

## Struktur Komposisi Dan Simpanan Karbon Di Sedimen Hutan Mangrove Pandansari, Kaliwlingi, Brebes

Frans Alexander Nainggolan\*, Rudhi Pribadi, Agus Trianto

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof.H.Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

\*Corresponding author, e-mail: frans1499@gmail.com

**ABSTRAK:** Mangrove memiliki peranan penting baik secara fisik, ekonomi maupun ekologi. Salah satu fungsi ekologi tersebut adalah sebagai penyimpan karbon di alam. Upaya perlindungan dan pelestarian mangrove membutuhkan data sebagai acuan pembuatan kebijakan pengelolaan mangrove yang berkelanjutan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui komposisi dan struktur vegetasi mangrove serta mengetahui stok karbon sedimen di Hutan Mangrove Pandansari, Kabupaten Brebes. Penentuan lokasi ditetapkan berdasarkan tahun penanaman mangrove hasil program rehabilitasi, yaitu tahun penanaman 2005, 2008, 2011, 2014 dan 2017. Pengambilan data vegetasi dilakukan dengan metode *purposive sampling* dengan setiap stasiun dipasang plot berukuran 10 x 10 m. Pengambilan sampel sedimen karbon menggunakan bor gambut pada tiga kedalaman, yaitu 5–10 cm, 72,5–77,5 cm dan 197,5–202,5 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di Hutan Mangrove Pandansari ditemukan tiga jenis mangrove, yaitu *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina* dan *A. alba*. Secara umum, vegetasi mangrove di lokasi penelitian memiliki nilai kerapatan >1.500 ind/ha yang didominasi oleh *R. mucronata*. Nilai Indeks Keanekaragaman ( $H'$ ) dan Keseragaman ( $J'$ ) mangrove di lokasi penelitian termasuk dalam kategori rendah. Stok karbon sedimen secara berturut-turut di stasiun 1–5 sebesar 1053,53 ton/ha, 747,63 ton/ha, 381,67 ton/ha, 612,11 ton/ha dan 798 ton/ha. Berdasarkan hasil tersebut, semakin tua usia pohon tidak mempengaruhi jumlah stok karbon yang disimpan di sedimen. Kedalaman 197,5–202,5 cm menjadi kedalaman yang paling banyak menyimpan karbon.

**Kata kunci:** Mangrove; Pohon; Densitas; Karbon.

### *Structure Composition and Sediment Carbon Deposits of Mangrove Forest Pandansari, Kaliwlingi, Brebes*

**ABSTRACT:** Mangrove is one type of dicotyledonous vegetation found in coastal areas, and is influenced by tides. Mangroves have an important role both physically, economically and ecologically. One of these ecological functions is to store carbon in nature. Efforts to protect and conserve mangroves require data as a reference for making sustainable mangrove management policies. This study aims to determine the composition and structure of mangrove vegetation and to determine the carbon stock of sediments in the Pandansari Mangrove Forest, Brebes. The research location was determined based on the year of planting of mangroves as a result of the rehabilitation program, namely the planting years of 2005, 2008, 2011, 2014 and 2017. Vegetation data was collected by *purposive sampling* method with each station installed a plot measuring 10 x 10 m. Carbon sediment samples were taken using peat drills at three depths, namely 5–10 cm, 72.5–77.5 cm and 197.5–202.5 cm. The results showed that in the Pandansari Mangrove Forest, three types of mangroves were found, namely *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina* and *A. alba*. In general, the mangrove vegetation at the study site had a density value of >1,500 ind/ha which was dominated by *R. mucronata*. The value of the Diversity Index ( $H'$ ) and Uniformity ( $J'$ ) of the mangroves at the study site was included in the low category. Sedimentary carbon stocks at stations 2005, 2008, 2011, 2014 and 2017 were 1053.53 tons/ha, 747.63 tons/ha, 381.67 tons/ha, 612.11 tons/ha and 798 tons/ha, respectively. Based on these results, the older the tree age does not affect the amount of carbon stock stored in the sediment. The depth of 197.5–202.5 cm is the depth that stores the most carbon.

**Keywords:** Mangrove; Tree; Density; Carbon.

## PENDAHULUAN

Mangrove merupakan salah satu jenis vegetasi dikotil yang terdapat di daerah pantai, selalu atau sering terendam air laut atau terkena pasang surut air laut. Sebagai komunitas yang termasuk dalam kawasan peralihan, mangrove memiliki banyak fungsi ekologis, salah satunya sebagai penyerap dan penyimpan karbon. Penyimpanan karbon di hutan mangrove tiga kali lipat lebih besar daripada penyimpanan karbon rata-rata di hutan tropis untuk per hektar (Donato *et al.*, 2011). Mangrove menyerap karbondioksida (CO<sub>2</sub>) untuk proses fotosintesis dan kemudian disimpan dalam bentuk biomassa dan karbon organik tanah (Hariah dan Rahayu, 2007). Karbon organik yang tersimpan dalam sedimen, merupakan serapan terbesar di ekosistem mangrove 1.023 MgC/ha (Donato *et al.*, 2012).

Kabupaten Brebes, Provinsi Jawa Tengah tahun 1983 memiliki garis pantai sepanjang 65,48 km dan telah ditumbuhi vegetasi mangrove seluas 2.327 ha. Namun, pada tahun 2008 luasan mangrove tersebut hanya tinggal 257,11 ha (Suyono *et al.*, 2015). Pengurangan luasan mangrove tersebut disebabkan oleh adanya abrasi pantai yang cukup ekstrem dan pembukaan lahan tambak. Alih fungsi hutan mangrove menjadi areal pertambakan dapat menyebabkan terjadinya penurunan kerapatan mangrove sebagai salah satu aspek kesehatan mangrove. Demikian juga sebagai tempat *absorber* dan *reservoir* CO<sub>2</sub>, sehingga berubah menjadi penyumbang emisi CO<sub>2</sub>. Akibat dari kerusakan tersebut, munculah kegiatan rehabilitasi mangrove yang diyakini dapat mengembalikan populasi mangrove dan mengurangi emisi karbon, salah satunya di Dusun Pandansari, Desa Kaliwlingi, Brebes.

