

SIMPANAN KARBON DI VEGETASI MANGROVE DESA SUNGAI NIBUNG, KECAMATAN DENTE TELADAS, KABUPATEN TULANG BAWANG, PROVINSI LAMPUNG

CARBON STORAGE IN MANGROVE VEGETATION OF SUNGAI NIBUNG VILLAGE, DENTE TELADAS DISTRICT, TULANG BAWANG REGENCY, LAMPUNG PROVINCE

Anma Hari Kusuma^{1*}, Moh. Muhaemin¹, Indra Gumay Yudha², Siti Hudaidah³, Yudha Trinugraha Adiputra³

¹Program Studi Ilmu Kelautan,

²Program Studi Sumber Daya Akuatik,

³Program Studi Budidaya Perairan,

Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

*Korespondensi: anma.hari@fp.unila.ac.id

ABSTRACT

Increasing the concentration of CO₂ in the atmosphere produces the greenhouse gas effect and cause global warming. Blue carbon is the ability of coastal and marine ecosystems to absorb CO₂ effectively through photosynthesis which is stored in the form of biomass and sediment. The purpose of this research is to analyze carbon storage in the mangrove vegetation of Sungai Nibung Village. The research was conducted from June to August 2022. The research location was in Sungai Nibung Village, Dente Teladas District, Tulang Bawang Regency, Lampung Province. Measurements of mangrove carbon were conducted in mangrove stands, necromass, and litter using the non-destructive sampling method. The results showed that carbon stored in sediments was greater than carbon stored in the mangrove stands, necromass, and litter. The highest carbon stored in sediments was in coarse clay size sediment because coarse clay can store high nutrients.

Keyword: Blue carbon, global warming, mangrove

ABSTRAK

Peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer menimbulkan dampak efek gas rumah kaca dan mengakibatkan pemanasan global. Karbon biru (*blue carbon*) merupakan kemampuan ekosistem pesisir dan laut dalam menyerap CO₂ secara efektif melalui fotosintesis yang disimpan dalam bentuk biomassa dan sedimen. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis simpanan karbon di vegetasi mangrove Desa Sungai Nibung. Penelitian dilakukan dari Juni sampai Agustus 2022. Lokasi penelitian di Desa Sungai Nibung, Kecamatan Dente Teladas, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung. Pengukuran karbon mangrove pada tegakan mangrove, nekromassa, dan serasah yang dilakukan dengan metode *non-destructive sampling*. 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 ukuran liat kasar karena liat kasar dapat menyimpan unsur hara yang tinggi.

Kata kunci: *Blue carbon*, mangrove, pemanasan global

PENDAHULUAN

Peningkatan emisi gas karbon dioksida (CO_2) di atmosfer akibat antropogenik terjadi sejak pasca revolusi industri dan cenderung meningkat dari tahun ke tahun hingga saat ini (Hairiah dan Rahayu 2007). Hal ini dibuktikan oleh IPCC (2007) yang menunjukkan bahwa peningkatan emisi CO_2 secara global terjadi sejak tahun 1970-2004 yaitu 21-38 Gt CO_2 (setara 5,72-10,35 Pg C tahun⁻¹) akibat penggunaan bahan bakar fosil dan deforestasi. Le Quere *et al.* (2018) menyebutkan bahwa secara global aktivitas antropogenik disebabkan oleh pembukaan lahan sebesar 5,3 Gt CO_2 tahun⁻¹ (13%), aktivitas industri sebesar 34,4 Gt CO_2 tahun⁻¹ (87%), diserap lautan sebesar 8,9 Gt CO_2 tahun⁻¹ (22%), diserap tanaman sebesar 11,6 Gt CO_2 tahun⁻¹ (29%), dan tertinggal di atmosfer sebesar 17,3 Gt CO_2 tahun⁻¹ (44%). Konsentrasi CO_2 di atmosfer sebelum revolusi industri pada tahun 1780 sebesar 280 ppm sedangkan pada tahun 2016 konsentrasi CO_2 global mencapai 400 ppm (IPCC 2007). Peningkatan konsentrasi CO_2 di atmosfer menimbulkan dampak efek gas rumah kaca dan mengakibatkan pemanasan global (Sulzman 2000). Pemanasan global terjadi ketika matahari memancarkan energi gelombang elektromagnetik melalui atmosfer namun karena keberadaan gas rumah kaca, maka energi tersebut terperangkap sehingga suhu permukaan bumi menjadi meningkat. Fenomena ini berdampak serius jika terus menerus berlangsung. Dampak dari kejadian tersebut mengancam kehidupan semua makhluk hidup akibat peningkatan emisi CO_2 yang tinggi. Oleh karena itu, upaya mitigasi CO_2 sangat perlu dilakukan untuk mengurangi emisi CO_2 di atmosfer. Ekosistem laut berperan penting dalam menurunkan emisi gas rumah kaca. CO_2 dapat berkurang karena diserap oleh lautan melalui perbedaan tekanan pasial dan diserap oleh organisme autotrof melalui proses fotosintesis (Nellemann *et al.* 2009). Ekosistem pesisir dan laut mampu menyerap CO_2 secara efektif melalui vegetasi pesisir yang dikenal dengan konsep karbon biru (*blue carbon*). UNEP (2007) mengatakan *blue carbon* adalah CO_2 di atmosfer yang diserap oleh ekosistem pesisir (mangrove, lamun, dan rawa payau) melalui fotosintesis dan karbon tersebut disimpan menjadi biomassa dan sedimen.

