

Stok Karbon Organik Sedimen Mangrove di Laguna Segara Anakan

Khoirunnisa Azzahra Putri¹, Yaya Ihya Ulumuddin², Lilik Maslukah^{1*},
Sri Yulina Wulandari¹

¹Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

²Pusat Penelitian Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Jl. Pasir Putih Raya No.1, RT.8/RW.10, Ancol Jakarta Utara, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 14430 Indonesia
E-mail : lilik_masluka@yahoo.com

Abstrak

Konsentrasi CO₂ yang meningkat menyebabkan perubahan iklim dunia. Mangrove memiliki kontribusi besar sebagai penyerap karbon dari atmosfer di lingkungan pesisir dan menyimpannya dalam sedimen maupun biomassa. Penyimpanan karbon dalam sedimen dipengaruhi oleh sumber (termasuk jenis spesiesnya) dan perubahan faktor lingkungan sehingga menyebabkan adanya fluktuasi. Dengan ditemukannya 26 spesies mangrove pohon dan 5 spesies *understorey* (*Aegiceras corniculatum*, *Avicennia alba* dan *Nypa fruticans*) di Laguna Segara Anakan, maka perlu dilakukan penelitian terkait pola variasi stok karbon secara spasial dan temporal (vertikal). Penentuan lokasi stasiun berdasarkan peta stratifikasi tutupan mangrove, yaitu kelas mangrove pohon, mangrove *nypa*, vegetasi mangrove *mix* dan mangrove *understorey*. Parameter yang diukur yaitu karbon organik sedimen, ukuran butir sedimen, dan pasang surut. Karbon organik dianalisis menggunakan metode *Lost on Ignition* (LOI), ukuran butir sedimen dengan *particle size analyzer*, dan pasang surut diperoleh dari Badan Informasi Geospasial. Hasil penelitian menunjukkan stok rerata karbon organik pada kelas vegetasi *mix* yaitu 366,783 ton/ha, kelas mangrove *understorey* sebesar 343,747 ton/ha, kelas mangrove nipah sebesar 298,002 ton/ha dan kelas mangrove pohon sebesar 264,108 ton/ha. Variasi nilai tersebut dipengaruhi oleh ukuran butir dan jenis mangrove. Hasil penelitian ini akan bermanfaat dalam pertimbangan jenis mangrove yang ditanam sebagai bahan kajian dalam mitigasi perubahan iklim global.

Kata kunci : Karbon Organik, stok, LOI, Mangrove, Laguna Segara Anakan

Abstract

The Stocks of Mangrove Sediment Organic Carbon in the Segara Anakan Lagoon

*The increasing concentration of CO₂ is causing global climate change. Mangroves have a major contribution as carbon sequestration from the atmosphere in coastal environments and stored it in sediments and biomass. The storage of carbon in sediments is influenced by environmental factors and their sources (including the type of species), causing carbon fluctuations. With the discovery of 26 tree mangrove species and 5 understorey species (*Aegiceras corniculatum*, *Avicennia alba*, and *Nypa fruticans*) in Segara Anakan Lagoon, it is necessary to conduct research related to the pattern of spatial-vertical variation of carbon stocks. The selection of stations was based on a stratification map of mangrove cover, namely tree mangrove, *nypa* mangrove, mixed mangrove vegetation, and understorey mangrove. Parameters measured included organic carbon and sediment grain size using the *Lost on Ignition* (LOI) method and a particle size analyzer. Tidal data was obtained from the Geospatial Information Agency. The results showed the average stock of organic carbon vertically in the mixed vegetation class was 366.783 tonnes/ha, the understorey mangrove class was 343.747 tonnes/ha, nipah mangrove class was 298.002 tonnes/ha and the tree mangrove class was 264.108 tonnes/ha. The variations in values are influenced by grain size and mangrove type. The variation in value is influenced by grain size and mangrove type. The results of this*

study will be useful in considering the type of mangrove planted as a study material in mitigating global climate change.

Keywords: *Organic Carbon, Sediment Grain Size, LOI, Mangrove, Segara Anakan Lagoon*

PENDAHULUAN

Kegiatan manusia dibidang industri dan transportasi yang menggunakan bahan bakar fosil, menjadi faktor utama terjadinya peningkatan gas rumah kaca di atmosfer, utamanya gas CO₂, yang menyebabkan pemanasan iklim global (Hickmah *et al.*, 2021). Melalui proses fotosintesis, karbon diserap oleh tumbuhan darat dan laut. Proses penyerapan karbon oleh tumbuhan darat ini terbatas oleh waktu hidup tumbuhan yang tidak lama, yaitu terbatas oleh umur ekologis tumbuhan tersebut sekitar tidak lebih dari 43 tahun (Rahmawati *et al.*, 2019). Tumbuhan laut, seperti mangrove dapat menyerap karbon dan mengendapkannya dalam sedimen serta menyimpannya dalam jangka waktu lebih lama. Mangrove menyerap CO₂ kemudian menjadikannya energi, yang tersimpan dalam bentuk karbon organik. Kusumaningtya *et al.* (2019) menjelaskan rata-rata stok karbon global mangrove lebih besar dibanding rawa gambut, hutan hujan, padang lamun, dan rawa asin, yaitu mencapai sekitar 956 MgC/ha. Tingginya stok karbon di ekosistem mangrove didukung tingginya masukan *autochthonous* dan *allochthonous* pada sedimen serta kondisi anoksik dalam sedimen yang menyebabkan dekomposisi bahan organik berjalan lambat. Hal ini yang menyebabkan ekosistem mangrove menjadi salah satu ekosistem penyerap karbon yang lebih efisien dibandingkan dengan hutan terestrial.

Menurut Indrayanti *et al.* (2015), mangrove menjadi karakteristik dari tanaman yang hidup di pantai, estuari, maupun delta di tempat yang terlindung di daerah tropis dan sub tropis. Ekosistem mangrove menjadi sumber masukan bahan organik yang terbesar di daerah pesisir. Mangrove memasok bahan organik yang berasal dari serasah mangrove, seperti dari daun, ranting, dan batang mangrove (Supriyantini *et al.*, 2017). Menurut Permanawati dan Hernawan (2018), karbon di dalam sedimen bisa terakumulasi dalam jangka waktu yang lama, sampai ribuan tahun. Proses pasang surut dan ukuran butir dapat mempengaruhi proses pengendapan dan pelepasannya. Hapsari *et al.* (2020) menjelaskan

bahwa tunggang pasang surut mempengaruhi pergerakan serasah mangrove, distribusi ukuran butir dan jumlah angkutan sedimen yang menjadi sumber karbon pada ekosistem tersebut.

