetasi mangrove berkisar 18,2-133,39 kg C/m<sup>2</sup> (Dharmawan, 2010; Hakim *et al.*, 2016; Windarni *et al.*, 2018). Perbedaan simpanan karbon tegakan tersebut karena adanya perbedaan lokasi yang diteliti.

Karbon tersimpan pada tegakan tertinggi pada stasiun 3 dan terendah pada stasiun 4 diduga pada stasiun 3 terdapat dua jenis mangrove, yaitu mangrove *Avicennia* sp. dan *Rhizophora* sp. sedangkan pada stasiun lainnya hanya mangrove *Rhizophora* sp. Pada stasiun 3 jumlah tegakan mangrove lebih banyak dan ukuran diameter rata-rata batang lebih besar dibandingkan mangrove di stasiun 4. Menurut Hakim *et al.* (2016) semakin besar ukuran diameter pohon, maka semakin besar juga nilai karbon tersimpan. Oleh karena itu, semakin besar ukuran diameter tegakan pohon, maka semakin besar nilai karbon tersimpan pada tegakan. Selain itu, usia mangrove *Rhizophora* sp. lebih muda dibandingkan dengan *Avicennia* sp. karena banyak *Rhizophora* sp. yang baru tumbuh. Hal ini terlihat dari diameter batang *Rhizophora* sp dengan ukuran ≤5 cm. Potensi biomassa simpanan karbon tegakan karena semakin tua usia tegakan akibat adanya pertumbuhan sel-sel (Sjostrom dan Ogren, 1990; Tamoooh *et al.*, 2008; Ilmiliyana *et al.*, 2012). *Avicennia* sp, menyimpan lebih banyak karbon karena memiliki batang yang lebih keras (Rahman *et al.*, 2017). *Avicennia* sp. memiliki karbon tersimpan pada tegakan dibandingkan dengan *Rhizophora* sp karena diameter batang sebagian besar dengan ukuran ≤5 cm dan berada dekat dengan aliran sungai (estuari). Baderan (2017) mengatakan karbon tersimpan mangrove di muara sungai lebih besar dibandingkan dengan mangrove di laut. Namun karbon tegakan pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian sebelumnya pernah dilakukan sebelumnya.

Karbon tersimpan pada nekromassa merupakan nilai karbon yang masih tersimpan di dalam batang pohon sebelum pohon mati. Karbon yang tersimpan tersebut hasil dari sisa-sisa selama proses fotosintesis berlangsung sebelum pohon tersebut mati. Estimasi karbon tersimpan pada nekromassa disajikan pada Tabel 2. Tabel 2 mengatakan karbon tersimpan pada nekromassa di lokasi penelitian berkisar 0,02 kg C/m<sup>2</sup>–0,65 kg C/m<sup>2</sup> dengan nilai rata-rata 0,34 kg C/m<sup>2</sup>. Karbon tersimpan pada nekromassa tertinggi yaitu pada stasiun 1 sebesar 0,65 kg C/m<sup>2</sup> sedangkan terendah stasiun 4 sebesar 0,02 kg C/m<sup>2</sup>. Karbon tersimpan pada nekromassa *Avicennia* sp. sebesar 0,27 kg C/m<sup>2</sup> lebih besar dibandingkan dengan *Rhizophora* sp. sebesar 0,06 kg C/m<sup>2</sup>. Karbon tersimpan pada nekromassa penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Agustin *et al.* (2011) dimana nekromasa *R. stylosa* berkisar 1,4 kg C/m<sup>2</sup>-3,3 kg C/m<sup>2</sup>.

