

PENDUGAAN KARBON STOK DI ATAS PERMUKAAN TANAH PADA HUTAN MANGROVE DI KABUPATEN LAMPUNG TIMUR

Estimation of Aboveground Carbon Stock in The Mangrove Forest of Lampung Timur District

Agung Tri Cahyo, Arief Darmawan, Dian Iswandaru, dan Agus Setiawan

Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Jl Sumantri Brojonegoro, Gedung Meneng, Bandar Lampung, 35145

ABSTRACT. Estimating aboveground carbon from mangrove vegetation in Labuhan Maringgai District, East Lampung Regency is important because it has a much higher carbon sequestration capacity compared to terrestrial and tropical rainforests.. *This study aims to estimate aboveground carbon stock of the mangrove ecosystem using terrestrial forest inventory and high-resolution satellite image. The mangrove types were mapped using SPOT 6/7 high resolution satellite image using Object Oriented Classification (OOC) method and 33 sample plots of 400 m² were established within the mangrove location. From satellite image analysis, we found a very good accuracy on mangrove type's map (97.75% of overall accuracy), so that the 486 hectares of mangrove area in the study area can be mapped.. The largest mangrove area was location in Margasari an Sriminosari villages. From forest inventory, it was found that the aboveground carbon stock of mangrove forest in the study area was 65 tC / ha with the total estimation of aboveground carbon stock was 25796.39 tC.*

Keywords: Forest Carbon Inventory; High Resolution Satellite Image; Mangrove.

ABSTRAK. Pendugaan karbon di atas permukaan tanah dari vegetasi mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur penting dilakukan karena memiliki kemampuan mengikat karbon jauh lebih tinggi dibandingkan dengan hutan terestrial dan hutan hujan tropis. Penelitian ini bertujuan untuk menduga stok karbon di atas permukaan tanah dari ekosistem mangrove menggunakan inventarisasi hutan terestrial dan citra satelit resolusi tinggi. Jenis mangrove dipetakan menggunakan citra satelit resolusi tinggi SPOT 6/7 menggunakan metode Object-Oriented Classification (OOC), dan di dalam lokasi mangrove telah dibuat 33 sampel plot masing-masing seluas 400 m². Dari hasil analisis citra satelit didapatkan akurasi peta tipe mangrove yang sangat baik (97,75% dari akurasi keseluruhan), sehingga dapat dipetakan sebanyak 486 hektar kawasan mangrove di lokasi penelitian. Kawasan mangrove terluas terletak di Desa Margasari dan Sriminosari. Dari inventarisasi hutan didapatkan rata-rata stok karbon di atas permukaan tanah hutan mangrove adalah 65 tC / ha, dengan total estimasi stok karbon di atas permukaan tanah adalah 25.796,39 tC.

Kata Kunci: Citra Satelit Resolusi Tinggi; Inventarisasi Karbon Hutan; Mangrove.

Penulis untuk korespondensi, surel: agungtrichahyo3@gmail.com

PENDAHULUAN

Mangrove merupakan komunitas tumbuhan yang hidup dipengaruhi oleh pasang surut air laut dan terletak di antara lautan dan daratan (Bengen, 2001). Ekosistem hutan mangrove hidup di daerah dengan kadar garam atau salinitas antara 0,5%-30% sehingga ekosistem hutan mangrove sering disebut sebagai ekosistem payau atau hutan payau (Indriyanto, 2006). Ekosistem mangrove memiliki fungsi dan manfaat yang sangat penting dalam menunjang kehidupan wilayah pesisir (Febryano *et al*, 2015). Ekosistem mangrove juga merupakan sumber pakan dari biota laut

seperti ikan (Alfandi *et al*, 2019; Febryano *et al*, 2017). Selain sebagai penyedia pakan bagi biota laut, ekosistem mangrove juga merupakan habitat bagi komunitas burung liar terutama komunitas burung pantai (Iswandaru *et al*, 2020). Beberapa jenis burung memanfaatkan vegetasi mangrove sebagai tempat istirahat, tidur dan bersarang serta dimanfaatkan oleh beberapa jenis burung lain sebagai lokasi antara (*stop over area*) (Iswandaru *et al*, 2018).