Kegiatan rehabilitasi tahunan yang dilakukan di lokasi penelitian sejak tahun 2003, dapat dikatakan berhasil. Keberhasilan pengelolaan hutan mangrove Pandansari di Desa Kaliwlingi Kabupaten Brebes ditunjukkan dengan indikator meningkatnya luas dan kerapatan hutan mangrove serta meningkatnya kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan hutan mangrove (Hakim *et al.*, 2018). Adanya perbedaan usia mangrove hasil penanaman tentu akan mempengaruhi kandungan karbon di sedimennya. Jumlah serapan karbon yang berada di mangrove menunjukkan banyaknya karbon yang dapat diserap oleh mangrove, baik di pohon, akar maupun sedimennya.

Pengukuran struktur komposisi dan jumlah karbon tersimpan di Hutan Mangrove Pandansari, Kaliwlingi, Brebes perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi mangrove hasil rehabilitasi dan mengetahui kemampuan hutan mangrove menyerap karbon sehingga dapat digunakan dalam pengambilan kebijakan upaya konservasi dan pengelolaan hutan mangrove dan sebagai bahan kajian dan evaluasi untuk pengelolaan hutan mangrove secara berkelanjutan sebagai upaya konservasi dan mitigasi perubahan iklim.

## MATERI DAN METODE

Pada penelitian ini, materi diperoleh secara langsung dari lokasi penelitian berupa vegetasi, sedimen dan parameter perairan mangrove. Pengambilan data struktur dan komposisi mangrove meliputi diameter atau keliling batang, tinggi pohon, dan spesies mangrove. Pengambilan data kandungan karbon dilakukan dengan pengambilan sampel sedimen dan pengamatan kedalaman sampel sedimen. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode deskriptif. Menurut (Nazir, 2005) metode deskriptif merupakan salah satu cara untuk memperoleh fakta-fakta dari gejala yang ada dengan mencari data secara faktual, sistematis, dan akurat. Metode deskriptif yang dipilih adalah metode survei. Survei lapangan dilakukan pada 21 – 23 November 2020.

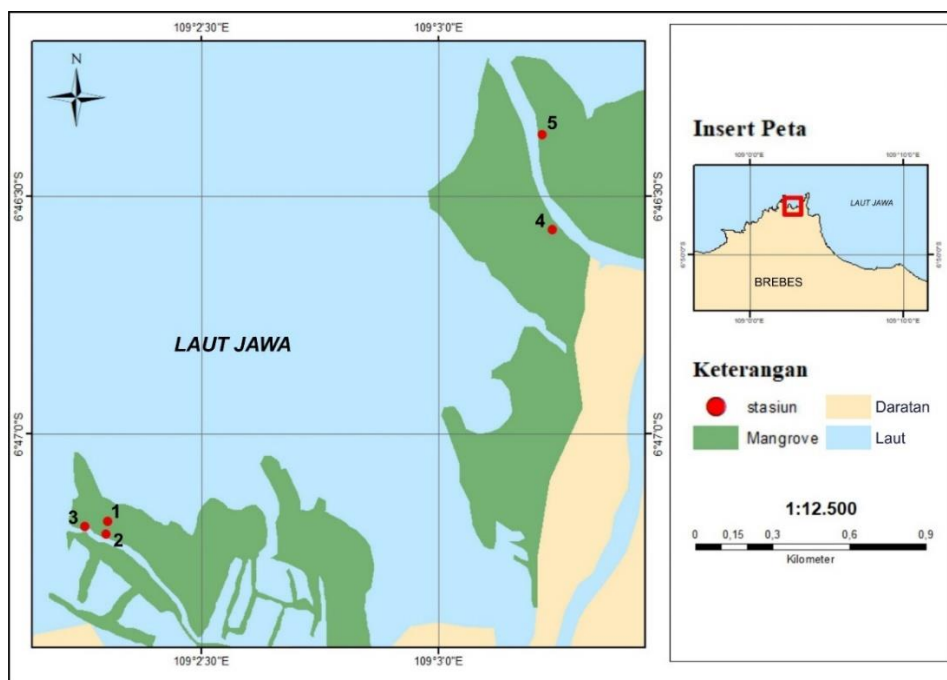
Titik atau stasiun *sampling* ditentukan dengan menggunakan metode pertimbangan (*purposive sampling method*). Metode *purposive sampling* merupakan metode penentuan stasiun *sampling* dengan melihat pertimbangan kondisi daerah penelitian didasarkan atas ciri-ciri atau sifat-sifat populasi yang termasuk kedalam anggota sampel dan harus benar-benar mengetahui bahwa sampel yang digunakan telah mewakili kondisi ekosistem yang diteliti (Hadi, 1980).