Mangrove merupakan salah satu produsen primer yang dapat menyerap CO_2 dengan tingkat intensitas yang lebih

besar dibandingkan tumbuhan terestrial melalui proses fotosintesis dan dimana karbon disimpan dalam bentuk biomassa di bagian atas (batang, daun, dan ranting) dan biomassa di bagian bawah (akar) serta terakumulasi di sedimen (Twilley *et al.* 1992; Kristensen *et al.* 2008; Alongi 2009; Kauffman *et al.* 2011; Donato *et al.* 2011; Murdiyarso *et al.* 2015). Donato *et al.* (2011) mengatakan mangrove di wilayah Indo-Pasifik memiliki simpanan karbon sebesar 1,023 Mg C Ha⁻¹ (di biomassa dan di sedimen) dan merupakan simpanan karbon terbanyak dibandingkan dengan vegetasi hutan tropis lainnya. Luasan mangrove dunia saat ini sekitar 16,53 juta hektar (ha) (FAO 2007) dimana 22,6% dari total luasan tersebut berada di Indonesia dengan luas 3,11 juta ha (Giri *et al.* 2011). Luasnya ekosistem mangrove di Indonesia ini mencerminkan besarnya potensi penyimpanan emisi karbon di atmosfer sehingga 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 & Friess 2015). Desa Sungai Nibung terletak di Kecamatan Dente Teladas, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung. Desa ini memiliki potensi mangrove yang cukup besar. Informasi penyimpanan karbon oleh vegetasi mangrove masih jarang karena penelitian sebelumnya hanya berfokus pada struktur komunitas mangrove. Oleh karena itu, penting untuk dilakukan kajian untuk menganalisis mengenai penyimpanan karbon mangrove di Kabupaten Tulang Bawang yang dapat berperan dalam upaya pengurangan CO_2 di atmosfer.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dari bulan Juli-Agustus 2022. Lokasi penelitian dilakukan di Desa Sungai Nibung, Kecamatan Dente Teladas, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung. Desain pengambilan data dilakukan dimana stasiun di kelompokkan berdasarkan karakteristik keterwakilan. 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 setiap titik stasiun dengan transek ukuran 10x10 m² dengan jarak 10 m untuk tiap stasiun untuk diameter mangrove. Serasah dan sedimen mangrove dilakukan pada transek ukuran 0,25x0,25 m² di dalam plot stasiun. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Pengukuran karbon mangrove pada tegakan mangrove, nekromassa, dan serasah dilakukan dengan metode *non-destructive sampling* mengacu pada SNI 7724:2011 (BSN 2011). Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur keliling tegakan mangrove pada ketinggian di atas 1,3 m untuk mendapatkan diameter mangrove pada transek 10x10 m². Analisis biomassa dihitung berdasarkan data tegakan pohon dengan menggunakan model persamaan *allometrik* (Lestari & Rahadian 2017). Karbon tersimpan dihitung dengan konversi nilai kandungan biomassa. Pengukuran karbon pada nekromassa dilakukan dengan mengukur diameter, 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 (cm³)