Ekosistem mangrove selain menyediakan keanekaragaman hayati, sebagai plasma nutfah dan menunjang sistem kehidupan disekitarnya, ekosistem mangrove juga merupakan salah satu ekosistem dengan peran dan fungsi yang krusial untuk

mendukung keberlangsungan kehidupan (Febryano *et al*, 2014). Peran ekosistem mangrove berupa penyerap dan penyimpan karbon yang sangat penting dalam rangka mengatasi efek gas rumah kaca yang mengakibatkan pemanasan global (Yuniawati, 2011). Ekosistem mangrove sebagaimana ekosistem hutan lainnya merupakan ekosistem hutan dengan kemampuan mengikat karbon jauh lebih tinggi dibandingkan dengan hutan terestrial dan hutan hujan tropis (Windarni *et al*, 2018; Donato *et al*, 2011). Ekosistem mangrove mampu menyerap karbon di udara sebanyak 67,7 MtCO₂ per tahun (Sadeli *et al*, 2012).

Karbon adalah total berat atau volume organisme dalam suatu area atau volume tertentu (*a glossary by the IPCC*, 1995; Sutaryo, 2009). Salah satu cara untuk memperoleh nilai karbon stok hutan dapat dilakukan dengan pendekatan teknologi penginderaan jauh yang saat ini berkembang secara pesat digabungkan dengan metode klasik inventarisasi hutan (IPCC, 2006). Saat ini terdapat banyak pilihan dalam menggunakan teknologi penginderaan jauh, salah satunya menggunakan citra sensor temporal yang tinggi maupun menggunakan sensor aktif seperti RADAR atau LiDAR (Manuri *et al*, 2011).

Ekosistem mangrove di Provinsi Lampung salah satunya terdapat di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur, yakni di Desa Sriminosari dan Desa Margasari (Lemlit, 2011). Letak geografi ekosistem mangrove yang berada pada daerah peralihan darat dan laut memberikan efek perekaman yang khas jika dibandingkan obyek vegetasi darat lainnya. Efek perekaman tersebut sangat erat kaitannya dengan karakteristik spektral ekosistem mangrove, hingga dalam identifikasi memerlukan suatu pendekatan tersendiri sehingga dapat diketahui data luasan vegetasi mangrove (Kawamuna, 2017). Penginderaan jauh sangat efektif dan penting dalam memantau perubahan tutupan serta simpanan karbon hutan mangrove sehingga dapat diketahui perubahan luas area hutan mangrove yang rusak atau berkurang serta dapat diidentifikasi penyimpanan karbon berdasarkan kenampakan citra satelit (Nissa, 2017). Penelitian ini bertujuan untuk menduga cadangan karbon stok di atas permukaan tanah ekosistem mangrove berdasarkan data citra satelit resolusi tinggi dan inventarisasi hutan mangrove.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di hutan mangrove Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur. Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur mempunyai ekosistem mangrove yang masuk dalam kawasan Lampung Mangrove Center seluas 700 Ha pada Desa Margasari (monografi Desa Margasari, 2012) dan Desa Sriminosari dengan luasan 321,81 Ha (Lemlit, 2011), yang dilaksanakan pada bulan Maret sampai Mei 2020. Alat yang digunakan berupa kamera digital, *roll meter* pita meter, *christen hypsometer* (CH meter), *Global Positioning System* (GPS) Garmin, alat tulis serta *tallysheet*, serta alat pendukung lain yang digunakan dalam penelitian ini meliputi seperangkat laptop yang dilengkapi dengan perangkat lunak (*software*) berupa ArcGIS 10.3, eCognition Developer dan ENVI. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