Laguna Segara Anakan (LSA) adalah wilayah yang berlokasi di selatan Jawa Tengah yang dibatasi oleh Pulau Nusakambangan dari Samudera Hindia. Di bagian tengah laguna mengalami sedimentasi yang tinggi dan menerima masukan dari sungai-sungai disekitarnya. Menurut Nordhaus *et al.* (2019), kawasan mangrove terluas di Pulau Jawa adalah hutan yang berada di tepi Laguna Segara Anakan (LSA). Luasnya semakin turun sering bertambahnya tahun, dari 13.557 ha pada tahun 1997, menjadi 9.272 ha pada tahun 2004 dan 8036,9 ha pada tahun 2012. Sejak tahun 2005/2006 sudah tercatat di Laguna Segara Anakan terdapat 26 spesies mangrove pohon dan 5 spesies *understorey*, dan didominasi oleh mangrove spesies *Aegiceras corniculatum*, *Avicennia alba* dan *Nypa fruticans*, sementara *understorey* didominasi oleh spesies *Acanthus spp.* dan *Derris trifoliata*. Di LSA hutan mangrove mengalami banyak perubahan penggunaan lahan akibat meningkatnya penduduk. Lebih dari 44% lahan di LSA berubah menjadi sawah sejak tahun 1987 hingga tahun 2006.

Penelitian tentang karbon organik dalam sedimen mangrove telah dilakukan oleh Hapsari *et al.* (2022) di Pulau Bintan dan Hickmah *et al.* (2021) di Karimunjawa. Lebih lanjut oleh Kusumaningtya *et al.* (2019) tentang variabilitas, sumber dan kecepatan akumulasi karbon organiknya. Pada penelitian ini bertujuan menganalisis distribusi vertikal stok karbon organik sedimen berdasarkan kelas vegetasi, yang belum dilakukan sebelumnya. Diharapkan data estimasi karbon yang terserap ini dapat dijadikan sebagai data dasar dalam kebijakan kedepan untuk mitigasi perubahan iklim, khususnya ekosistem mangrove di Segara Anakan dan ekosistem mangrove lainnya di Indonesia.

MATERI DAN METODE

Lokasi penelitian terletak di bagian tengah Laguna Segara Anakan. Penentuan lokasi

menggunakan metode purposive sampling. Penentuan lokasi ini ditentukan berdasarkan peta stratifikasi tutupan mangrove di Laguna Segara Anakan atau berdasarkan kelompok jenis mangrove yang terdapat di Laguna Segara Anakan, yaitu mangrove pohon, mangrove *nypa*, dan mangrove *understorey*. Menurut Nordhaus *et al.* (2019), mangrove *understorey* adalah vegetasi tumbuhan bawah yang terdapat di hutan bakau dengan dominan air tawar yang menyebabkan perkembangan tanaman merambat, contohnya seperti *Derris*, *Wedelia*, dan *Acanthus*. Pengambilan sampel dilakukan pada 4 kelas dengan setiap kelas terdapat pada 2 titik stasiun. Kelas 1 menandakan mangrove pohon, kelas 2 menandakan mangrove *nypa*, kelas 3 menandakan mix antara jenis-jenis mangrove tersebut, dan kelas 4 menandakan mangrove *understorey*.

Metode Pengambilan Sampel Sedimen

Sampel sedimen diambil menggunakan corer sepanjang 100 cm dengan diameter 7,3cm yang ditancapkan secara vertikal sambil diputar kedalam sedimen. Kemudian setelah corer masuk sedalam 100cm, corer ditarik. Sampel sedimen

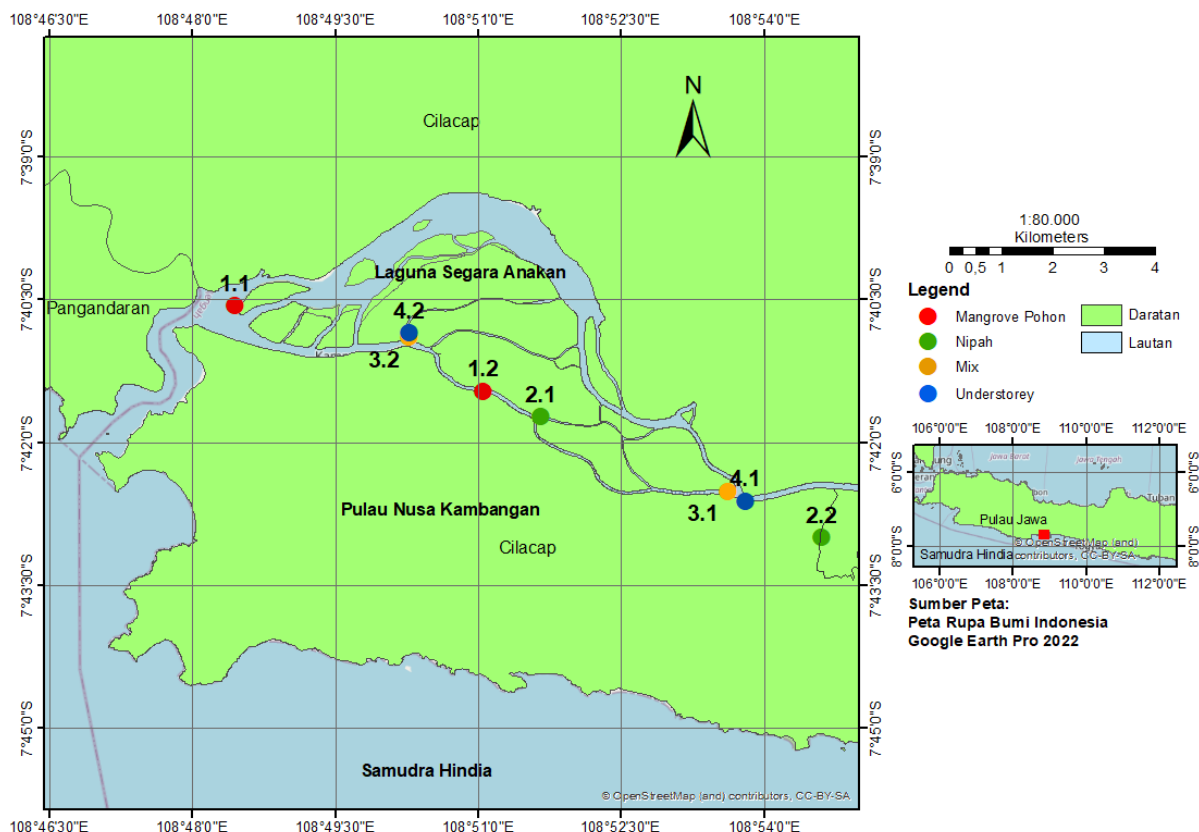
diukur dan dibagi dalam interval 0-15cm, 15-30cm, 30-50cm, dan 50-100cm pada ke-empat kelas dan 8 titik stasiun lalu dimasukkan ke dalam plastik.