π = $\frac{22}{7}$ atau 3,14

DBH = Diameter pohon pada u 1,3 m

T = Tinggi total pohon mati (cm)

f = Faktor (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 (g/cm³)

BK = Berat sampel (g)

VS = Volume sampel 10 cm (cm³)

Kandungan bahan organik dihitung menggunakan persamaan:

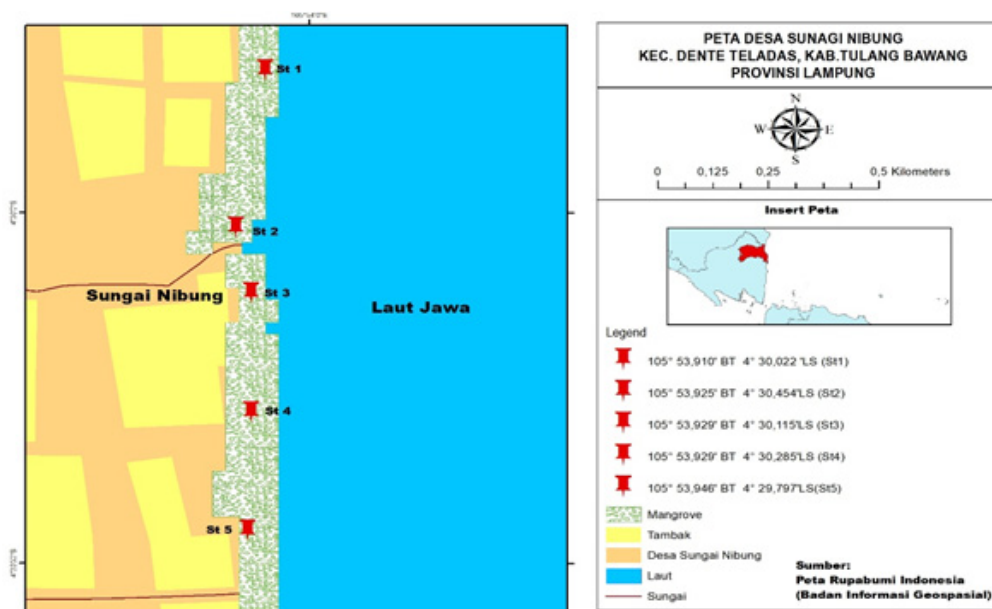
$$B_{pm} = V_{pm} \times BJ_{pm}$$

Keterangan:

B_{pm} = Bahan organik (g)

V_{pm} = Volume (cm³)

BJ_{pm} = Berat jenis (g/cm³)



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Pengukuran karbon serasah mangrove dilakukan dengan cara serasah diambil dari plot ukuran 0,5x0,5 m² 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)

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:

$$BA\% = \frac{B1}{B0} \times 100\%$$

Keterangan:

BA = Presentase sedimen di ayakan (%)

B1 = Berat sedimen tertinggal (g)

B0 = Berat sedimen awal (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 K₂Cr₂O₇ 1N sebanyak 10 ml dan dihomogenisasi, selanjutnya ditambahkan larutan H₂SO₄ 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 FeSO₄ 0,5 N. Kandungan C-Organik sedimen dihitung menggunakan persamaan:

$$C \text{ Organik } \% = \frac{(ml \text{ K2Cr2O70} \times 0,003 \times F)}{BKM} \times 100\%$$

Keterangan:

C Organik (%) = Karbon organik (%)

F = Ketetapan (1,33)

BKM = Berat kering (g)

Total karbon tersimpan di sedimen dihitung menggunakan persamaan:

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

Keterangan:

Ct = Karbon tersimpan (g/cm²)

Kd = Kedalaman sampel (cm)

ρ = Berat jenis sampel (cm³)

$$Cn = \frac{Cx}{1000} \times \frac{10000}{L_{plot}}$$

Keterangan:

Cn = Kandungan karbon (kgCm²)

Cx = Kandungan karbon (gC)

1000 = Konversi kg menjadi (g)

10000 = Konversi m² menjadi cm²

L_{plot} = Luas plot (m²)

$$C \text{ Sed} = Ct \times 10$$

Keterangan:

C Sed = C-organik sedimen (kg/m²)

10 = Faktor konversi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karbon tersimpan tegakan