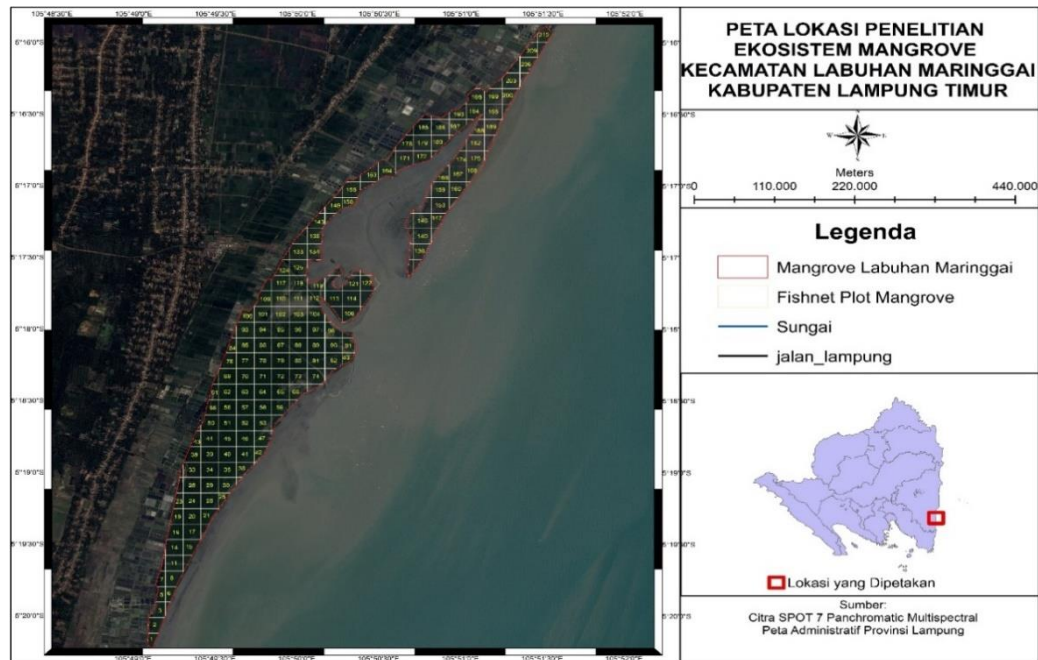
1. Data citra satelit citra satelit SPOT 6/7 tahun 2019.
2. Data tegakan vegetasi mangrove dalam plot sampai pengukuran 400 m²

Pengumpulan data citra satelit beresolusi tinggi dilakukan dengan mengajukan permohonan izin permintaan data citra satelit beresolusi tinggi yaitu citra SPOT 6/7 tahun 2019 kepada Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Analisis vegetasi hutan mangrove yang diperoleh menggunakan metode inventarisasi hutan dari lokasi penelitian dengan cara mengambil 33 sampel plot berukuran 400 m² yang dilakukan secara acak (*random sampling*) di lokasi penelitian (intensitas sampling sebesar 0,27% dari luas ekosistem mangrove yang di petakan melalui citra satelit resolusi tinggi). Pemilihan ukuran plot dengan luasan 20x20 m ini merujuk pada Sumarno (2017) yang menyebutkan bahwa penentuan ukuran plot contoh optimal untuk inventarisasi hutan alam dapat dilakukan dengan ukuran plot 20x20 m, 20x50 m dan 20x100 m pada tegakan berdiameter di atas 10 cm.

Pemilihan sampel plot secara acak ini dilakukan dengan cara awal membuat *fishnet* pada peta penelitian (Gambar. 1) yang kemudian *fishnet* tersebut diberikan nomor yang dipilih secara acak untuk dibuat sampel plot pengukuran lapangan 400 m². Pengambilan data analisis vegetasi ini berupa data nama pohon (lokal dan ilmiah), tinggi pohon, jumlah spesies, jumlah individu

serta diameter pohon. Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah

analisis citra satelit dan analisis statistik hasil pengukuran sampel plot.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Ekosistem Mangrove

Metode Analisis Citra Satelit

Citra satelit resolusi tinggi SPOT 6/7 dianalisis untuk menghasilkan peta tutupan mangrove menggunakan metode Object Oriented Classification (OOC). OOC merupakan metode klasifikasi dimana citra satelit diproses menjadi objek-objek proses segmentasi. Dalam penelitian ini, proses segmentasi menggunakan algoritma (*multiresolution segmentation*), (misalnya pada Laura et al, 2019). Proses segmentasi menggunakan 3 kriteria homogenitas dengan 3 parameter yaitu skala, bentuk dan kekompakan. Dalam penelitian ini, faktor parameter skala diujicobakan, yakni menggunakan skala 10, skala 25 dan skala 50. Semakin kecil nilai parameter skala akan menghasilkan obyek yang semakin kecil.