Lokasi penelitian berada di hutan mangrove Desa Kaliwlingi, Kabupaten Brebes. Lokasi penelitian dibagi menjadi 5 stasiun dengan masing-masing 3 plot. Stasiun 1 merupakan populasi mangrove yang ditanam pada tahun 2005, stasiun 2 merupakan populasi mangrove yang ditanam pada

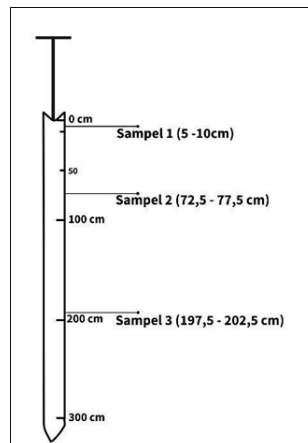
tahun 2008, stasiun 3 merupakan populasi mangrove yang ditanam pada tahun 2011, stasiun 4 merupakan populasi mangrove yang ditanam pada tahun 2014, dan stasiun 5 merupakan populasi mangrove yang ditanam pada tahun 2017. Kelima stasiun tersebut dipilih karena mewakili hutan mangrove hasil rehabilitasi pada tiap jenjang tahun di kawasan rehabilitasi.

Metode pengambilan data vegetasi dalam penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada (Dharmawan & Pramudji, 2017) yaitu dengan metode *plot sampling*. Metode ini dilakukan pengambilan data berupa keliling atau diameter pada pohon, anakan (*sapling*), dan semai (*seedling*) mangrove yang berada didalam plot ukuran 10 m x 10 m yang dilakukan tiga kali pengulangan dengan menggunakan tali transek dan plot berbentuk bujur sangkar. Pengambilan data diameter pohon dilakukan pada ketinggian setinggi dada (*Diameter at Breast Height*) (DBH) atau  $\pm 1,3$  m. Kategori pohon yang diukur memiliki DBH (diameter  $\geq 4$  cm atau keliling batang  $\geq 16$  cm) meliputi jumlah tegakan mangrove, diameter pohon, spesies pohon, dan distribusi jenis dalam plot. Sampel anakan (*sapling*) diambil dengan diameter batang  $1 < \text{DBH} < 4$  cm dan tingginya  $> 1$  m. Data yang diambil berupa jenis dan diameter batang. Sementara data semai (*seedling*) hanya dihitung jenis dan jumlah jenis tegakan. Sebagai data pendukung, dilakukan pengukuran tinggi pohon menggunakan metode teorema *pythagoras* dengan cara pengukuran pohon dari jarak 10 m, kemudian ujung pohon diukur sudutnya menggunakan aplikasi *protactor*.

Dalam plot yang sedang dipasang, juga dilakukan pengambilan data karbon mangrove mengacu pada panduan pengukuran dan penghitungan cadangan karbon dari Standar Nasional Indonesia (SNI 7724:2011) tahun 2011. Materi penyusun untuk mengestimasi cadangan karbon mangrove dalam penelitian ini meliputi karbon bagian bawah (*below ground*) permukaan tanah yang meliputi karbon organik tanah (sedimen) (Kauffman dan Donato, 2012). Sampel sedimen diambil menggunakan *sediment core/bor* gambut. Pada setiap stasiun dilakukan tiga kali pengambilan sampel berdasarkan kedalaman 5–10 cm, 72,5–77,5 cm, dan 197,5–202,5 cm (Kauffman dan Donato, 2012). Pembagian menjadi tiga kedalaman ini, di asumsikan dapat mewakili kandungan karbon pada lapisan tanah atas (0–30 cm), lapisan tanah tengah (50–100 cm) dan lapisan tanah bawah ( $> 100$  cm). Sampel yang telah diambil kemudian akan disimpan dalam *toolbox* agar aman dan tidak terkontaminasi dilapisi dengan aluminium foil, yang selanjutnya akan dibawa dan dianalisis di laboratorium.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian di Hutan Mangrove, Pandansari, Kaliwringi, Brebes



**Gambar 2.** Ilustrasi Kedalaman *Sediment Core* dalam Mengambil Sampel Sedimen (Kauffman dan Donato, 2012)

Analisis data vegetasi dilakukan menggunakan metode perhitungan Mueller-Dumbois dan Ellenberg (1974). Analisis data vegetasi yang dideskripsikan dalam penelitian ini adalah keliling dan diameter pohon, Kerapatan (pohon, anakan, semai), Frekuensi (F), Basal Area (BA), Frekuensi Relatif (FR), Kerapatan Relatif (KR), Dominasi Relatif (DR), Indeks Keseragaman ( $J'$ ), Indeks Keanekaragaman ( $H'$ ) dan Indeks Nilai Penting (INP).

Sampel sedimen yang diperoleh dari lapangan kemudian dibawa ke laboratorium untuk didapatkan nilai *bulk density*. Untuk mendapatkan nilai *bulk density*, sampel terlebih dahulu di keringkan di dalam oven pada suhu konstan 60 °C (metode *Loss on Ignition/LOI*). Metode LOI merupakan metode untuk mengukur kadar organik pada sedimen, dengan menimbang berat sampel yang hilang setelah pembakaran (Suryono *et al.*, 2018). Berat sampel yang telah konstan kemudian dimasukkan rumus perhitungan *bulk density* yang mengacu pada Kauffman dan Donato (2012).

Perhitungan stok karbon dilanjutkan pada tahap selanjutnya untuk mendapat nilai kandungan karbon dalam sedimen menggunakan metode gravimetri. Metode gravimetri merupakan metode yang dilakukan dengan menimbang sampel homogen yang dimasukkan dalam kurs porselen untuk selanjutnya dipanaskan dalam oven bersuhu 105 °C, 350 °C dan 600 °C (Citra *et al.*, 2020). Setelah didapatkan berat konstan, dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang untuk didapatkan berat akhir. Kandungan karbon sedimen disajikan dalam bilangan persen. Selanjutnya dilakukan perhitungan karbon dalam sedimen tiap sampel dengan rumus dari Kauffman dan Donato (2012).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian pada 5 stasiun di Hutan Mangrove Pandansari ditemukan 3 jenis mangrove yang mendominasi. Adapun ketiga spesies tersebut merupakan bibit dari tanaman *R. mucronata* dan spesies lain, yaitu *Avicennia marina* dan *A. alba*. Berdasarkan Tabel 1. ditemukan bahwa spesies *R. mucronata* terdapat di semua lokasi. Hutan Mangrove Pandansari yang memulai program rehabilitasi mangrove pada tahun 2005, 2008, 2011, 2014, 2017 secara umum pasti ditemukan spesies *R. mucronata*, karena spesies tersebut merupakan spesies yang cocok untuk lokasi penanaman urugan tanah (Syah *et al.*, 2012).