**Tabel 1.** Estimasi karbon tersimpan pada tegakan mangrove

Stasiun	Jenis mangrove		Rata-rata karbon (kg C/m <sup>2</sup> )
	<i>Avicennia</i> sp. (kg C/m <sup>2</sup> )	<i>Rhizophora</i> sp. (kg C/m <sup>2</sup> )	
1	17,87	0	17,87±1,104
2	43,91	0	43,91±1,139
3	44,52	2,54	47,06±1,843
4	0	12,83	12,83±0,832
5	0	27,94	27,94±1,553
Rata-rata	21,26 kg C/m <sup>2</sup>	8,66 kg C/m <sup>2</sup>	29,92 kg C/m <sup>2</sup>

**Tabel 2.** Estimasi karbon tersimpan pada nekromassa mangrove

Stasiun	Jenis mangrove		Rata-rata karbon tersimpan (kg C/m <sup>2</sup> )
	<i>Avicennia</i> sp. (kg C/m <sup>2</sup> )	<i>Rhizophora</i> sp. (kg C/m <sup>2</sup> )	
1.	0,65	0	0,65±0,036
2.	0,44	0	0,44±0,039
3.	0,27	0,04	0,31±0,033
4.	0	0,02	0,02±0,006
5.	0	0,26	0,26±0,030
Rata-rata	0,27 kg C/m <sup>2</sup>	0,06 kg C/m <sup>2</sup>	0,34 kg C/m <sup>2</sup>

Karbon tersimpan pada nekromassa tertinggi pada stasiun 1 dan terendah stasiun 4 karena pada stasiun 1 usia mangrove lebih tua dibandingkan di stasiun 4 yang kondisinya baru tumbuh dalam beberapa tahun terakhir. Menurut Agustin *et al.* (2011) kondisi usia kelangsungan hidup mangrove bergantung pada kemampuan mangrove dalam beradaptasi terhadap kondisi biofisika lingkungannya. Besarnya nilai karbon tersimpan pada nekromassa sangat dipengaruhi oleh banyaknya jumlah pohon yang mati karena mangrove tersebut yang tidak dapat beradaptasi terhadap kondisi biofisik lingkungan. Selain itu, banyak ditemukan nekromassa mangrove *Avicennia* sp. dibandingkan dengan *Rhizophora* sp. Nilai volume pohon mati dan usia pohon sangat berpengaruh terhadap penyimpanan karbon (Ilmiliyana *et al.*, 2012 dan Agustin *et al.*, 2011). Nekromassa tersebut hanya dapat menyimpan sisa-sisa dari biomassa dan karbon yang terserap selama pohon tersebut masih hidup dan dapat melakukan fotosintesis. Pohon yang sudah mati atau menjadi nekromassa tersebut tidak dapat menyerap biomassa dan karbon, karena pohon tersebut tidak dapat berfotosintesis kembali. Karbon yang tersimpan dalam nekromassa merupakan karbon yang masih tersimpan setelah pohon tersebut mati, sehingga jumlah karbon tersimpan dalam nekromassa tidak sebanyak karbon yang tersimpan di dalam tegakan mangrove yang masih hidup (Purnobasuki, 2012; Lestari dan Rahadian, 2017 dan Windarni *et al.*, 2018). Oleh karena itu karbon tersimpan pada nekromassa lebih kecil dibandingkan dengan karbon tersimpan pada tegakan mangrove yang masih hidup.

Karbon tersimpan pada serasah merupakan nilai karbon yang tersimpan di dalam serasah mangrove, terutama pada daun mangrove yang sudah jatuh di atas tanah. Daun yang jatuh tersebut terjadi karena mangrove tersebut sudah mati dan daunnya berguguran. Estimasi karbon tersimpan pada serasah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 mengatakan karbon tersimpan pada serasah di lokasi penelitian berkisar 0,11 kg C/m<sup>2</sup>–0,25 kg C/m<sup>2</sup> dengan rata-rata sebesar 0,18 kg C/m<sup>2</sup>. Karbon tersimpan pada serasah tertinggi pada stasiun 2 sebesar 0,25 kg C/m<sup>2</sup> sedangkan terendah pada stasiun 1 sebesar 0,25 kg C/m<sup>2</sup>. Karbon tersimpan pada serasah *Avicennia* sp. sebesar 0,10 kg C/m<sup>2</sup> lebih besar dibandingkan dengan karbon tersimpan pada *Rhizophora* sp sebesar 0,08 kg C/m<sup>2</sup>. Karbon tersimpan pada serasah pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan Windarni *et al.*, (2018); Sianturi dan Masiyah (2018) dimana karbon tersimpan pada nekromassa mangrove di Desa Margasari sebesar 0,12 kg C/m<sup>2</sup> dan di Muara Sungai Kumbe sebesar 0,15 kg C/m<sup>2</sup>.