Setelah dilakukan proses segmentasi, proses selanjutnya adalah klasifikasi obyek-obyek tersebut menjadi kelas-kelas tutupan lahan melalui pengambilan sampel kelas klasifikasi (training sample). Pengambilan sampel ini dilakukan sebanyak sepuluh sampel per kelas tutupan lahan serta dibuat secara merata. hal ini dilakukan agar proses klasifikasi terjadi secara seimbang dan merata. Sampel kelas klasifikasi yang telah diambil kemudian digunakan untuk

melakukan klasifikasi obyek dalam algoritma *nearest neighbor classification*. Teknik ini dilakukan terhadap data obyek yang jaraknya paling mendekati dengan karakteristik (Dzikrulloh et al, 2017) sehingga kesalahan klasifikasi dapat diminimalisir.

Pendugaan Stok Karbon

Pendugaan stok karbon dilakukan dengan melakukan pengukuran plot sampel vegetasi di vegetasi mangrove. Komponen yang harus diukur dalam perhitungan karbon stok adalah:

1. Ukuran petak ukur (plot) yang akan digunakan untuk mencari stok karbon (tC/ha).
2. Tinggi dan diameter pohon.
3. Kepadatan kayu (*wood density*).
4. Biomassa pohon (kg), rumus allometrik biomassa pohon pada ekosistem mangrove menurut (Chave et al., 2005).

AGB =

$$WD \times \exp(-1.349 + 1.980 \times \ln(DBH) + 0.207 \times \ln(DBH)^2 - 0.0281 \times \ln(DBH)^3)$$

Keterangan:

AGB = Biomassa di atas tanah
DBH = Diameter setinggi dada
(Diameter at Breast Height)

WD = Kepadatan Kayu (Wood Density)

5. Stok karbon (tC) dihitung menggunakan rumus BSN (2011), seperti di bawah ini:

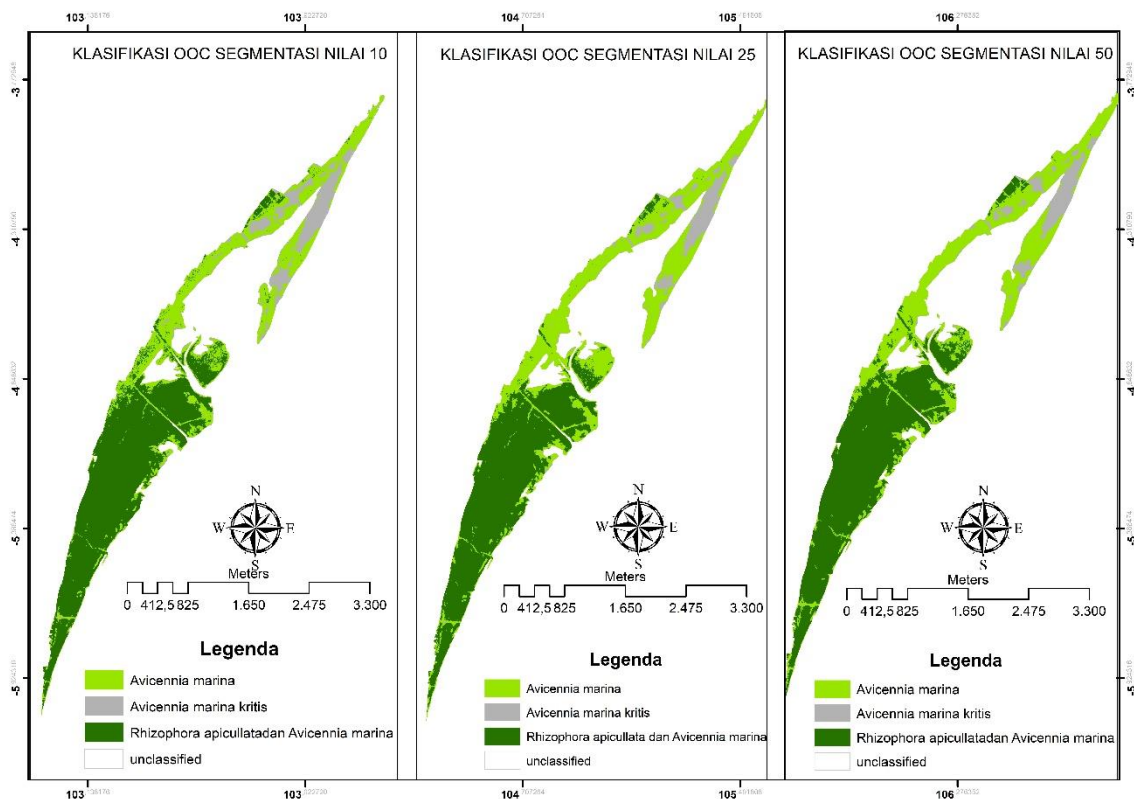
$$C = \text{Biomassa Total} \times 0,47$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Object Oriented Classification (OOC)/Klasifikasi Berbasis Objek