Metode Pengolahan Sampel Sedimen

Sampel yang sudah dibagi dalam beberapa interval sebelumnya, ditimbang dan dicatat sebagai berat basah lalu sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C selama kurang lebih 2 minggu hingga kering dan konstan, lalu ditimbang berat sedimen keringnya. Sampel sedimen digerus hingga halus. Sebanyak 3g sampel dimasukkan ke dalam furnace pada suhu 550°C selama 8 jam berat sampel ditimbang, lalu dihitung nilai kandungan karbon organik menggunakan metode *Loss on Ignition* (LOI) dengan persamaan 1 :

$$\%LOI = \frac{(W_o - W_t)}{W_t} \times 100 \tag{1}$$

Keterangan : W_o = berat sedimen sebelum pembakaran; W_t = berat sedimen setelah pembakaran.



Gambar 1. Titik Stasiun Penelitian di Laguna Segara Anakan, Jawa Tengah

Data dari persamaan 1 sebagai inputan persamaan 2, untuk menghasilkan prosentase organik karbonnya, mengikuti konversi yang dilakukan oleh Ouyang dan Lee (2020).

$$\%OC = 0,21 \times \%LOI^{1,21} \quad (2)$$

Perhitungan *Sediment-Organic Carbon Stock* (S-OCS) menggunakan persamaan 3 dan konversinya persamaan 4 :

$$SCO (g/cm^2) = DBD \times \frac{\%OC}{100} \times SDI \quad (3)$$

Keterangan : SCO = Stok Karbon Organik (g/cm^2); DBD = *Dry Bulk Density* g/cm^3 ; %OC = Kandungan Karbon Organik; SDI = *Soil Depth Interval* (cm)

$$SCO (ton/ha) = 10^2 \times SCO (g/cm^2) \quad (4)$$

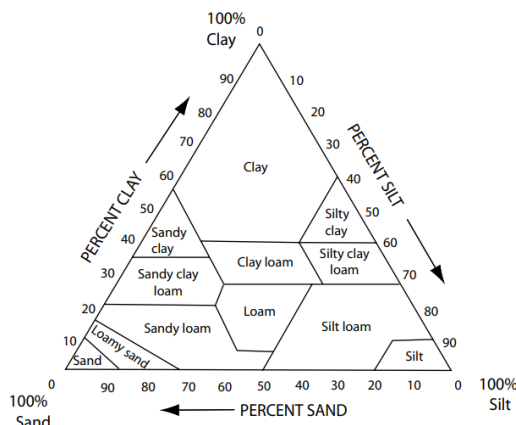
Keterangan : SCO = Karbon Organik Sedimen; 100 = Faktor Konversi dari (g/cm^2) ke (ton/ha).

Analisis Ukuran Butir Sedimen

Analisis ukuran butir sedimen dilakukan untuk mengetahui jenis sedimen di perairan tersebut. Ukuran butir sedimen di klasifikasikan berdasarkan klasifikasi ukuran butir tanah *United States Department of Agriculture* (USDA) dan segitiga tanah USDA (Boyd *et al.*, 2002). Sebagaimana tersaji pada (Tabel 1), dan (Gambar 2). Analisis ukuran butir menggunakan *particle size analyzer* yaitu alat yang digunakan untuk mengetahui ukuran nanopartikel dalam sampel. Alat ini akan menampilkan hasil klasifikasi sedimen dan tekstur sedimen.

Tabel 1. Klasifikasi ukuran butir sedimen berdasarkan USDA

| Klasifikasi Fraksi Sedimen | Ukuran Butir USDA (mm) |
|----------------------------|------------------------|
| Kerikil | >2 |
| Pasir Sangat Kasar | 1-2 |
| Pasir Kasar | 0,5-1 |
| Pasir Sedang | 0,25-0,5 |
| Pasir Halus | 0,1-0,25 |
| Pasir Sangat Halus | 0,05-0,1 |



Gambar 2. Segitiga Tanah USDA (Boyd *et al.*, 2002).