Karbon tersimpan pada serasah tertinggi pada stasiun 2 dan terendah pada stasiun 1 karena pada stasiun 1 banyak ditemukan pohon yang sudah mati dalam waktu yang sudah lama sehingga sedikit ditemukan serasah, sedangkan pada stasiun 2 mangrove banyak mati dalam waktu dekat sehingga banyak ditemukan serasah karena mangrove tersebut menggugurkan daunnya. Karbon tersimpan di tegakan berupa biomassa yang lebih rendah dan serasah terakumulasi dalam sedimen sehingga kandungan bahan organik yang tinggi di lapisan permukaan juga dapat berasal dari serasah mangrove yang mengalami proses dekomposisi (Alongi, 2012). Menurut Hairiah dan Rahayu (2007) serasah merupakan bagian tanaman yang sudah mati dan menggugurkan daunnya di atas tanah. Semakin semakin lama mangrove tersebut mati, maka semakin kecil nilai karbon tersimpan pada serasah, karena serasah daun

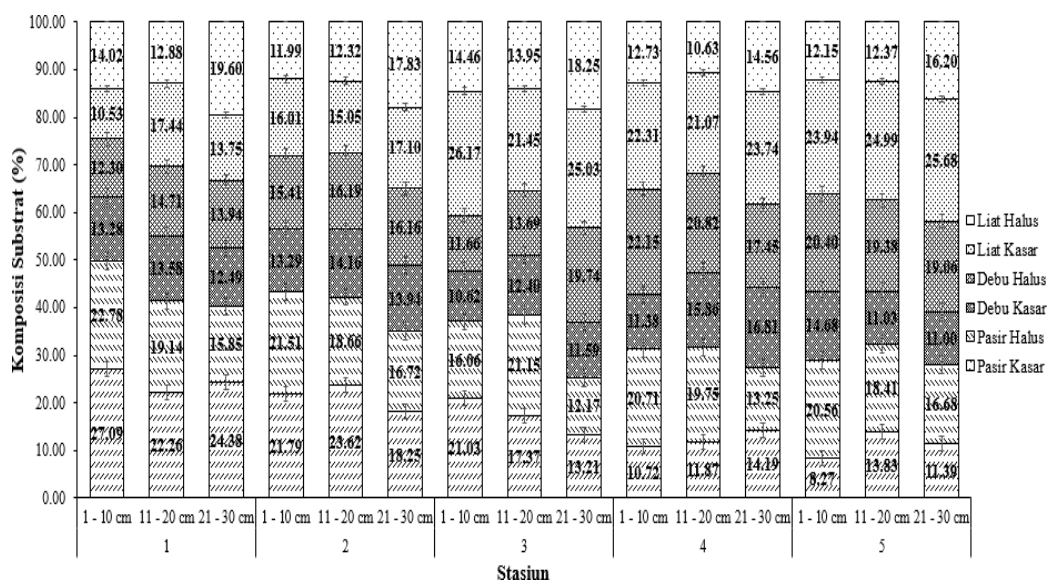
tersebut banyak yang sudah terdegradasi. Selain itu, *Avicennia* sp. banyak yang sudah mati, sehingga banyak ditemukan daun yang sudah berguguran dan sudah terdegradasi di dalam substrat. Untuk *Rhizophora* sp. kondisi diduga masih dalam kondisi sehat, terutama pada stasiun 4 banyak yang pohonnya masih berusia muda, sehingga sedikit ditemukan serasah daun.