Klasifikasi jenis mangrove menggunakan metode OOC dipengaruhi oleh adanya beberapa faktor seperti ukuran skala

segmentasi, banyaknya kelas sampel objek tutupan lahan dan ketelitian dalam pengambilan kelas sampel. Faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi proses klasifikasi karena apabila dalam pemilihan kelas sampel terdapat kesalahan pengambilan sampel objek yang dibutuhkan maka persentase kesalahan klasifikasi akan tinggi yang dapat dibuktikan dalam proses uji akurasi. Hasil pendeteksian jenis mangrove menggunakan metode OOC dengan skala segmentasi 10, 25 dan 50 dapat dilihat pada Gambar 3. Tutupan mangrove dibedakan menjadi tiga tipe tutupan, yakni kelas jenis *Avicennia marina*, *Avicennia marina* rusak, dan mangrove campuran (*Rhizophora apiculata*, *Bruguiera cylindrica* dan *Avicennia marina*).



Gambar 2. Klasifikasi Jenis Mangrove Metode OOC Nilai Segmentasi 10,25 dan 50.

Uji akurasi dari tiga parameter skala segmentasi (10, 25, dan 50) dilakukan dengan membuat matrik kontingensi yang disebut dengan matrik kesalahan (*error matrix*). Uji akurasi ini digunakan untuk dapat mengetahui tingkat kepercayaan terhadap

pemakaian hasil klasifikasi untuk analisis dan keperluan berikutnya (Bashit *et al.*, 2019). Uji akurasi menggunakan tiga kriteria penilaian akurasi yaitu *overall accuracy*, *producer accuracy* dan *user accuracy* yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji Akurasi Klasifikasi Citra Satelit pada Beberapa Parameter Skala Segmentasi

Segmentasi	Nilai akurasi		
	Overall	User	Producer
Skala 10	97,62%	97,50%	97,75%
Skala 25	92,87%	92,50%	93,25%
Skala 50	84,37%	81,25%	87,50%

Nilai akurasi paling tinggi ditunjukkan oleh segmentasi dengan parameter skala 10 yaitu dengan *overall accuracy* sebesar 97,62%. Uji akurasi pada segmentasi skala 25 menghasilkan nilai *overall accuracy* sebesar 92,87%. Hasil uji akurasi terendah terdapat pada klasifikasi dengan segmentasi skala 50 yaitu dengan nilai *overall accuracy* sebesar 84,37%. Berdasarkan hasil uji akurasi, klasifikasi obyek dengan segmentasi skala 10 digunakan untuk analisis selanjutnya karena memiliki nilai akurasi yang paling tinggi.