Analisis Pasang Surut

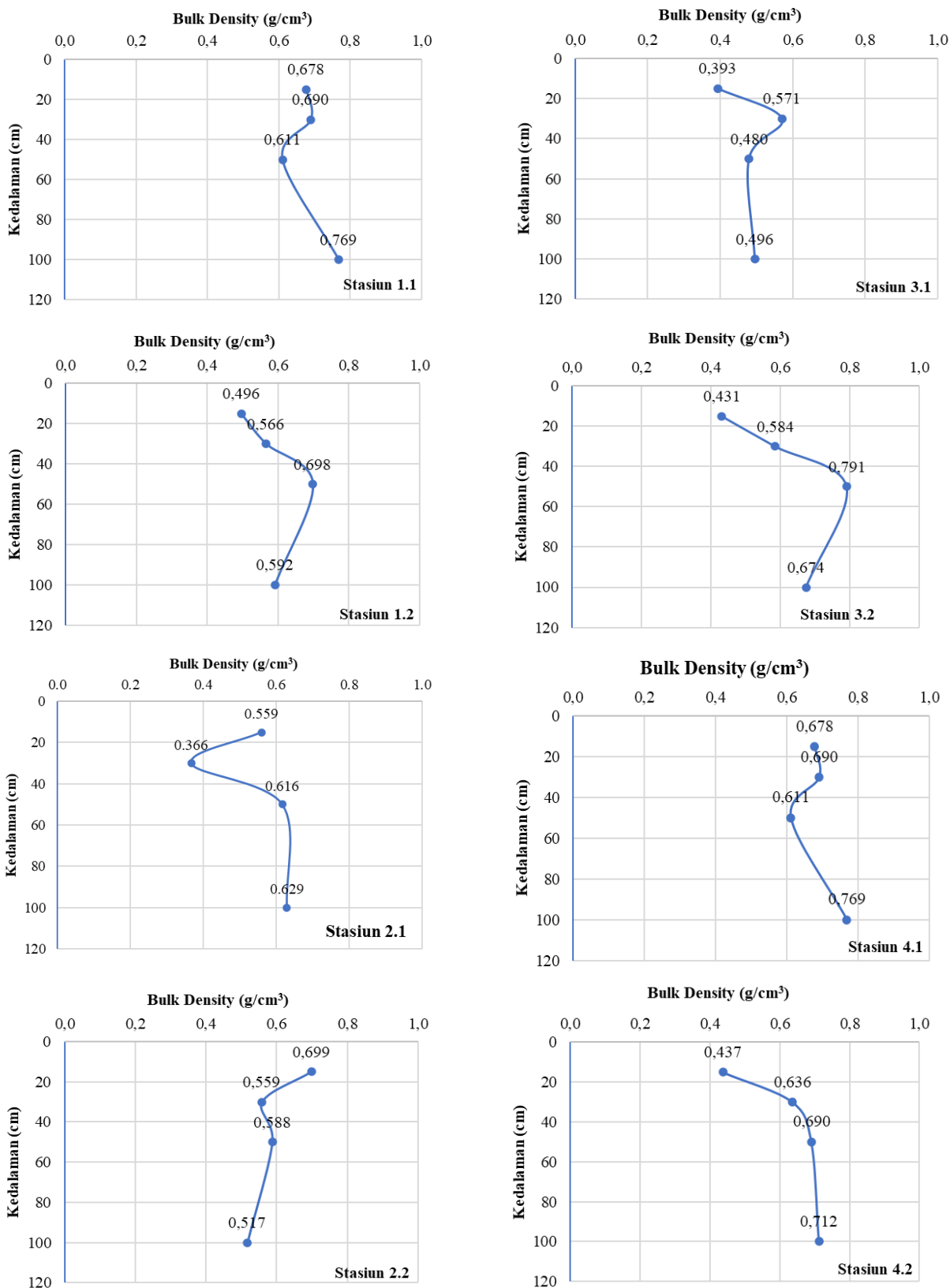
Menurut Wijaya dan Yanuar (2019), *Software Worldtide* adalah aplikasi yang digunakan untuk meramalkan pasang surut dan mengetahui kedudukan muka air laut di suatu perairan. Ramalan pasang surut dengan metode ini merupakan metode *least square* yang akan menghasilkan nilai amplitudo, fase, komponen pembentuk pasang surut. Analisis pasang surut ini menggunakan data pasang surut tahun 2022 yang didapat dari BIG IPasoet.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data menunjukkan nilai yang relatif berbeda pada setiap stasiunnya, hal ini dapat disebabkan oleh letak lokasi stasiun yang berbeda-beda ataupun karna faktor lingkungan lainnya.

Dry Bulk Density

Menurut Aldiano *et al.* (2022), *bulk density* adalah berat massa tanah yang telah di keringkan per satuan volume. *Dry Bulk Density* di lokasi penelitian memiliki nilai antara 0.366-0.769 g/cm^3 dan bervariasi pada setiap stasiunnya (Gambar 3), meskipun berdasarkan kedalaman perbedaannya tidak signifikan. Dari hasil yang diperoleh terdapat beberapa stasiun yang nilainya cenderung semakin besar seiring dengan bertambahnya kedalaman seperti pada kelas 1 dan kelas 3. Tapi ada juga yang nilai DBD cenderung semakin rendah seiring dengan bertambahnya kedalaman (seperti pada stasiun 2.1) meskipun terdapat fluktuasi di kedalaman 20cm yang nilainya berkurang dua kali lipat dibanding pada kedalaman lainnya.



Gambar 3. Grafik Dry Bulk Density terhadap Kedalaman di Setiap Stasiun

Karbon Organik Secara Vertikal pada Sedimen Mangrove

Kandungan karbon organik dalam sedimen merupakan jumlah karbon yang dapat di serap dan disimpan oleh sedimen dalam bentuk bahan organik yang menjadi masukan untuk struktur tanah dan dimanfaatkan menjadi energi bagi organisme tanah (Aldiano *et al.*, 2022). Distribusi vertikal karbon organik dapat dilihat pada (Gambar 4). Stok karbon organik dari setiap stasiun memiliki nilai yang berbeda, hal ini dapat dipengaruhi oleh produktivitas dari serasah di lokasi tersebut. Nilai simpanan karbon per stasiunnya berkisar antara 243,112-379,588 ton/ha dan tertinggi ditemukan pada kelas 3 dengan total sebesar 733.566 ton/ha, yang dihasilkan dari penjumlahan stasiun 3.1 (353,978 ton/ha) dan 3.2 (379.588 ton/ha). Kelas 3 merupakan stasiun dengan tipe vegetasi mangrove *mix*. Pola fluktuasi simpanan karbon per-stasiun dan per-lapisan disajikan pada Tabel 2.