Serasah dalam bentuk daun lebih banyak menyimpan kandungan air dibandingkan dengan kandungan bahan organik. Hal ini karena serasah daun tersebut merupakan unit fotosintesis yang memiliki banyak rongga sel yang diisi oleh air dan unsur hara mineral (Hairiah dan Rahayu, 2007; Agustin *et al.*, 2011). Oleh karena itu, serasah pada daun tersebut sedikit menyimpan karbon karena banyak struktur bagiannya terdiri atas air dan unsur hara mineral dibandingkan dengan bahan organik seperti biomassa dan karbon. Karbon pada tegakan lebih besar dibandingkan dengan nekromassa dan serasah karena kandungan biomassa pada batang mangrove sangat berkaitan dengan proses fotosintesis. Melalui proses fotosintesis tersebut kemudian menghasilkan biomassa yang akan selanjutnya dialokasikan ke daun, batang, ranting, dan akar yang dapat menyebabkan penambahan diameter serta tinggi pada pohon tersebut. Karbon tersimpan pada mangrove akan didistribusikan ke dalam 4 bagian yaitu biomassa atas permukaan (*above ground*), biomassa di bawah permukaan (*below ground*), bahan organik mati, dan karbon organik tanah (Sutaryo, 2009; Rusolono *et al.*, 2015; Anggraeni *et al.*, 2017).

Ukuran butir sedimen digunakan untuk mengetahui kategori sedimen mangrove yang terbagi dalam pasir kasar, pasir halus, debu kasar, debu halus, liat kasar, dan liat halus (Hardjowigeno, 1993). Ukuran butir sedimen mangrove disajikan pada Gambar 3.

**Tabel 3.** Estimasi karbon tersimpan pada serasah mangrove

Stasiun	Serasah Mangrove		Rata-rata Karbon Tersimpan (kg C/m <sup>2</sup> )
	<i>Avicennia</i> sp. (kg C/m <sup>2</sup> )	<i>Rhizophora</i> sp. (kg C/m <sup>2</sup> )	
1.	0,11	0	0,11±0,04
2.	0,25	0	0,25±0,01
3.	0,13	0,07	0,20±0,04
4.	0	0,14	0,14±0,02
5.	0	0,18	0,18±0,03
Rata-rata	0,10 kg C/m <sup>2</sup>	0,08 kg C/m <sup>2</sup>	0,18 kg C/m <sup>2</sup>



**Gambar 3.** Ukuran butir sedimen mangrove

Gambar 3 menunjukkan hasil ukuran butir sedimen dalam diagram batang. Tekstur pasir mendominasi setiap lapisan. Komposisi tekstur pada lapisan 1-10 cm memiliki kombinasi tekstur yang bercampur antara keenam tekstur dibandingkan dengan kedalaman 10-20 cm dan 20-30 cm. Percampuran substrat setiap kedalaman memiliki dominan tekstur yang berbeda-beda. Tekstur pada kedalaman 1-10 cm adalah jenis substrat lempung berpasir, kedalaman 10-20 cm adalah jenis substrat pasir berlempung dan kedalaman 20-30 cm adalah jenis substrat pasir. Kedalaman 71-100 cm tekstur pasir mendominasi, baik pasir kasar maupun pasir halus. Hasil ini dapat terlihat bahwa semakin dalam sampel yang diambil, tekstur pasir semakin mendominasi. Kandungan karbon yang diperoleh juga termasuk dalam kategori rendah, mangrove memanfaatkan bahan organik untuk pertumbuhannya. Seperti yang dijelaskan oleh Chauvet (1987) bahwa kandungan C/N rasio yang rendah dikarenakan bahan organik dimanfaatkan kembali oleh mangrove untuk pertumbuhan.