Hasil klasifikasi citra satelit dapat dilihat pada blok mangrove jenis *Avicennia marina* memiliki luasan sebesar 159,5 ha, blok *Avicennia marina* dalam keadaan rusak seluas 55,1 ha dan jenis mangrove campuran seluas 271,4 ha. Total luas vegetasi mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur pada tahun 2019 adalah 486 hektar. Tabel luasan vegetasi per kelas jenis mangrove dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas Vegetasi per Kelas Jenis Mangrove

No	Jenis	Luas (ha)
1	<i>Avicennia marina</i>	159,5
2	<i>Avicennia marina</i> rusak	55,1
3	<i>Rhizophora apiculata</i> dan <i>Avicennia marina</i>	271,4
Total		486

Nilai Karbon Stok Vegetasi Mangrove

Nilai perhitungan karbon mangrove berdasarkan perhitungan melalui data yang didapatkan diperoleh rata-rata nilai karbon

mangrove sebesar 65 ton/ha. Perhitungan nilai karbon vegetasi mangrove dari 33 plot sampel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Nilai Karbon Vegetasi Mangrove per Plot

No.	Kelas Jenis mangrove	Posisi Koordinat Plot		KBD (m ² /ha)	Stok Karbon (tC/ha)
		X	Y		
1	AVC	105,8506	-5,2752	19,93	64,62
2	AVC	105,8491	-5,2848	17,97	53,27
3	AVC	105,8341	-5,29	12,4	61,11
4	AVC	105,8409	-5,2824	9,17	53,09
5	AVC	105,836	-5,2875	19,47	93,03
6	AVC	105,8552	-5,2704	16,73	94,45
7	AVC	105,8303	-5,2965	27,7	175,47
8	AVC	105,856	-5,2693	38,93	138,99
9	AVC	105,8494	-5,2827	30,99	111,3

No.	Kelas Jenis mangrove	Posisi Koordinat Plot		KBD (m ² /ha)	Stok Karbon (tC/ha)
		X	Y		
10	AVC	105,8576	-5,2678	38,3	134,17
11	AVC	105,8436	-5,2794	26,28	91,92
12	AVC	105,8473	-5,2789	24,28	80,93
13	AVC	105,8557	-5,269	33,81	114,35
14	AVC	105,8413	-5,2812	14,01	46,18
15	AVC	105,8344	-5,2903	26,12	96,49
16	AVC	105,8492	-5,2757	13,36	42,54
17	AVC	105,8554	-5,2724	31,65	110,97
18	AVC Rusak	105,852	-5,2778	12,4	39,81
19	AVC Rusak	105,8515	-5,279	15,21	49,44
20	AVC Rusak	105,8536	-5,2744	14,22	46,93
21	AVC Rusak	105,8525	-5,2786	11,92	39,03
22	AVC Rusak	105,8526	-5,2761	18,18	61,18
23	MC	105,8284	-5,3042	9,17	22,24
24	MC	105,8201	-5,3304	11,66	29,49
25	MC	105,8472	-5,2767	16,97	64,89
26	MC	105,8196	-5,3316	9,73	23,01
27	MC	105,8207	-5,3235	9,55	22,38
28	MC	105,828	-5,3055	10,75	26,51
29	MC	105,831	-5,3095	13,09	33,19
30	MC	105,8233	-5,3142	9,97	24,97
31	MC	105,8264	-5,3046	11,43	28,94
32	MC	105,8443	-5,278	7,3	21,18
33	MC	105,836	-5,286	16,57	48,84
Rata-rata				18,16	65

Keterangan:

KBD : Kerapatan Bidang Dasar
 AVC : *Avicennia marina*
 MC : Mangrove campuran

Rata-rata stok karbon di atas permukaan tanah mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai adalah sebesar 65 tC. Berdasarkan tabel kategori nilai mangrove pada vegetasi mangrove Kabupaten Lampung Selatan pada tahun 2019 menurut Simarmata *et al* (2019) dapat diketahui bahwa kelas paling rendah kepadatan mangrove terdapat pada rentang nilai 71,6-91,4 tC/ha. Menurut tabel tersebut dapat diketahui juga bahwa nilai karbon mangrove Kecamatan Labuhan Maringgai memiliki nilai karbon yang termasuk dalam kategori rendah

karena memiliki nilai rata-rata sebesar 65 tC/ha dan berada di bawah nilai karbon 71,6 tC/ha. Nilai tersebut termasuk dalam kategori karbon mangrove yang rendah. Hal ini karena ukuran lingkaran batang dan diameter mangrove Kecamatan Labuhan Maringgai yang mayoritas masih banyak yang berukuran kecil. Kategori nilai tinggi atau rendah karbon mangrove dari suatu vegetasi dapat dilihat menurut tabel kategori nilai karbon mangrove menurut Simarmata *et al* (2019) pada Tabel 4.