Ukuran Butir Sedimen

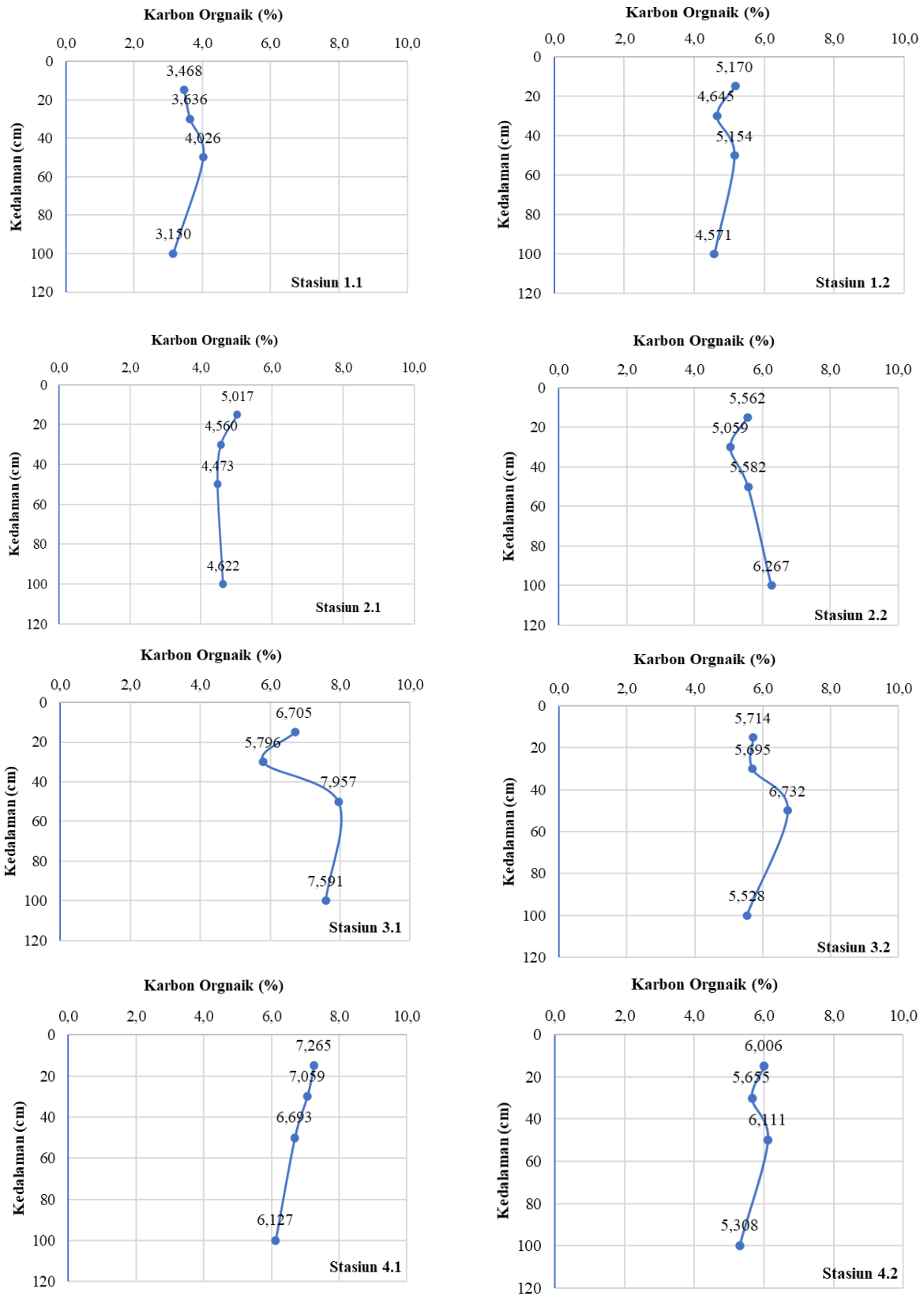
Ukuran butir sedimen di Laguna Segara Anakan di dominasi oleh pasir (0,05-2mm) dan lanau (0,002-0,05mm) dengan sedikit kandungan tanah liat (0,002mm). Pasir di Laguna ini dominan

memiliki ukuran 0,05-0,1mm (pasir sangat halus) dan 0,1-0,25mm (pasir halus) dengan kandungan berkisar antara 10-30%. Tekstur sedimen di Laguna Segara Anakan didominasi oleh *silty loam*, *loamy Sand*, dan *sandy loam*. Ukuran butir sedimen pada stasiun 1.1 dan stasiun 3.1 lebih di dominasi oleh pasir dibanding dengan stasiun lain yang di dominasi oleh lanau, sementara kandungan tanah liat tertinggi ada pada stasiun 4.2. (Gambar 5). Distribusi ukuran butir per-stasiunnya ditunjukkan pada (Gambar 6).

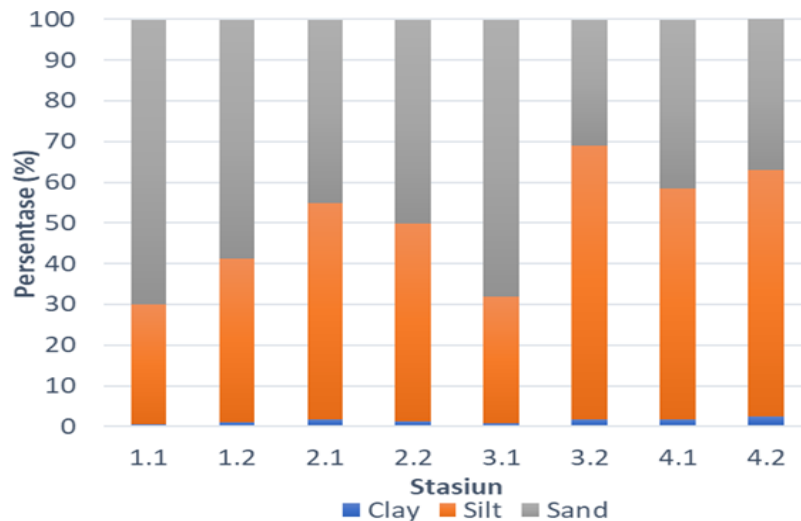
Ekosistem mangrove dapat mencegah terjadinya abrasi, menjebak sedimen, juga sebagai tempat pemijahan ikan, tempat asuhan ikan, dan tempat mencari makan (Majid *et al.*, 2016). Laguna Segara Anakan dibatasi oleh Pulau Nusa Kambangan, akibat adanya pulau tersebut dapat menyebabkan perubahan surut menuju pasang atau sebaliknya menjadi lebih lambat dibanding berbatasan langsung dengan laut lepas. Perubahan pasang menuju surut atau sebaliknya dapat menyebabkan perputaran sedimen dan serasah mangrove. Topografi dasar laut, bentuk teluk dan lebar selat dapat memberikan pengaruh terhadap pasang surut. Air pasang membuat lingkungan menjadi tergenang air dan membuat kondisinya menjadi anaerob sehingga siklus karbon menjadi lebih lambat dikarenakan proses penguaraian yang