Sedimen merupakan tempat akar mangrove tumbuh dengan karakteristik yang berbeda yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mangrove tersebut (Arief, 2003). Pada umumnya sedimen mangrove terdiri atas unsur pasir, debu, dan liat (Lestari dan Rahadian, 2017). Hasil penelitian menunjukkan karakteristik sedimen berbeda pada setiap kedalaman di semua stasiun. Sedimen di stasiun 1 dan 2 didominasi oleh pasir kasar, sedangkan di stasiun 3-5 didominasi oleh liat kasar. Sedimen di stasiun 1 dan 2 didominasi pasir kasar karena berhadapan dengan laut dan ditumbuhi *Avicennia* sp. (Anggraeni *et al.*, 2017). Hal ini sesuai menurut (Bengen, 2000; Indah *et al.*, 2008; Darmadi *et al.*, 2012 dan Masrurroh *et al.*, 2020) yang menyatakan bahwa sedimen yang didominasi oleh tekstur pasir sangat cocok untuk pertumbuhan mangrove jenis *Avicennia* karena sistem perakaran mangrove tersebut efektif sebagai perangkap pasir. Sedimen pada stasiun 3-5 didominasi oleh substrat tekstur liat kasar karena dekat dengan daratan dan ditumbuhi oleh mangrove *Rhizophora* sp. Rutzler (1969) menyatakan bahwa sedimen yang didominasi oleh liat sangat cocok untuk pertumbuhan mangrove *Rhizophora* sp. karena sistem perakaran mangrove tersebut yang efektif sebagai perangkap liat. Menurut Darmadi *et al.* (2005), faktor utama penyebab adanya zonasi pada mangrove adalah sifat sedimen seperti ukuran butir dan kandungan bahan organik sedimen. Oleh karena itu, adanya sistem zonasi pada mangrove dapat dipengaruhi oleh kondisi sedimennya.

Karbon tersimpan pada serasah paling sedikit dibandingkan dengan bagian tegakan dan nekromassa. Pada umumnya, serasah dalam bentuk daun yang lebih banyak menyimpan kandungan air dibandingkan dengan kandungan bahan organik. Hal ini karena serasah daun tersebut merupakan unit fotosintesis yang memiliki banyak rongga sel yang diisi oleh air dan unsur hara mineral (Hairiah dan Rahayu, 2007; Agustin *et al.*, 2011). Oleh karena itu, serasah pada daun tersebut sedikit menyimpan karbon karena banyak struktur bagiannya terdiri atas air dan unsur hara mineral dibandingkan dengan bahan organik seperti biomassa dan karbon. Karbon pada tegakan lebih besar dibandingkan dengan lainnya, karena kandungan biomassa pada batang mangrove sangat berkaitan dengan proses fotosintesis. Proses fotosintesis tersebut kemudian menghasilkan biomassa yang akan selanjutnya dialokasikan ke daun, batang, ranting, dan akar yang dapat menyebabkan penambahan diameter serta tinggi pada pohon tersebut. Karbon tersimpan pada mangrove akan didistribusikan ke dalam 4 kantong karbon, yaitu biomassa atas permukaan (*above ground*), biomassa di bawah permukaan (*below ground*), bahan organik mati, dan karbon organik tanah.

Persentase kandungan karbon dihitung dengan metode *Walkey and Black* kemudian dikonversi menjadi kandungan karbon organik dalam sedimen. Kandungan karbon organik dalam sedimen disajikan pada Tabel 4. Tabel 4 mengatakan kandungan karbon organik sedimen berkisar 94,87–169,91 kg C/m<sup>2</sup> dengan rata-rata 139,17 kg C/m<sup>2</sup>. Kandungan karbon organik sedimen terendah pada stasiun 1 sebesar 94,87 kg C/m<sup>2</sup> sedangkan tertinggi pada stasiun 4 sebesar 169,71 kg C/m<sup>2</sup>. Kandungan karbon organik pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan (Handoyo *et al.*, 2020) dimana karbon organik sedimen muara Sungai Sembilan, Riau sebesar 181,92 kg C/m<sup>2</sup>.



**Tabel 4.** Kandungan karbon organik dalam sedimen

Stasiun	Kandungan C-Organik tanah (kg C/m <sup>2</sup> )
1	94,87
2	120,29
3	164,91
4	169,71
5	146,09
Rata-rata	139,17