Tabel 4. Kategori Nilai Karbon Mangrove

Kategori nilai karbon mangrove		
No	Nilai Karbon (tC/ha)	Kategori
1	71,6-91,4	Rendah
2	91,5-111,3	Sedang
3	111,4-131,1	Tinggi

Sumber: Simarmata *et al*, (2019)

Uji Kesalahan Sampling/ Sampling Error

Sampling error atau kesalahan sampling dalam suatu penelitian merupakan suatu kesalahan yang disebabkan oleh teknik pengambilan sampel yang dilakukan (Rawung, 2020). Berdasarkan tabel uji *error sampling* kelas jenis mangrove *Avicennia marina* dengan jumlah sampel sebanyak 17

plot memiliki rentang nilai antara 74,0-109,8 tC/ha dengan nilai kesalahan sampling sebesar 19,5%. Nilai kesalahan sampling pada kelas jenis sampel plot *Avicennia marina* rusak sebesar 23,5% dengan jumlah sampel sebanyak 5 plot dengan rentang stok karbon 36,1-58,4 tC/ha. Pengukuran kesalahan sampling dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji kesalahan sampling karbon stok mangrove di atas permukaan tanah

No	Kelas Jenis mangrove	Rerata (tC/ha)	Simpangan Baku	n	t-stats	CI	LB	UB	SE (%)
1	AVC	91,9	36,7	17	2,01	17,9	74,0	109,8	19,5
2	AVC Rusak	47,2	8,9	5	2,78	11,1	36,1	58,4	23,5
No	Kelas Jenis mangrove	Rerata (tC/ha)	Simpangan Baku	n	t-stats	CI	LB	UB	SE (%)
3	Mangrove campuran	31,4	3,0	11	2,01	1,8	29,5	33,2	5,8
Total		65,0	39,5	33	2,01	13,8	51,1	78,8	21,2

Keterangan:

AVC: *Avicennia marina*

AVC rusak: *Avicennia marina* rusak

Mangrove Campuran: *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata* dan *Bruguiera cylindrica*

n : Jumlah sampel plot

CI: *Confidence interval* (Standar error)

LB: *Lower bound* (Batas bawah)

UB: *Upper bound* (Batas atas)

SE: *Sampling Error* (Kesalahan sampling (%))

Plot sampel pada jenis *Avicennia marina* kondisi baik maupun dalam kondisi rusak memiliki keragaman stok karbon mangrove yang tinggi karena dipengaruhi oleh ukuran lingkaran batang dan diameter pohon yang beragam. Mangrove *Avicennia marina* adalah jenis mangrove pionir dimana jenis *Avicennia marina* ini merupakan tipe mangrove pantai yang cepat tumbuh (*fast growing*) dan memelopori komunitas mangrove di vegetasi mangrove Kecamatan Labuhan Maringgai yang tempat tumbuhnya

berada diantara lautan dan daratan serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kadar salinitas, lumpur, substrat serta unsur hara yang terkandung sehingga membuat keragaman stok karbon mangrove menjadi tinggi.

Nilai *sampling error* pada plot jenis mangrove campuran (*Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata* dan *Bruguiera cylindrica*) adalah sebesar 5,8% dengan jumlah sampel sebanyak 11 plot serta

rentang nilai stok karbon sebesar 29,5-33,2 tC/ha. Nilai kesalahan sampling pada plot campuran ini paling kecil. Hal ini menunjukkan bahwa sebaran stok karbon di atas permukaan tanah pada kelas ini cenderung seragam, walaupun nilai karbon stoknya paling kecil (31,4 tC/ha). Hasil ini menunjukkan bahwa kelas jenis mangrove ini berada pada kondisi substrat yang mirip dan berada pada fase awal pertumbuhan mangrove sejati (jenis-jenis *Rhizophora* spp dan *Bruguiera* spp). Keberadaan jenis mangrove ini akan sangat baik apabila menyebar lebih banyak, mengingat jenis mangrove cepat tumbuh seperti *Avicennia marina* lebih mudah untuk tumbuh dan mudah juga untuk rusak serta memiliki daur hidup yang lebih pendek dibandingkan dengan jenis *Rhizophora* spp ataupun *Bruguiera* spp.