Berdasarkan kategori pertumbuhan di lokasi penelitian, rata – rata kerapatan mangrove kategori semai cenderung lebih tinggi dibandingkan kategori pohon dan anakan. Pada kategori pohon, rata – rata nilai kerapatan sebesar 1358 ind/ha dengan rata – rata diameter batang pohon mangrove sebesar 9,84 cm. Pada kategori anakan, rata – rata kerapatan sebesar 3066 ind/ha dengan rata – rata diameter sebesar 3,29 cm. Pada kategori semai rata – rata kerapatan sebesar 3358 ind/ha. Kerapatan mangrove di lima stasiun penelitian tergolong dalam kategori padat, diartikan bahwa kerapatan mangrove di kawasan rehabilitasi yang telah dilakukan memiliki

kerapatan >1.500 ind/ha berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 tahun 2004 mengenai kriteria baku kerusakan mangrove. Hasil tersebut lebih besar dibandingkan dengan kerapatan mangrove di Kota Semarang (Kurniawan *et al*, 2018) yang mempunyai kerapatan 933–2.000 ind/ha dan termasuk ke dalam kerapatan jarang sampai ke padat dan kondisi rusak sampai yang sehat. Perbedaan kerapatan vegetasi mangrove di setiap wilayah dikarenakan adanya pengaruh kondisi lingkungan perairan, jenis substrat, dan aktivitas manusia di sekitar vegetasi mangrove tersebut.

Hasil analisis vegetasi mangrove kategori anakan pada keseluruhan stasiun ditemukan dua spesies mangrove yaitu *R. mucronata* dan *A. marina*. Spesies *R. mucronata* mendominasi di empat stasiun, yaitu 1, 2, 3 dan 4. Keempat stasiun tersebut memiliki Indeks Nilai Penting (INP) yang terdapat pada kategori anakan yaitu stasiun 1 sebesar 255%, stasiun 2 sebesar 300%, stasiun 3 sebesar 300% dan stasiun 5 sebesar 207%. Sementara stasiun 4 didominasi oleh spesies mangrove *A. marina*, dengan INP sebesar 224%. Dominansi spesies *R. mucronata* pada kategori anakan terjadi karena kelimpahan spesies tersebut pada saat rehabilitasi dilakukan, sehingga kelimpahan bibit dan faktor kecocokan spesies mangrove terhadap sedimen dasarnya untuk tumbuh dan berkembang menjadi alasan mendominasinya spesies pada kategori anakan.

**Tabel 1.** Komposisi Spesies Mangrove yang Ditemukan di Stasiun Penelitian

Spesies	Nama Lokal	Stasiun Penelitian				
		1	2	3	4	5
<i>A. alba</i>	Api-api	-	-	+	-	-
<i>A. marina</i>	Api-api	+	-	-	+	+
<i>R. mucronata</i>	Bakau	+	+	+	+	+
Total Spesies		2	1	2	2	2

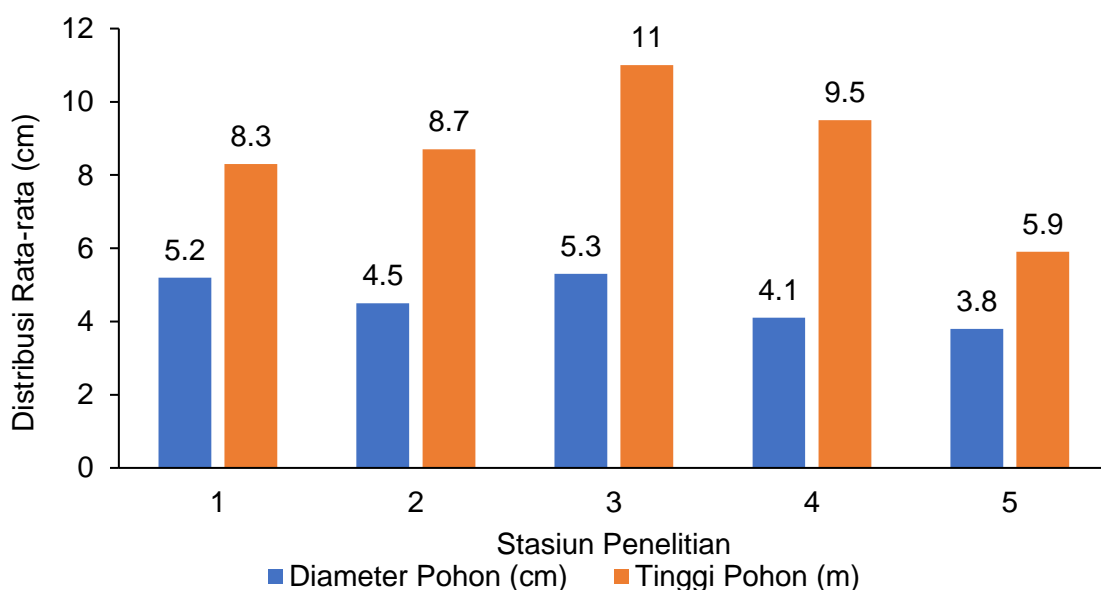
**Tabel 2.** Komposisi Spesies Mangrove yang Ditemukan di Stasiun Penelitian