Kandungan karbon organik sedimen terendah pada stasiun 1 dan tertinggi pada stasiun 4 karena pada stasiun 1 didominasi oleh substrat pasir kasar dan berhadapan langsung dengan laut, sedangkan pada stasiun 4 sedimen didominasi oleh liat kasar. Karbon organik sedimen meningkat seiring dengan pertumbuhan biomassa tanaman (Rozainah *et al.*, 2018 dan Etemadi *et al.*, 2018). Hal ini sesuai dengan Baderan (2017) yang menyatakan bahwa tanah liat adalah jenis tanah latosol yang memiliki luas permukaan yang besar sehingga mampu menahan air dan menyimpan unsur hara yang tinggi, sedangkan pasir adalah jenis tanah regosol yang memiliki permukaan yang kecil. Rendahnya kandungan karbon organik ini karena sedimen di lokasi penelitian berwarna coklat, sedangkan sedimen di muara Sungai Sembilan, Riau berwarna hitam. Sedimen yang memiliki warna hitam menunjukkan adanya kandungan bahan organik tinggi, sehingga apabila bahan organik tinggi maka kandungan karbon organiknya juga tinggi (Baderan, 2017; Trisnawati *et al.*, 2017; Shofanduri *et al.*, 2018). Oleh karena itu, sedimen di lokasi penelitian ini nilai kandungan karbon organiknya lebih rendah dibandingkan dengan sedimen di muara Sungai Sembilan, Riau. Sedimen pasir sangat rentan mengalami pencucian oleh pasang surut karena ukuran butiran pasir kasar lebih besar dibandingkan dengan liat kasar, sehingga dapat berimbans terhadap kandungan karbon organik. Kandungan karbon organik sedimen pasir kasar lebih rendah dibandingkan dengan sedimen liat kasar (Taqwa dan Muskananfolo, 2014; Hakim *et al.*, 2016; Handoyo *et al.*, 2020). Menurut Darmawijaya (1990) dan Foth (1998) menyatakan bahwa terdapat korelasi antara kandungan liat pada sedimen yang semakin besar terhadap kandungan bahan organik yang semakin tinggi. Oleh karena itu, sedimen dengan tekstur pasir sulit untuk menyimpan air dan juga unsur hara dibandingkan dengan tekstur liat.

## KESIMPULAN

Karbon tersimpan pada sedimen mangrove lebih besar dibandingkan dengan karbon tersimpan pada tegakan, nekromassa, dan serasah mangrove, hal ini diduga karena karbon sedimen berasal dari tumbuhan yang menyerap karbon dan dialirkan ke dalam tanah melalui akar, selain itu juga berasal dari makhluk hidup seperti hewan maupun tumbuhan yang sudah mati dan terdegradasi ke dalam sedimen. Karbon tersimpan pada sedimen yang tertinggi berada pada sedimen yang memiliki tekstur liat kasar, karena liat kasar dapat menyimpan unsur hara yang tinggi, sehingga karbon yang tersimpan lebih besar dibandingkan sedimen yang memiliki tekstur pasir kasar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Y.L., Muryono, M. & Purnobasuki, H. 2011. Estimasi stok karbon pada tegakan pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Talang Iring, Pamekasan Madura. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Alongi, D.M. 2012. Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon management*, (3):313-322. DOI: 10.4155/cmt.12.20
- Anggraeni, C.P., Rosidi, M., & Satria, I.P. 2017. Estimasi Stok Karbon di Kawasan Mangrove Pantai Timur Kota Surabaya. Surabaya : Dinas Lingkungan Hidup