Tabel 2. Kandungan Karbon Organik Secara Vertikal

| St | Interval (cm) | S-OCS ($\frac{ton}{ha}$) | Total S-OCS ($\frac{ton}{ha}$) | Rerata S-OCS per Kelas ($\frac{ton}{ha}$) | St | Interval Sampel (cm) | S-OCS ($\frac{ton}{ha}$) | Total S-OCS ($\frac{ton}{ha}$) | Rerata S-OCS per Kelas ($\frac{ton}{ha}$) |
|-----|---------------|----------------------------|----------------------------------|---|-----|----------------------|----------------------------|----------------------------------|---|
| 1.1 | 0-15 | 35,265 | 243,112 | 264,108 | 3.1 | 0-15 | 39,569 | 353,978 | 366,783 |
| | 15-30 | 37,626 | | | | 15-30 | 49,645 | | |
| | 30-50 | 49,165 | | | | 30-50 | 76,381 | | |
| | 50-100 | 121,056 | | | | 50-100 | 188,382 | | |
| 1.2 | 0-15 | 38,501 | 285,104 | 298,002 | 3.2 | 0-15 | 36,907 | 379,588 | 343,747 |
| | 15-30 | 39,468 | | | | 15-30 | 49,905 | | |
| | 30-50 | 71,932 | | | | 30-50 | 106,469 | | |
| | 50-100 | 135,204 | | | | 50-100 | 186,308 | | |
| 2.1 | 0-15 | 42,064 | 267,660 | 298,002 | 4.1 | 0-15 | 54,348 | 320,873 | 366,621 |
| | 15-30 | 25,066 | | | | 15-30 | 57,626 | | |
| | 30-50 | 55,128 | | | | 30-50 | 74,165 | | |
| | 50-100 | 145,402 | | | | 50-100 | 134,735 | | |
| 2.2 | 0-15 | 58,293 | 328,344 | 298,002 | 4.2 | 0-15 | 39,330 | 366,621 | 366,621 |
| | 15-30 | 42,383 | | | | 15-30 | 53,959 | | |
| | 30-50 | 65,610 | | | | 30-50 | 84,368 | | |
| | 50-100 | 162,057 | | | | 50-100 | 188,964 | | |



Gambar 4. Grafik Kandungan Karbon Organik Secara Vertikal di Setiap Stasiun



Gambar 5. Rata-Rata Persentase Ukuran Butir Sedimen di Setiap Stasiun

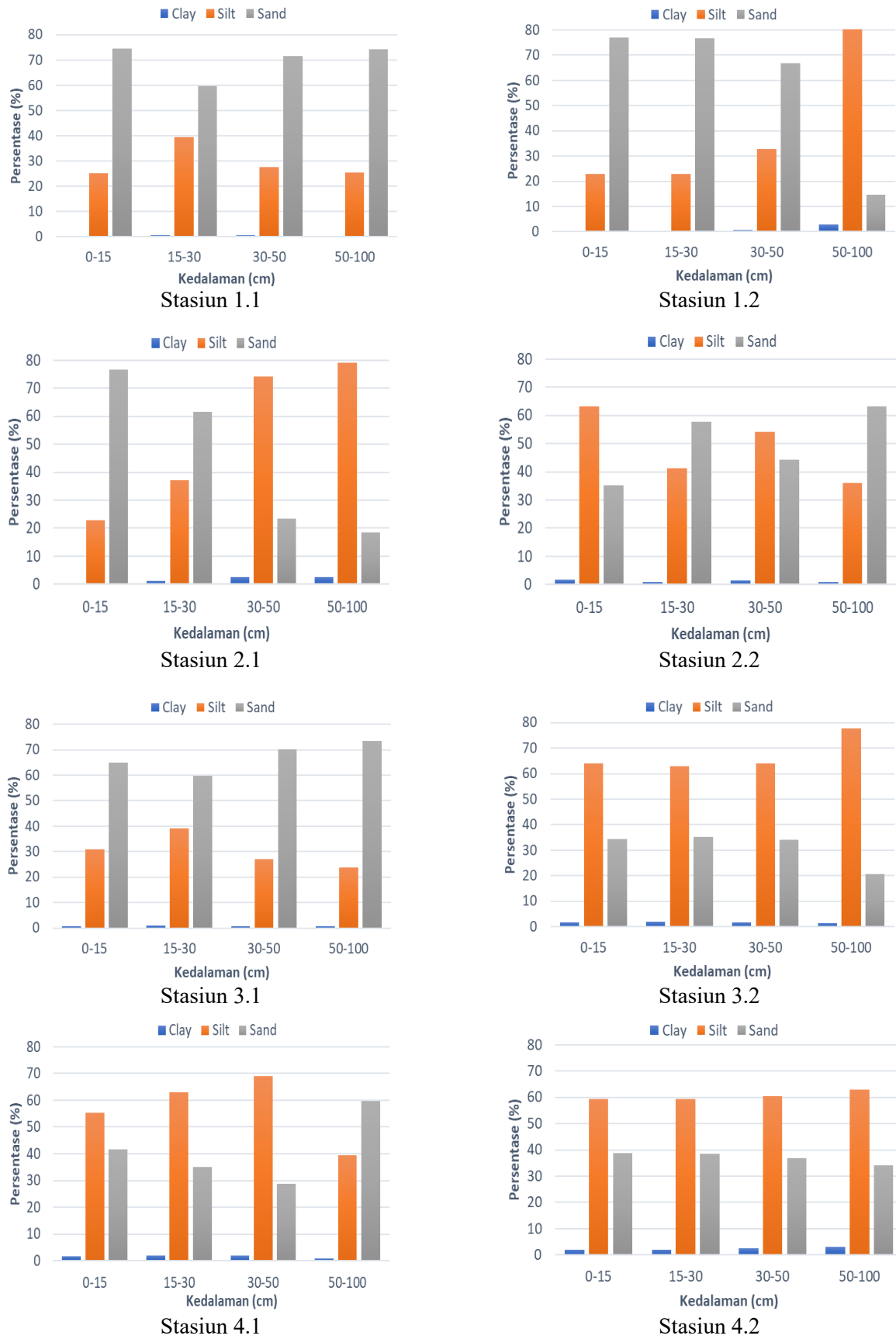
berjalan lebih lama dan membuat karbon yang terlepas kembali menjadi berkurang. Air laut ketika pasang dapat mengangkut sedimen dan serasah ke bagian belakang mangrove dan saat air surut dapat membawa kembali sedimen dan serasah ke laut, dengan partikel yang lebih besar akan dapat lebih mudah mengendap dibanding partikel yang berukuran yang lebih kecil (Hapsari *et al.*, 2022).