Stasiun dan Spesies	F	FR (%)	K (ind/ha)	KR (%)	BA (cm <sup>2</sup> )	DR (%)	INP (%)
1							
<i>R. mucronata</i>	1	75	4.167	99,2	4.076	99,2	273
<i>A. marina</i>	0,3	25	33	0,8	35	0,8	27
Total	1,3	100	4.200	100	4.111	100	300
2							
<i>R. mucronata</i>	1	100	4.533	100	3.668	100	300
Total	1	100	4.533	100	3.668	100	300
3							
<i>R. mucronata</i>	1	80	5.233	98,7	5.259	98,2	277
<i>A. alba</i>	0,3	20	67	1,3	94	1,8	23
Total	1,3	100	5.300	100	5.353	100	300
4							
<i>A. marina</i>	1	75	2.334	98,6	3.482	99,4	273
<i>R. mucronata</i>	0,3	25	33	1,4	23	0,6	27
Total	1,3	100	2.367	100	3.505	100	300
5							
<i>A. marina</i>	0,7	50	1.967	92,2	2091	94,5	237
<i>R. mucronata</i>	0,6	50	166	7,8	122	5,5	63
Total	1,3	100	2.133	100	2.213	100	300

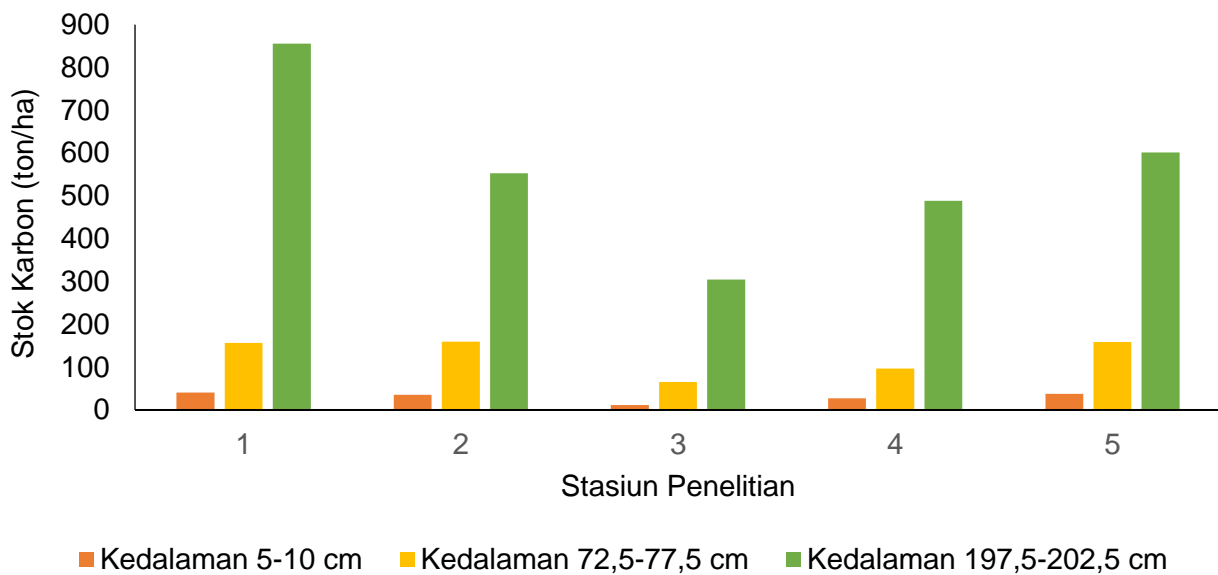
Hasil analisis vegetasi mangrove kategori semai pada masing-masing stasiun ditemukan 2 spesies mangrove yaitu *R. mucronata* dan *A. marina*. Stasiun 1 memiliki nilai kerapatan sebesar 1.733 ind/ha, stasiun 2 memiliki nilai kerapatan sebesar 400 ind/ha, stasiun 3 memiliki nilai kerapatan sebesar 800 ind/ha, stasiun 4 memiliki nilai kerapatan sebesar 1.767 ind/ha dan stasiun 5 memiliki nilai kerapatan sebesar 1.267 ind/ha. Spesies *R. mucronata* menjadi spesies semai yang paling banyak ditemukan di lokasi penelitian. Hal tersebut dapat terjadi karena semai jenis *R. mucronata* menjadi spesies yang digunakan untuk merehabilitasi Hutan Mangrove Pandansari. Semai *R. mucronata* memiliki buah berbentuk bulat memanjang (*cylindrical*) dan tipe biji vivipar. Morfologi buah yang spesifik tersebut merupakan bentuk adaptasi, yaituantisipasi terhadap habitat yang tergenang dan substratnya yang berlumpur, dimana biji mangrove telah berkecambah selagi masih melekat pada pohon induknya. Semai tersebut merupakan semai yang cocok untuk substrat lumpur berpasir seperti yang ditemukan pada lokasi penelitian.