Karbon tersimpan pada tegakan merupakan nilai CO₂ 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 2,49 kg C/m² – 59,75 kg C/m². Karbon tersimpan pada tegakan tertinggi pada stasiun 5 sebesar 59,75 kg C/m² sedangkan terendah pada stasiun 3 sebesar 15,32 kg C/m². Karbon tersimpan tegakan untuk mangrove *Avicennia marina* sebesar 29,50 kg C/m² lebih tinggi dibandingkan dengan *Exoecaria agallocha* sebesar 6,84 kg C/m² dan *Bruguiera cylindria* sebesar 2,49 kg C/m². Karbon simpanan pada tegakan mangrove di

pantai timur Provinsi Lampung di kawasan mangrove Register 15 sebesar 29,92 kg C/m² (Kusuma *et al.* 2022). Karbon simpanan tegakan pada vegetasi mangrove di beberapa lokasi lainnya berkisar 18,2-133,39 kg C/m² (Dharmawan 2010; Windarni *et al.* 2018; Imiliyana *et al.* 2012; Hakim *et al.* 2016; dan Irsadi *et al.* 2017). Karbon tersimpan pada tegakan tertinggi pada stasiun 5 dan terendah pada stasiun 3 diduga pada stasiun 5 karena diameter batang mangrove *Avicennia marina* lebih besar dibandingkan staisun lainnya. 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 simpanan karbon tegakan pada mangrove *Avicennia marina* lebih banyak dibandingkan dengan *Exoecaria agallocha* dan *Bruguiera cylindria* karena umur mangrove *Avicennia marina* lebih tua dibandingkan dengan

Exoecaria agallocha dan *Bruguiera cylindria*. Hal ini terlihat dari diameter batang mangrove *Exoecaria agallocha* dan *Bruguiera cylindria* yang kurang dari <5 cm. Simpanan karbon tegakan jika semakin tua maka pertumbuhan sel-selnya semakin banyak (Sjostrom and Ogren 1990; Tamoooh *et al.* 2008; Ilmiliyana *et al.* 2012). *Avicennia marina* menyimpan lebih banyak karbon karena memiliki batang yang lebih keras (Rahman *et al.* 2017).

Karbon tersimpan nekromassa

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 1. Estimasi karbon tersimpan pada tegakan mangrove

| Stasiun | Karbon Tersimpan (kg C/m ²) | | | Lingkar Batang (DBH) (cm) | | |
|-----------|---|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Jenis Mangrove | | | Jenis Mangrove | | |
| | <i>Avicennia marina</i> | <i>Exoecaria agallocha</i> | <i>Bruguiera cylindria</i> | <i>Avicennia marina</i> | <i>Exoecaria agallocha</i> | <i>Bruguiera cylindria</i> |
| 1 | 30,09±38,55 | - | - | 9,39±4,04 | - | - |
| 2 | 21,67±19,83 | 6,48±0 | - | 10,47±5,01 | 5,10±0 | - |
| 3 | 12,83±12,50 | - | 2,49±0 | 7,72±2,74 | - | 4,49±0 |
| 4 | 23,20±22,57 | - | - | 9,88±3,65 | - | - |
| 5 | 59,75±36,93 | - | - | 15,05±5,07 | - | - |
| Rata-rata | 29,50 | 6,48 | 2,49 | 10,502 | 5,10 | 4,49 |

Tabel 2. Estimasi karbon tersimpan pada nekromasa mangrove

| Stasiun | Karbon Tersimpan (kg C/m ²) | | | Lingkar Batang (DBH) (cm) | | |
|-----------|---|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Jenis Mangrove | | | Jenis Mangrove | | |
| | <i>Avicennia marina</i> | <i>Exoecaria agallocha</i> | <i>Bruguiera cylindria</i> | <i>Avicennia marina</i> | <i>Exoecaria agallocha</i> | <i>Bruguiera cylindria</i> |
| 1 | 11,19±2,39 | - | - | 6,94±2,40 | - | - |
| 2 | 7,15±2,49 | - | - | 5,66±1,97 | - | - |
| 3 | 6,18±1,35 | - | - | 3,54±0,73 | - | - |
| 4 | 5,57±1,28 | - | - | 3,11±0,62 | - | - |
| 5 | 6,24±2,24 | - | - | 3,88±1,08 | - | - |
| Rata-rata | 7,26 | - | - | 4,6 | - | - |