- Arief, A. 2003. Hutan Mangrove Fungsi dan Manfaatnya. Yogyakarta: Kanisius
- Baderan, D.W.K. 2017. Serapan Karbon Hutan Mangrove Gorontalo. Yogyakarta: Deepublish
- Bengen, D.G. 2000. Ekosistem dan Sumber Daya Alam Pesisir. Bogor: Pusat Sumberda ya Pesisir dan Laut
- Bouillon, S., Borges, A.V., Moya, C.E., Diele, K., Dittmar, T., Duke, N.C., Kristensen, E., Lee, S.Y., Marchand, C., Middelburg, J.J., Monroy, V.H.R., Smith, T.J., & Twilley, R.R. 2008. Mangrove production and carbon sinks: a revision of global budget estimates. *Global Biogeochem Cycle*. 22(1):1-12. DOI: 10.1029/2007GB003052
- BSN [Badan Standarisasi Nasional]. 2011. Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting) (SNI 7724:2011). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Chauvet, E. 1987. Changes in the Chemical Composition of Alder, Poplar dan Willow Leaves During Decomposition in A River. *Hydrobiologia*, 148(1): 35-44. DOI: 10.1007/BF00018164
- Darmadi, Lewaru, M.W. & Khan, A.M. 2012. Struktur komunitas vegetasi mangrove berdasarkan karakteristik substrat di Muara Harmin Desa Cangkring Kecamatan Cantigi Kabupaten Indramayu. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 3(3): 347-358
- 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
- Dlugokencky, E.J., Houweling, S., Bruhwiler, L., Masarie, K.A., Lang, P.M., Miller, J.B. & Tans, P.P. 2003. Atmospheric Methane Levels Off: Temporary Pause or a New Steady-State. *Geophysical Research Letters*, 30(19):1-4. DOI: 10.1029/2003GL018126
- Donato, 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*, 4(5):293-297. DOI: 10.1038/ngeo1123
- Etemadi, H., Smoak, J.M. & Sanders, C.J. 2018. Forest migration and carbon sources to Iranian mangrove soils. *Journal of Arid Environments*, 157: 57-65. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2018.06.005
- FAO [Food and Agriculture Organization]. 2007. The World's Mangroves 1980–2005. Rome : FAO
- Foth, H.D. 1998. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Yogyakarta: Gadjah Mada Press
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L.L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J. & Duke, N. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20:154–159. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x
- Hairiah, D.K. & Rahayu, S. 2007. Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor: World Agroforestry Centre
- Hakim, M.A., Martuti, N.K.T. & Irsadi, A. 2016. Estimasi stok karbon mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Journal of Life Science*, 5(2): 87-94.
- Handoyo, E., Amin, B. & Elizal, E. (2020). Estimation of carbon reserved in mangrove forest of Sungai Sembilan Sub-District, Dumai City, Riau Province. *Journal of Aquatic Sciences*. 3(2): 123-134. DOI: 10.31258/ajoas.3.2.123-134
- Hardjowigeno S. (1993). Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Jakarta : Akademi Pressindo
- IPCC [Intergovernmental Panel Climate Change]. 2007. Causes of Change Climate change 2007. Cambridge: Cambridge University Press
- Kusumaningtyas, M.A., Hutahaean, A.A., Fischerd, H.W., Mayod, M.P., Ransby, D. & Jennerjahn, T.C. 2018. Variability in the organic carbon stocks, sources, and accumulation rates of Indonesian mangrove ecosystems. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 218: 310–323. DOI: 10.1016/j.ecss.2018.12.007
- Lestari, T.A. & Rahadian, A. 2017. Metode Kuantifikasi Pendugaan Cadangan Karbon Ekosistem Mangrove. Bogor: Mangroves for the Future Indonesia
- Masruroh, L. & Insafitri, I. 2020. Pengaruh jenis substrat terhadap kerapatan vegetasi *Avicennia marina* di Kabupaten Gresik. *Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 1(2):151-159. DOI: 10.21107/juvenil.v1i2.7569
- Muslikah, N. & Eriza, A.O. 2013. Masyarakat peduli pelestarian hutan mangrove di Desa Purworejo Pasir Sakti Lampung Timur. *Jurnal Wahana Berita Mangrove Indonesia*, 1(1):25-27.
- Nadapdap, N.S., Perwira, I.Y. & Ernawati, N.M. 2020. Analisis karbon, nitrogen, dan total bakteri pada substrat dasar tambak udang vannamei (*Liopenaeus vannamei*) pada pertengahan