Mangrove hasil rehabilitasi yang terdapat di Hutan Mangrove Pandansari memiliki diameter rata-rata berkisar 3,8–5,4 cm. Diameter rata-rata paling tinggi dijumpai pada stasiun 3 sebesar 5,4 cm dan paling rendah dijumpai pada stasiun 5 sebesar 3,8 cm hal ini dikarenakan umur mangrove yang jauh berbeda semakin besar umur mangrove semakin besar pula ukuran diameter batang mangrove. Menurut Tomlinson (1994), hutan mangrove muda memiliki diameter kecil dan seragam dibandingkan dengan mangrove yang sudah dewasa. Sementara distribusi tinggi pohon di Hutan Mangrove Pandansari berkisar 6–11,1 m. Stasiun dengan mangrove terendah dijumpai pada stasiun 5 sebesar 6 m, sedangkan mangrove tertinggi dijumpai pada stasiun 3 sebesar 11,1 m. Hal ini didukung dari parameter yang ada di lokasi stasiun 3 yang memiliki suhu 29,1 °C; pH 6,1 dan salinitas 24,7 dibandingkan dengan stasiun lain yang memiliki salinitas >30‰. Menurut Aini *et al.* (2018) mangrove dapat tumbuh baik dengan pH 6–8,5, suhu 28–32 °C, dan salinitas 20–36‰. Sementara untuk tinggi pohon terendah ditemui di stasiun 5 itu hal dapat terjadi dikarenakan usia pohon rata-rata masih 3 tahun.

Perkembangan dan pertumbuhan yang dengan pesat pada diameter dan tinggi pohon dapat terjadi karena adanya dukungan dari kondisi lingkungan yang menyediakan nutrisi baik bagi pohon. Sementara perkembangan dan pertumbuhan pada diameter dan tinggi yang lambat, dapat disebabkan karena adanya persaingan yang ketat dan lingkungan yang tidak memadai kebutuhan nutrisi setiap pohon. Hal tersebut didukung oleh penelitian Chrisyariati *et al.* (2014) yang menjelaskan bahwa salah satu indikator pertumbuhan mangrove dipengaruhi oleh sedimen tempat hidupnya yang banyak mengandung makro dan mikronutrien, oksigen, serta air tawar untuk menjaga keseimbangan kadar garam dalam fisiknya.



**Gambar 3.** Distribusi Rata-rata Diameter dan Tinggi Pohon di Masing-masing Stasiun Penelitian



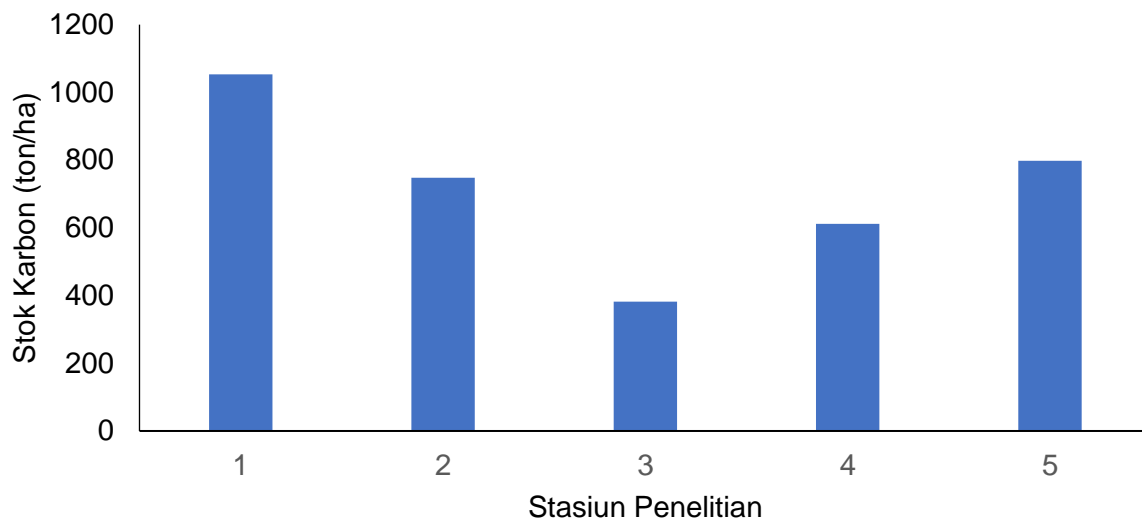
**Gambar 4.** Distribusi Stok Karbon Berdasarkan Kedalaman Tanah

Hasil estimasi stok karbon pada sedimen berbeda-beda pada setiap kedalamannya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hooijer *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa tinggi rendahnya kandungan karbon dalam tanah ditentukan dari nilai kepadatan sedimen tanah dan kedalaman tanah pada masing-masing sampel. Semakin tebal kepadatan tanah, akan semakin tinggi cadangan karbon pada lahan tersebut.

Kedalaman 5–10 cm menjadi kedalaman dengan kandungan karbon yang paling rendah diantara dua kedalaman yang lain dengan rata-rata stok karbon sebesar 30,59 ton/ha. Hal tersebut dapat terjadi karena, pada kedalaman tersebut, sedimen yang terbentuk belum padat, sehingga masih dapat berubah setiap saat. Kondisi dinamis yang terdapat di kedalaman 5–10 cm merupakan hal wajar, karena lokasi mangrove yang selalu hidup di daerah pasang surut. Stok karbon pada kedalaman ini memiliki nilai yang lebih rendah daripada stok karbon yang pernah diteliti oleh Widha (2019), yang dimana menemukan bahwa stok karbon di tipe lahan restorasi Deli Serdang, Sumatera Utara pada kedalaman 5–10 cm sebesar 53,78 ton/ha. Hal ini dapat terjadi karena nilai *bulk density* pada lokasi tersebut lebih tinggi daripada lokasi penelitian di Brebes. Tanah yang berada di rentang 0–30 cm kedalaman ini yang paling rentan terhadap perubahan penggunaan lahan dan akan terus mengalami perubahan kandungan dan struktur akibat dari adanya pasang surut (Kauffman dan Donato, 2012).