Tabel 2 menampilkan karbon tersimpan pada nekromassa di lokasi penelitian berkisar 5,57 kg C/m²– 11,19 kg C/m² dengan nilai rata-rata 7,26 kg C/m². Karbon simpanan pada tegakan nekromassa di pantai timur Provinsi Lampung di kawasan mangrove Register 15 sebesar 0,34 kg C/m² (Kusuma *et al.* 2022). Karbon tersimpan pada nekromassa tertinggi yaitu pada stasiun 1 sebesar 11,19 kg C/m² sedangkan terendah stasiun 4 sebesar 5,57 kg C/m². 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 marina*. Nilai volume pohon mati dan usia pohon sangat berpengaruh terhadap penyimpanan karbon (Ilmiliyana *et al.* 2012; 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; 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 serasah

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 menampilkan karbon tersimpan pada serasah di lokasi penelitian berkisar 46,22 kg C/m² – 56,64 kg C/m² dengan rata-rata sebesar 51,51 kg C/m². Karbon tersimpan pada serasah tertinggi pada stasiun 1 sebesar 56,64 kg C/m² sedangkan terendah pada stasiun 2 sebesar 46,22 kg C/m². Karbon tersimpan pada serasah hanya terdapat pada mangrove *Avicennia marina*. Karbon simpanan pada serasah di pantai timur Provinsi Lampung di kawasan mangrove Register 15 sebesar 0,18 kg C/m² (Kusuma *et al.* 2022). Karbon tersimpan pada serasah pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan Windarni *et al.* (2018) dan Sianturi & Masiyah (2018) dimana karbon tersimpan pada nekromassa mangrove di Desa Margasari sebesar 0,12 kg C/m² dan di Muara Sungai Kumbe sebesar 0,15 kg C/m².

Tabel 3. Estimasi karbon tersimpan pada serasah mangrove

| Stasiun | Karbon Tersimpan (kg C/m ²) | | | Berat Kering Sampel (g) | | |
|-----------|---|----------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Jenis Mangrove | | | Jenis Mangrove | | |
| | <i>Avicennia marina</i> | <i>Exoecaria agallocha</i> | <i>Bruguiera cylindria</i> | <i>Avicennia marina</i> | <i>Exoecaria agallocha</i> | <i>Bruguiera cylindria</i> |
| 1 | 56,64±3,81 | - | - | 5±0 | - | - |
| 2 | 46,22±10,64 | - | - | 6,5±2,12 | - | - |
| 3 | 53,91±4,32 | - | - | 4,5±0,71 | - | - |
| 4 | 52,83±4,78 | - | - | 5,5±0,71 | - | - |
| 5 | 47,95±6,78 | - | - | 4±0 | - | - |
| Rata-rata | 51,51 | - | - | 5,1 | - | - |

Karbon tersimpan pada serasah tertinggi pada stasiun 1 dan terendah pada stasiun 2 karena pada stasiun 2 banyak ditemukan pohon yang sudah mati dalam waktu yang sudah lama sehingga sedikit ditemukan serasah, sedangkan pada stasiun 1 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 2009). Menurut Hairiah (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. 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 dan 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 bagian atas, biomassa bagian bawah, bahan organik mati, dan karbon organik tanah (Sutaryo 2009; Rusolono *et al.* 2015; Anggreini *et al.* 2017).

Ukuran butir sedimen

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 Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan hasil ukuran butir sedimen. Tekstur pasir mendominasi setiap lapisan. Komposisi tekstur pada lapisan 1-10 cm memiliki kombinasi tekstur yang bercampur antara enam 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 *et al.* 2017). Hasil penelitian menunjukkan karakteristik sedimen berbeda pada setiap kedalaman di semua stasiun. Sedimen di semua stasiun didominasi oleh pasir kasar. Sedimen ini lebih cepat ditumbuhi *Avicennia* sp. (Anggreini *et al.* 2017). Hal ini sesuai menurut (Bengen 2000; Indah *et al.* 2010; Darmadi *et al.* 2012; Masrurroh dan Insafitri 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. Menurut Darmadi *et al.* (2012), 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.