- masa tanam di Desa Sanggalangit, Buleleng, Bali. *Journal of Current Trends in Aquatic Science*, 3(1):97-105
- Purnobasuki, H. 2012. Pemanfaatan hutan mangrove sebagai penyimpan karbon. *Buletin PSL Universitas Surabaya*. 28(3-5):1-6
- Rahman, Hefni, E.H., & Rusmana I. 2017. Stock estimation and carbon absorption of mangrove in Tallo River, Makassar. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 11(1): 19-28
- Richards, D.R. & Friess, D.A. 2015. Rates and drivers of mangrove deforestation in Southeast Asia, 2000-2012. *Environmental Science*, 113(2): 344-349. DOI: 10.1073/pnas.1510272113
- Rozainah, M.Z., Nazri, M.N., Sofawi, A.B., Hemati, Z. & Juliana, W.A. 2018. Estimation of carbon pool in soil, above and below ground vegetation at different types of mangrove forests in Peninsular Malaysia. *Marine Pollution Bulletin*, 137: 237-245. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2018.10.023
- Rusolono, T., Tiryana, T., Purwanto, J. & Sumantri, H. 2015. Panduan Survei Cadangan Karbon dan Keanekaragaman Flora di Sumatera Selatan. Palembang : GIZ Bioclimate
- Rutzler, K. 1969. The mangrove community: aspects of its structure, faunistics and ecology. *Journal of Lagunas Costeras*, 5(1):515-536
- Shofanduri, A., Lianah, & Hariz. A.R. 2018. Perbandingan kualitas tanah di Pantai Alasdowo Kabupaten Pati dengan Pantai Mangunharjo Kota Semarang sebagai media pertumbuhan mangrove. *Rhizophora sp. Journal of Bio logy Education*. 1(2):1-14. DOI: 10.21043/job.e.v1i2.4107
- Sianturi, R. & Masiyah, S. 2018. Estimasi stok karbon mangrove di Muara Sungai Kumbe Distrik Malind Kabupaten Merauke. *Musamus Fisheries and Marine Journal*, 1(1): 24-32. DOI: 10.35724/mfmj.v1i1.1439
- Sjostrom, M. & Ogren, E. 1990. Estimation of the effect of photoinhibition on the carbon gain in leaves of a willow canopy. *Journal of Planta*, 181(4):560- 567. DOI: 10.1007/BF00193011
- Sutaryo, D. 2009. Penghitungan Biomassa Sebuah Pengantar Untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon. Bogor : Wetlands International Indonesia Programme
- UNEP [United Nations Environment Programme]. 2007. *Annual Report: Global Environment Outlook Yearbook*. Nairobi: UNEP
- Tamooh, F., Huxham, M., Karachi, M., Mencuccini, M., Kairo, J.G. & Kirui, B. 2008. Below-ground root yield and distribution in natural and replanted mangrove forests at Gazi Bay, Kenya. *Journal of Forest Ecology and Management*, 256(6): 1290-1297. DOI: 10.1016/j.foreco.2008.06.026
- Taqwa, R.N. & Muskananfolo, M.R. 2014. Studi hubungan substrat dasar dan kandungan bahan organik dalam sedimen dengan kelimpahan hewan makro- benthos di Muara Sungai Sayung Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources Journal*, 3(1):125-133. DOI: 10.14710/marj.v3i1.4429
- Tomlinson, P.B. 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge: Cambridge University Press
- Twilley, R.R., Chen, R.H. & Hargis, T. 1992. Carbon Sinks in Mangroves and Their Implications to Carbon Budget of Tropical Coastal Ecosystems. *Water Air and Soil Pollution*, 64(1):265-288. DOI: 10.1007/BF00477106
- Safe'i, R., Sari, R.N., Iswandaru, D., Latumahina, F.S., Taskirawati, I. & Kaskoyo, H. 2021. Biodiversity and site quality as indicators of mangrove forest health Pasir Sakti, Indonesia. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology Journal*, 25(2): 4400-4410
- Triapriyasen, A., Muslim, M. & Suseno, H. 2016. Analisis jenis ukuran butir sedimen di perairan Teluk Jakarta. *Journal of Oseanografi*, 5(3): 309-316
- Trisnawati, T., Wardati, W. & Yulia, A. 2017. Pertumbuhan bibit mangrove (*Rhizophora* sp.) pada medium hidraquent yang diberi beberapa dosis NPK. *Jurnal Omni Faperta*, 4(2):1-10
- 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. DOI: 10.23960/jsl1667-75
- Yuliamaya, Darmawan, A. & Hilmanto, A. 2014. Perubahan tutupan hutan mangrove di Pesisir Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*, 2(3):111-124. DOI: 10.23960/jsl32111-124