Kedalaman 197,5–202,5 cm menjadi kedalaman dengan stok karbon tertinggi di lokasi penelitian dengan rata-rata sebesar 560,498 ton/ha. Stok karbon tersebut lebih tinggi daripada penelitian stok karbon di Bedono, Kabupaten Demak yang dilakukan oleh Azzahra *et al* (2020), sebesar 480,608 ton/ha. Hal ini dapat terjadi karena tanah memiliki komposisi yang padat, sehingga keberadaan karbon di dalam tanah tidak akan berubah secara signifikan. Hal tersebut diperkuat dengan penelitian oleh Siringoringo (2013), yang menyebutkan bahwa kepadatan tanah (*bulk density*) akan berubah seiring dengan berubahnya kedalaman tanah. Tinggi rendahnya simpanan karbon tanah ditentukan oleh tiga variabel yang saling terkait yaitu konsentrasi karbon organik, berat jenis tanah, dan kedalaman tanah.

Lima stasiun penelitian yang ditentukan berdasarkan usia pohon yaitu 2005, 2008, 2011, 2014 dan 2017, bila dilihat dari *trendline* di Gambar 5. mengalami fluktuasi penurunan. Nilai total stok karbon sedimen memiliki nilai yang tinggi pada stasiun 1, kemudian mengalami penurunan hingga stasiun 3, namun nilainya meningkat hingga stasiun 5. Penurunan dan peningkatan stok karbon sedimen tersebut dapat terjadi karena perubahan kandungan karbon (C) yang telah diuji. Kandungan karbon pada stasiun 3, dipengaruhi oleh lokasi stasiun yang dekat ke laut bebas.



**Gambar 5.** Distribusi Stok Karbon Berdasarkan Tahun Penanaman

Hal tersebut didukung oleh pendapat Wahyuningsih *et al.*, (2020) yang menyebutkan bahwa distribusi kandungan karbon organik total lebih dipengaruhi oleh jauh dekatnya sumber pemasukan bahan organik, lebih tinggi di daerah muara sungai dan lebih rendah ke arah lepas pantai. Hal tersebut juga yang membuat stasiun 1 memiliki nilai kandungan karbon dan stok karbon yang tertinggi diantara stasiun lain. Lokasi stasiun 3 yang berdekatan dengan pantai akan memiliki paparan pasang surut yang lebih sering, daripada stasiun 1 dan 2. Kondisi pasang surut akan meningkatkan kadar oksigen pada wilayah tersebut naik, sehingga dapat memacu bakteri untuk mengoksidasi karbon dan melepaskannya ke atmosfer melalui respirasi (Senger *et al.*, 2021). Hal tersebut dapat membuat nilai kandungan karbon pada lokasi yang dekat dengan pantai akan menurun, ditambah lagi dengan kondisi tutupan sampah di lokasi sebesar 25%. Hal tersebut menjadikan stasiun 3 menjadi stasiun yang paling kecil nilai stok karbonnya.

Berdasarkan hasil penelitian, stok karbon yang didapatkan di Hutan Mangrove Brebes dinyatakan lebih tinggi daripada stok karbon yang ada di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. Stok karbon pada wilayah tersebut sebesar 359,240 (Suryono *et al.*, 2018). Hal ini diduga karena pengambilan sampel karbon yang dilakukan menggunakan tiga kali pengambilan sampel pada tiga kedalaman yang berbeda. Sementara penelitian yang dilakukan oleh Suryono *et al.*, (2018) hanya mengambil sampel sedimen pada kedalaman 0–100 cm. Plot yang digunakan berjumlah 9 dengan plot berbentuk lingkaran dengan diameter 14 m, dengan jarak antar plot sejauh 5 m.

Keterkaitan cadangan karbon pada sedimen diduga dipengaruhi oleh bahan organik, jenis substrat, dan letak stasiun penelitian. Menurut Madjid (2007), sumber primer bahan organik tanah berasal dari jaringan organik tanaman yang dapat berupa daun, ranting, cabang, buah dan akar. Hasil pelapukan dari daun-daun yang berjatuh dari tumbuhan serta organisme yang berasosiasi dengan tumbuhan yang kemudian mati dan terdegradasi dalam endapan sedimen. Stasiun yang dekat dengan garis pantai dan mempunyai nilai terkecil dibandingkan dengan stasiun lainnya, diduga bahan organik yang ada pada stasiun tersebut terbawa oleh arus laut lepas. Hal ini didukung oleh Nybakken (1992), yang menyatakan bahwa partikel gerakan air yang kecil memengaruhi terendapnya bahan organik pada dasar perairan.

## KESIMPULAN

Kondisi ekosistem mangrove di lokasi penanaman di tahun 2005, 2008, 2011, 2014 dan 2017 dikatakan memiliki kondisi baik karena memiliki nilai kerapatan di seluruh stasiun >1.500 ind/ha. Akan tetapi, keberhasilan penanaman dikatakan tidak 100% berhasil dikarenakan di