Berdasarkan analisis komponen pasang surut, LSA memiliki tipe pasang surut campuran condong ke ganda yaitu dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda (Supriyadi *et al.*, 2018). Pasang tertinggi di lokasi penelitian mencapai 2,87 m dan pada kondisi surut terendah sebesar 0,53 m dengan MSL sebesar 1,7 m. Selanjutnya hasil analisis tunggang pasut berada pada kisaran 1.59-2.33 m. Variasi pasut ini dapat mempengaruhi jarak jangkauan air laut menuju ke ekosistem sehingga menjadi salah satu penyebab tinggi rendahnya karbon yang dapat tersimpan dalam setiap lokasi penelitian. Kusumaningtyas *et al.* (2019) menjelaskan bahwa adanya variasi kandungan karbon organik di ekosistem mangrove dipengaruhi oleh kondisi geografis, seperti perbedaan tipe lingkungan, dominasi sungai, dominasi pasang surut. Proses-proses ini mempengaruhi akumulasi, penyimpanan, dan komposisi bahan organik pada sedimen.

Selain jangkauan air laut dan air tawar, variasi bahan organik juga sangat terkait dengan spesies mangrove dominan. Berdasarkan Tabel 2, kelas 3 (stasiun 3.1 dan 3.2) memiliki simpanan karbon organik tertinggi dibanding pada stasiun

lain berkaitan dengan type vegetasinya adalah *mix* atau campuran, yaitu antara mangrove pohon dengan nipah maupun dengan tumbuhan *understorey*. Tumbuhan klasifikasi *understorey* memiliki sistem perakaran yang rapat yang menyebabkan serasah dari mangrove pohon dapat terperangkap dan dapat tersimpan lama dibawah ekosistem tersebut. Hickmah *et al.* (2021) menjelaskan bahwa serasah dari mangrove yang berguguran akan membentuk karbon organik dan mengalami dekomposisi.

Selanjutnya dijelaskan oleh Hapsari *et al.* (2022) bahwa selain berkaitan dengan sistem perakaran yang rapat, banyaknya serasah yang tersimpan dan terperangkap juga dipengaruhi oleh proses pasang surut. Stok karbon sedimen akan lebih banyak dihasilkan pada daerah dengan arus tenang dan tenggang waktu pasang surut yang kecil. Selain mempengaruhi pergerakan keluar masuk serasah, pasut juga mempengaruhi pergerakan sedimen dan mempengaruhi pola sebaran ukuran butirnya. Pada mangrove yang besar ditemukan sedimen dengan ukuran butir yang lebih lembut seperti lumpur atau lanau dibanding yang memiliki ukuran butir lebih kasar seperti pasir. Pada kelas 1 mangrove pohon, yaitu stasiun 1.1 memiliki nilai stok karbon yang paling kecil dibanding dengan stasiun lain. Hal ini dapat terjadi karena stasiun 1.1 didominasi oleh sedimen pasir yaitu sebanyak 70%. Banyaknya sedimen berpasir ini dipengaruhi oleh lokasinya yang dekat dengan muara Sungai Citanduy dan Sungai Cibereum juga berada pada mulut Laguna Segara Anakan yang terpengaruh langsung dengan air



Gambar 6. Persentase Ukuran Butir Sedimen secara Vertikal di Setiap Stasiun

Tabel 3. Nilai korelasi secara vertikal berdasarkan kedekatan jarak stasiun

| Stasiun | Kedalaman (cm) | Total Pasir (0,05-2 mm) | Clay (<0,002 mm) | Silt (0,002-0,05 mm) | Very fine sand (0,05-0,1 mm) | Fine sand (0,1-0,25 mm) | medium sand (0,25-0,5 mm) | coarse sand (0,5-1 mm) | Very Coarse Sand (1-2 mm) |
|--------------------------|----------------|-------------------------|------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| 1.2; 2.1; 3.2; 4.2 | 0-100 | -0.158 | 0.114 | 0.160 | 0.115 | -0.222 | -0.179 | -0.045 | -0.233 |
| | 0-15 | -0.933 | 0.965 | 0.931 | 0.221 | -0.874 | -0.878 | -0.585 | -0.442 |
| | 15-30 | -0.930 | 0.845 | 0.932 | -0.736 | -0.991 | -0.756 | -0.140 | -0.434 |
| | 30-50 | -0.026 | 0.099 | 0.025 | 0.109 | -0.112 | -0.011 | 0.053 | -0.579 |
| | 50-100 | 0.616 | -0.603 | -0.559 | 0.645 | 0.575 | 0.585 | 0.702 | 0.415 |
| 2.2; 3.1; 4.1 | 0-100 | 0.234 | -0.103 | -0.277 | -0.783 | -0.072 | 0.163 | 0.471 | 0.714 |
| | 0-15 | 0.398 | -0.293 | -0.420 | -0.461 | 0.454 | 0.144 | 0.381 | 0.677 |
| | 15-30 | -0.901 | 0.934 | 0.899 | -0.992 | -0.983 | -0.955 | -0.533 | -0.201 |
| | 30-50 | 0.647 | -0.500 | -0.666 | -0.892 | 0.332 | 0.780 | 0.820 | 0.884 |
| | 50-100 | 0.988 | -0.988 | -0.993 | -0.980 | 0.676 | 0.668 | 0.987 | 0.985 |

pasang surut dari Samudera Hindia, sehingga membuat sedimen teraduk menyebabkan karbon organik susah mengendap dan mudah terbawa arus, sesuai dengan yang dikatakan Sakmiana *et al.* (2023), bahwa sedimen pasir menunjukkan lingkungan pengendapan memiliki gelombang dan arus yang kuat. Hal ini yang mengakibatkan karbon organik yang tersimpan menjadi lebih rendah. Sedimen berpasir memiliki pori-pori yang besar sehingga karbon organik mudah hanyut terbawa arus dan membuat karbon organik susah untuk terakumulasi. Hubungan ukuran butir terhadap jumlah karbon organik secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, dapat terlihat bahwa korelasi negatif antara bahan organik terhadap jenis ukuran butir I ditemukan pada fraksi pasir dan korelasi positif ditemukan pada fraksi lebih halus seperti *silt* dan *clay*. Kandungan karbon organik yang berbeda secara vertikal dipengaruhi adanya proses dekomposisi serta akumulasi melalui proses sedimentasi. Proses dekomposisi dapat merubah bahan organik menjadi nutrient (Hickmah *et al.*, 2020). Menurut Sari *et al.* (2016), oksigen merupakan salah satu faktor yang digunakan bakteri untuk mengurai bahan organik. Jumlah oksigen sedimen yang sedikit dapat berpengaruh

terhadap bakteri, karena dekomposisi bahan organik membutuhkan bakteri dalam prosesnya. Oksigen akan semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman, sehingga berpengaruh terhadap kandungan karbon organik yang lebih rendah di bagian bawah.