Kandungan C organik sedimen

Persentase kandungan karbon dihitung dengan metode *Walkley and Black* kemudian dikonversi menjadi kandungan

karbon organik dalam sedimen. Kandungan karbon organik dalam sedimen di sajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan kandungan karbon organik sedimen berkisar 94,87–122,66 kg C/m² dengan rata-rata 104,66 kg C/m². Kandungan karbon organik sedimen terendah pada stasiun 2 sebesar 83,17 kg C/m² sedangkan tertinggi pada stasiun 3 sebesar 122,66 kg C/m². Karbon simpanan pada sedimen di pantai timur Provinsi Lampung di kawasan mangrove Register 15 berkisar 4,87-169,91 kg C/m² dengan rata-rata 139,17 kg C/m². (Kusuma *et al.* 2022). 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/m². Kandungan karbon organik sedimen terendah pada stasiun 2 dan tertinggi pada stasiun 3 karena pada stasiun 2 didominasi oleh substrat pasir kasar sedangkan pada stasiun 3 sedimen didominasi oleh liat kasar.

Karbon organik sedimen meningkat seiring dengan pertumbuhan biomassa tanaman. 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 berimbas 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; Irsadi *et al.* (2017); Lestariningsih *et al.* 2018; Handoyo *et al.* 2020). 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.

Tabel 4. Ukuran butir sedimen mangrove

| Stasiun | Kedalaman (cm) | Jenis Ukuran Sedimen (%) | | | | | |
|---------|----------------|--------------------------|------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| | | Liat Kasar | Liat Halus | Lumpur Kasar | Lumpur Halus | Pasir Kasar | Pasir Halus |
| 1 | 1-10 | 6,3 | 28,8 | 15,6 | 10,3 | 22 | 17 |
| | 11-20 | 4,4 | 24,3 | 18,6 | 10,7 | 23,2 | 18,8 |
| | 21-30 | 10,8 | 25 | 12,8 | 9 | 23,6 | 18,8 |
| 2 | 1-10 | 5,6 | 22,3 | 15,5 | 11,4 | 24,3 | 20,9 |
| | 11-20 | 12,8 | 29,3 | 13,5 | 7,9 | 18,3 | 18,2 |
| | 21-30 | 6,2 | 15,4 | 12,5 | 10,5 | 27,3 | 28,1 |
| 3 | 1-10 | 4 | 26,2 | 17 | 9,2 | 22,8 | 20,8 |
| | 11-20 | 5 | 26,6 | 15,7 | 10,1 | 22,1 | 20,5 |
| | 21-30 | 4,6 | 26,4 | 15,3 | 9,7 | 24,2 | 19,8 |
| 4 | 1-10 | 3,1 | 22,6 | 19,2 | 12 | 23,7 | 19,4 |
| | 11-20 | 4,7 | 22 | 16,3 | 10,8 | 24,4 | 21,8 |
| | 21-30 | 4,9 | 23,1 | 14,6 | 12,2 | 22,5 | 22,7 |
| 5 | 1-10 | 7 | 25,9 | 15,8 | 11 | 22,5 | 17,8 |
| | 11-20 | 4,1 | 20,7 | 15,7 | 11,5 | 25,2 | 22,8 |
| | 21-30 | 3,6 | 18 | 16 | 11,7 | 26,9 | 23,8 |

Tabel 5. Kandungan karbon organik dalam sedimen

| Stasiun | Kandungan C-Organik Tanah (kg C/m ²) |
|-----------|--|
| 1 | 104,78 |
| 2 | 83,17 |
| 3 | 122,66 |
| 4 | 118,02 |
| 5 | 94,68 |
| Rata-rata | 104,66 |