dalam lokasi stasiun 4, spesies *Rhizophora mucronata* yang ditanam kebanyakan mati, kemudian digantikan oleh spesies *Avicennia marina* yang merupakan spesies mula-mula. Stasiun lain dapat dikatakan berhasil, karena mangrove mulai tumbuh menjadi mangrove dewasa dan terdapat *A. alba* yang mampu tumbuh pada stasiun 3 yang menambah komposisi mangrove di lokasi. Potensi simpanan karbon sedimen di Hutan Mangrove Pandansari, Kaliwlingi, Brebes berada dalam kondisi tinggi apabila dibandingkan dengan kandungan karbon sedimen di daerah lain, dengan rata-rata nilai sebesar 718,588 ton/ha, sementara kedalaman 197,5–202,5 cm menjadi kedalaman yang paling banyak menyimpan stok karbon yang didukung oleh tingginya kandungan karbon.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Yayasan Inspirasi Keluarga KeSEMaT (IKAMaT) yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk ikut serta dalam kegiatan survei karbon dan menggunakan data analisis vegetasi sebagai basis data perhitungan stok karbon. Penulis juga berterimakasih kepada Kelompok Masyarakat Pelestari Hutan Pesisir (KMPHP) Mangrove Sari dan masyarakat Desa Kaliwlingi yang aktif membantu dalam kegiatan survei lapangan dan pengambilan data parameter stok karbon.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aini, A., Budihastuti, R. & Hastuti, E.D., 2018. Pertumbuhan Semai *Rhizophora mucronata* pada Saluran Tambak Wanamina dengan Lebar yang Berbeda. *Jurnal Biologi*, 5(1):48–59.
- Azzahra, F.S., Suryanti, S. & Febrianto, S. 2020. Estimasi Serapan Karbon pada Hutan Mangrove Desa Bedono, Demak, Jawa Tengah. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(2):308–315. DOI: 10.21776/ub.jfmr.2020.004.02.15
- Chrisyariati, I., Hendrarto, B. & Suryanti. 2014. Kandungan Nitrogen Total dan Fosfat Sedimen Mangrove Pada Umur yang Berbeda di Lingkungan Pertambakan Mangunharjo, Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal*, 3(3): 65–72.
- Citra, L.S., Supriharyono & Suryanti. 2020. Analisis Kandungan Bahan Organik, Nitrat dan Fosfat pada Sedimen Mangrove Jenis *Avicennia* dan *Rhizophora* di Desa Tapak Tugurejo, Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal*, 9(2):107–114. DOI: 10.14710/marj.v9i2.27766
- Dharmawan, I.W.E. & Pramudji. 2017. Kajian Kondisi Kesehatan Ekosistem Mangrove di Kawasan Pesisir Kabupaten Lampung Selatan. COREMAP-CTI Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI.
- Donato, D.C., Kauffman, J.B. Murdiyarso, D. Kurnianto, S. Stidham, M. & Kanninen, M. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4(5):293–297. DOI: 10.1038/ngeo1123
- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. & Kanninen, M. 2012. Mangrove adalah salah satu hutan terkaya karbon di kawasan tropis. *CIFOR Brief*, 13(12):12–21.
- Hadi, S. 1980. Metodologi Research. Yogyakarta: Yayasan Penerbit Fakultas Psikologi Universitas Gajah Mada. 218 hlmn.
- Hakim, K.L., Setiawan, B. & Radjiman, G. 2018. Pengelolaan Hutan mangrove Berbasis Masyarakat di Desa Kaliwlingi Kabupaten Brebes. *Media Agrosains*, 4(01):9–15.
- Hariah, K. & Rahayu, S. 2007. Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor: World Agroforestry Centre ICRAF, 21 hlmn.
- Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H. & Page, S. 2006. EAT-CO<sub>2</sub>, Assessment of CO<sub>2</sub> emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943. 36 hlmn.
- Kauffman, J.B. & Donato, D.C. 2012. Protocols for The Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass, and Carbon Stocks in Mangrove Forests. Bogor: Cifor. 40 hlmn.
- Kurniawan, C.A., Pribadi, R., Juliadi, I.A. & Kuslarsono, R. 2018. Dugaan Serapan Karbon pada Vegetasi Mangrove di Pantai Maron Semarang: Studi Kasus Rehabilitasi Mangrove di Ekowisata Maroon Mangrove Edu Park 2011–2018 oleh PT. Phapros Tbk. Seminar Nasional

Kelautan XIII. 15–21.

- Madjid, A., 2007. Dasar-dasar Ilmu Tanah: Bahan Ajar Online. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. New York: John Wiley and Sons. 547 hlmn.
- Nazir, M. 2005. Metode Penelitian. Bogor: Ghalia Indonesia. 544 hlmn.
- Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis. Gramedia. 459 hlmn.
- Senger, D.F., Hortua, D.S., Engel, S., Schnurawa, M., Moosdorf, N. & Gillis, L.G. 2021. Impacts of wetland dieback on carbon dynamics: A comparison between intact and degraded mangroves., *Science of The Total Environment*, 753:141817 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141817
- Siringoringo, H.H., 2013. Potensi Sekuestrasi Karbon Organik Tanah Pada Pembangunan Hutan Tanaman *Acacia mangium* Willd. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 10(2):193–213. DOI: 10.20886/jphka.2013.10.2.193-213
- Suryono., Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R. & Rozy, E.F. 2018. Estimasi Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseanografi Marina*. 7(1):1–8. DOI: 10.14710/buloma.v7i1.19036
- Suyono, Supriharyono, Hendrarto, B. & Radjasa, O. 2015. Pemetaan degradasi ekosistem mangrove dan abrasi pantai berbasis geographic information system di Kabupaten Brebes-Jawa Tengah. *Oceatek*, 9(1):90–102.
- Syah, C., Indrawan, A. & Priyono, A., 2012. Pertumbuhan *Rhizophora mucronata* pada lahan restorasi mangrove di Hutan Lindung Angke Kapuk, Jakarta. *Bonorowo Wetlands*, 2(1):1–10. DOI: 10.13057/bonorowo/w020101
- Tomlinson, P.B. 1994. The Botany of Mangrove. New York: Cambridge University Press. 413 hlmn.
- Wahyuningsih, A., Atmodjo, W., Wulandari, S.Y., Maslukah, L. & Muslim. 2020. Distribusi Kandungan Karbon Total Sedimen Dasar di Perairan Muara Sungai Kaliboyo, Batang. *Indonesian Journal of Oceanography*. 2(1):24-30. DOI: 10.14710/ijoce.v2i1.7177
- Widha, Y.L., 2019. Cadangan Karbon pada Tegakan Mangrove di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Bogor: IPB Press. 39 hlmn.