KESIMPULAN

Stok karbon organik di Laguna Segara Anakan pada kelas 1, yaitu vegetasi mangrove pohon sebesar 528,2 ton/ha (rerata 264,108 ton/ha), kelas 2 yaitu vegetasi nipah sebesar 596,0 ton/ha (rerata 298,002 ton/ha), kelas 3 yaitu vegetasi mix atau campuran sebesar 733,6 ton/ha (rerata 366,783 ton/ha), dan pada kelas 4 yaitu vegetasi *understorey* sebesar 687,5 ton/ha (rerata 343,747 ton/ha). Perbedaan vegetasi sangat terkait dengan jumlah serasah dan sistem perakaran yang dapat mempengaruhi pergerakan dan tingkat penyimpanan karbon. Selain perbedaan vegetasi atau jenis mangrove, nilai simpanan karbon juga bervariasi terhadap fungsi kedalaman sebagai variasi waktu. Variasi kondisi pasang surut berpengaruh terhadap keluar masuknya serasah dan salah satu penentu distribusi ukuran butir. Ukuran butir kasar seperti *sand* berkorelasi negatif terhadap karbon organik dan sebaliknya berkorelasi positif pada butiran halus seperti *silt*

dan *clay*. Pengaruh pasang surut belum dapat terjawab pada studi ini akibat keterbatasan data tentang lamanya genangan air dan jarak dari pantai. Keterbatasan metode perhitungan karbon organik yang diperoleh melalui konversi nilai sebesar 0.58 dari total karbon, juga perlu di kaji lebih lanjut, karena belum tentu dapat diaplikasikan pada wilayah dengan karakteristik lingkungan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldiano, R.R., Wijaya, N.I. & Mahmiah. 2022. Estimasi Karbon Organik Sedimen di Ekosistem Mangrove Gunung Anyar, Surabaya. *J-Tropimar*, 4(2): 111-123.
- Boyd, C.E., Wood, C.W. & Thunjai, T. 2002. Aquaculture Pond Bottom Soil Quality Management. Oregon State University. Oregon.
- Hapsari, F.N., Maslukah, L., Dharmawan, I.W.E. & Wulandari, S.Y. 2022. Simpanan Karbon Organik Dalam Sedimen Mangrove Terhadap Pasang Surut Di Pulau Bintan. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(1): 86-98.
- Hickmah, N., Maslukah, L., Wulandari, S.Y. Sugianto, D.N. & Wirastriya, A. 2021. Kajian Stok Karbon Organik dalam Sedimen di Area Vegetasi Mangrove Karimunjawa. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(4): 88-95.
- Indrayanti, M. D., Fachrudin, A. & Setiobudiandi, I. 2015. Penilaian Jasa Ekosistem Mangrove di Teluk Blanakan Kabupaten Subang. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(2): 91-96.
- Klingler, S., Cirpka, O.A., Werban, U., Leven, C. & Dietrich, P., 2020. *Direct-Push Color Logging Images Spatial Heterogeneity of Organic Carbon in Floodplain Sediments. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 125.
- Kurniawan, R. & Yuniarto, B. 2016. Analisis Regresi: Dasar dan Penerapannya dengan R. Kencana. Jakarta.
- Kusumaningtyas, M.A., Hutahaean, A.A., Fischer, H.W., Mayo, M.P., Ransby, D. & Jennerjahn, T.C. 2019. Variability in the Organic Carbon Stocks, Sources, and Accumulation Rates of Indonesian Mangrove Ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 218p.
- Majid, I., Muhdar, M.H.I.A., Rohman, F. & Syamsuri, I. Konservasi Hutan Mangrove di Pesisir Pantai Kota Ternate Terintegrasi dengan Kurikulum Sekolah. *Jurnal Bioedukasi*, 4(2): 488-496.
- Nordhaus, I., Toben, M. & Fauziyah, A. 2019. Impact of deforestation on mangrove tree diversity, biomass and community dynamics in the Segara Anakan lagoon, Java, Indonesia: A ten-year perspective. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 227:1-12.
- Ouyang, X. & Lee, S.Y. 2020. Improved Estimates on Global Carbon Stock and Carbon Pools in Tidal Wetlands. *Nature Communications*, 11(1): 1-8.
- Permanawati, Y. & Hernawan, U. 2018. Distribusi Karbon Organik dalam Sedimen Inti di Perairan Lembata, Laut Flores. *Jurnal Geologi Kelautan*, 16(1):51-66.
- Rahmat, E. & Koderi. 2018. Teknik Pengambilan Contoh Sedimen di Laut Cina Selatan dengan Menggunakan Ponar grab. *Buletin teknik Litkayasa*, 16(1): 27-31.
- Rahmawati, S., Hernawan, U.E., McMahan, K., Prayudha, B., Prayitno, H.B., Wahyudi A.J. & Vanderklift, M. 2019. Blue Carbon in Seagrass Ecosystem: Guideline for the Assessment of Carbon Stock and Sequestration in Southeast Asia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sari, M.A., Purnomo, P.W. & Haerudin. 2016. Analisis Kebutuhan Oksigen untuk Dekomposisi Bahan Organik Sedimen di Kawasan Mangrove Desa Bedono Demak. *Diponegoro Journal of Maquares*, 5(4): 285-292.
- Sakmiana, A.F., Paputungan, M.S., Kusumaningrum, W. & Rahmawati, S. 2023. Estimasi Konsentrasi dan Stok Karbon Organik pada Sedimen Lamun di Desa Selangan, Kalimantan Timur. *Journal of Marine Research*, 12(3): 483-492
- Supriyadi, E., Siswanto & Pranowo, W.S. 2018. Analisis Pasang Surut di Perairan Pamengpeuk, Belitung, dan Sarmi berdasarkan Metode Admiralty. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 19(1): 29-38.
- Supriyantini, E., Nuraiani, R.A.T. & Fadmawati, A.P. 2017. Studi Kandungan Bahan Organik Beberapa Muara Sungai di Kawasan Ekosistem Mangrove, di Wilayah Pesisir Pantai Utara Kota Semarang, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 6(1): 29-38.

Wijaya, M.I.T. & Yanuar. 2019. Karakteristik dan Peramalan Pasang Surut di Perairan Pagar Jaya, Lampung. *Prosiding Simposium*

Nasional Kelautan dan Perikanan VI Universitas Hasanuddin, Makassar, 21 Juni 2019:1 91-200.