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 he wan maupun tumbuhan yang sudah mati dan terdegradasi ke dalam sedimen. Karbon tersimpan pada sedimen yang tertinggi berada pada sedimen yang memiliki ki 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. Simpanan karbon di vegetasi mangrove Desa Sungai Nibung cukup tinggi sehingga berpotensi sebagai *blue carbon* dalam upaya memitigasi perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin YL, Muryono M, Purnobasuki H. 2011. Estimasi Stok Karbon pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Talang Iring, Pamekasan Madura. *Biologi*. 1(1): 2-1.
- Alongi DM. 2009. *The Energetics of Mangrove Forests*. Australia: Springer.
- Anggraeni CP, Rosidi M, Satria IP. 2017. *Estimasi Stok Karbon di Kawasan Mangrove Pantai Timur Kota Surabaya*. Surabaya (ID): Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya.
- Arief A. 2003. *Hutan Mangrove Fungsi dan Manfaatnya*. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Baderan DWK. 2017. *Serapan Karbon Hutan Mangrove Gorontalo*. Yogyakarta (ID): Deepublish.
- Bengen DG. 2000. *Ekosistem dan Sumber Daya Alam Pesisir*. Bogor (ID): PKSPL-IPB.
- [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 (ID): 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.
- Darmadi, Lewaru MW, Khan AM. 2012. Struktur Komunitas Vegetasi Mangrove Berdasarkan Karakteristik Substrat di Muara Harmin Desa Cangkring Kecamatan Cantigi Kabupaten Indramayu. *Perikanan Kelautan*. 3(3): 347-358.
- Darmawijaya. 1990. *Klasifikasi Tanah*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada Press.
- Dharmawan IWS. 2010. Pendugaan Biomasa Karbon di Atas Tanah pada Tegakan *Rhizophora mucronata* di Ciasem, Purwakarta. *Ilmu Pertanian Indonesia*. 15(1): 50-56.
- Donato CD, Kauffman JB, 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.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2007. *The World's Mangroves 1980-2005*. Rome (IT): FAO.
- Foth HD. 1998. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada Press.
- Giri C, Ochieng E, Tieszen LL, 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.
- Hairiah K, Rahayu S. 2007. *Petunjuk Praktis Pengukuran 'Karbon Tersimpan' di*

- Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Jakarta (ID): *World Agroforestry Centre*.
- Hakim MA, Martuti NKT, Irsadi, A. 2016. Estimasi Stok Karbon Mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Life Science*. 5(2): 87-94.
- Hardjowigeno S. 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Jakarta (ID): Akademi Pressindo.
- Handoyo E, Amin B, Elizal E. 2020. Estimation of Carbon Reserved in Mangrove Forest of Sungai Sembilan Sub-District, Dumai City, Riau Province. *Aquatic Sciences*. 3(2): 123-134.
- Imiliyana A, Muryono M, Purnobasuki H. 2012. Estimasi Stok Karbon pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Camplong, Sampang Madura. *Biologi*. 1(1): 1-13.
- Indah R, Jabarsyah A, Laga A. 2010. Perbedaan Substrat dan Distribusi Jenis Mangrove (Studi Kasus: Hutan Mangrove di Kota Tarakan). *Harpodon Borneo*. 3(1): 1-19.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Swiss: IPCC.
- Irsadi A, Martuti NT, Nugraha SB. 2017. Estimasi Stok Karbon Mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Sains dan Teknologi*. 15(2): 119-128.
- Kauffman JB, Heider C, Cole TG, Dwire KA, Donato DC. 2011. Ecosystem Carbon Stocks of Micronesian Mangrove Forests. *Wetlands*. 31: 343-352.
- Kristensen E, Bouillon S, Dittmar T, Marchand C. 2008. Organic Carbon Dynamics in Mangrove Ecosystems: A Review. *Aquat Bot*. 89(2): 201-219.
- Kusuma AH, Efendi E, Hidayatullah MS, Susanti O. 2022. Estimasi Serapan Karbon pada Vegetasi Mangrove Register 15, Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. *Journal of Marine Research*. 11(4): 768-778.
- Le Quéré C, Andrew RM, Canadell JG, Sitch S, Korsbakken JI, Peters GP. 2018. Global Carbon Budget 2018. *Earth Sys Sci Data*. 10(4): 2141-2194.
- Lestari TA, Rahadian A. 2017. *Metode Kuantifikasi Pendugaan Cadangan Karbon Ekosistem Mangrove*. Bogor (ID): *Mangroves for the Future Indonesia*.
- Lestariningsih WAN, Soenardjo, Pribadi R. 2018. Estimasi Cadangan Karbon pada Kawasan Mangrove di Desa Timbulsloko, Demak, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*. 7(2): 121-130.
- Masrurroh L, Insafitri I. 2020. Pengaruh Jenis Substrat terhadap Kerapatan Vegetasi *Avicennia marina* di Kabupaten Gresik. *Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan (Juvenil)*. 1(2): 151-159.
- Murdiyarto D, Fourqurean JW, Kauffman JB, Hutahaean A, Crooks S. 2015. Indonesian Blue Carbon: A Globally Significant and Vulnerable Sink for Seagrass and Mangrove Carbon. *Wetlands Ecol Manag*. 24(1): 3-13.
- Nadapdap NS, Perwira IY, Ernawati NM. 2020. Analisis Karbon, Nitrogen, dan Total Bakteri pada Substrat Dasar Tambak Udang Vannamei (*Liopenaeus vannamei*) pada Pertengahan Masa Tanam di Desa Sanggalangit, Buleleng, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*. 3(1): 97-105.
- Nellemann C, Corcoran E, Duarte DM, Valdes L, Young CD, Fonseca L, Grimsditch G. 2009. *Blue Carbon. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal*. Norway: Birkeland.
- Purnobasuki H. 2012. Pemanfaatan Hutan Mangrove sebagai Penyimpan Karbon. *Buletin PSL Universitas Surabaya*. 28(3-5): 1-6.
- Rahman, Hefni E, Rusmana I. 2017. Stock Estimation and Carbon Absorption of Mangrove in Tallo River, Makassar. *Ilmu Kehutanan*. 11(1): 19-28.
- Richards DR, Friess DA. 2015. Rates and Drivers of Mangrove Deforestation in Southeast Asia, 2000-2012. *Environmental Science*. 113(2): 344-349.
- Rusolono T, Tiryana T, Purwanto J, Sumantri H. 2015. *Panduan Survei Cadangan Karbon dan Keanekaragaman Flora di Sumatera Selatan*. Palembang (ID): GIZ Bioclimate.
- Shofanduri A, Lianah, dan Hariz AR. 2018. Perbandingan Kualitas Tanah di Pantai Alasdowo Kabupaten Pati dengan Pantai Mangunharjo Kota Semarang Seba-ai Media Pertumbuhan Mangrove *Rhizophora sp.* *Biology Education*. 1(2): 1-14.

- Sianturi R, Masiyah S. 2018. Estimasi Stok Karbon Mangrove di Muara Sungai Kumbe Distrik Malind Kabupaten Merauke. *Musamus Fisheries and Marine*.1(1): 24-32.
- Sjostrom M, Ogren E. 1990. Estimation of The Effect of Photoinhibition on the Carbon Gain in Leaves of A Willow Canopy. *Planta*. 181(4): 560-567.
- Sulzman EW. 2000. The Carbon Cycle. University Corporation for Atmospheric Research. Global Chance Instruction Program.
- Sutaryo D. 2009. *Penghitungan Biomassa Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Bogor (ID): *Wetlands International Indonesia Programme*.
- Tamoooh F, Huxham M, Karachi M, Mencuccini, Kairo MJG, Kirui B. 2008. Below-ground Root Yield and Distribution in Natural and Replanted Mangrove Forests at Gazi Bay, Kenya. *Forest Ecol*. 1(2): 1-14.
- Taqwa RN, Muskananfolo MR. 2014. Studi Hubungan Substrat Dasar dan Kandungan Bahan Organik dalam Sedimen dengan Kelimpahan Hewan Makrobenthos di Muara Sungai Sayung Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources (Maquares)*. 3(1): 125-133.
- Triapriyasen A, Muslim M, Suseno H. 2016. Analisis Jenis Ukuran Butir Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Oceanografi*. 5(3): 309-316.
- Trisnawati T, Wardati W, Yulia A. 2017. Pertumbuhan Bibit Mangrove (*Rhizophora sp.*) pada Medium Hidraquent yang Diberi Beberapa Dosis NPK. *Jom Faperta*. 4(2): 1-10.
- Twilley RR, Chen RH, Hargis T. 1992. Carbon Sinks in Mangroves and Their Implications to Carbon Budget of Tropical Coastal Ecosystems. *Water Air Soil Poll*. 64: 265-288.
- [UNEP] United Nations Environment Programme. 2007. *Annual Report: Global Environment Outlook Yearbook*. Nairobi: UNEP.
- Windarni C, Setiawan A, Rusita R. 2018. Estimasi Karbon Tersimpan pada Hutan Mangrove di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur. *Sylva Lestari*. 6(1): 66-74.