Pendugaan Total Karbon Stok Mangrove di Atas Permukaan Tanah

Pendugaan total stok karbon di atas permukaan tanah dihitung dengan mengkalikan nilai rata-rata, nilai batas atas karbon dan batas bawah karbon stok pada setiap kelas dengan luasan areal tiap jenis mangrove yang didapatkan dari analisis citra satelit. Jenis *Avicennia marina* memiliki nilai karbon total terbesar yaitu 14663 tC. Jenis *Avicennia marina* rusak memiliki nilai total karbon sebesar 2605 tC. Jenis mangrove campuran memiliki nilai karbon total vegetasi mangrove sebesar 8527 tC. Karena memiliki luas yang cukup signifikan, nilai total karbon stok di atas permukaan tanah vegetasi mangrove pada lokasi penelitian adalah sebesar 25796 tC dengan rentang nilai antara 21828,6 tC sampai 29764,1 tC. Nilai total karbon vegetasi mangrove Kecamatan Labuhan Maringgai dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Total Karbon Vegetasi Mangrove

No	Jenis Mangrove	Stok Karbon (tC)	Batas Bawah (tC)	Batas Atas (tC)
1	<i>Avicennia marina</i>	14663,5	11806,6	17520,3
2	<i>Avicennia marina</i> rusak	2605,0	1990,5	3219,5
3	Mangrove campuran	8527,9	8031,4	9024,3
	Jumlah	25796	21828,6	29764,1

Jenis *Avicennia marina* memiliki nilai karbon yang paling tinggi dikarenakan kerapatan bidang dasar (KBD) yang lebih besar daripada jenis lain. *Avicennia marina* merupakan jenis pionir dan cepat tumbuh (*fast growing*) pada ekosistem mangrove. KBD yang tinggi menunjukkan bahwa hutan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai merupakan hutan mangrove sekunder yang tumbuh cukup lama setelah permudaan (Rehabilitasi).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Cadangan karbon mangrove di atas permukaan tanah dari vegetasi mangrove di lokasi penelitian adalah 65 tC/ha dengan total cadangan karbon di atas permukaan tanah sebesar 25796 tC. Luas keseluruhan mangrove adalah 486 ha, dengan rincian mangrove jenis *Avicennia marina* seluas 159,5 ha, jenis *Avicennia marina* rusak seluas 55,1 ha dan mangrove jenis campuran

yang terdiri dari jenis *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata* serta *Bruguiera cylindrica* seluas 271,4 ha.

Saran

Penelitian lanjutan perlu dilakukan menggunakan citra satelit resolusi tinggi lain selain citra satelit SPOT 7 untuk mengetahui nilai karbon total dengan menggunakan perkalian rata-rata nilai karbon per jenis dengan luasan hasil klasifikasi menggunakan citra satelit jenis lain selain citra SPOT 7.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfandi, D., Qurniati, R dan Febryano, IG. 2019. Partisipasi Masyarakat dalam Pengelolaan Mangrove. *Jurnal Silva Lestari*. 7(1): 30-41 hlm.
- Bengen, D., G. 2001. *Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan

- Lautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 62 hlm.
- Donato, C. D., Kauffman, J., Murdiyarso, B., Kurnianto, S., Stidham, M., Kanninen, M. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Journal of Nature Geoscience*. 4: 293 – 297 hlm.
- eCognition Developer. 2011. Buku. *eCognition Developer User Guide*. German: Trimble. 250 hlm.
- Febryano IG., Suharjito D., Darusman D., Kusmana C., Hidayat A. 2014. The Roles And Sustainability of Local Institutions of Mangrove Management in Pahawang Island. *Jurnal Management Hutan Tropika* 20(2): 69-76.
- Febryano IG., Suharjito D., Darusman D., Kusmana C. 2015. Aktor dan Relasi Kekuasaan dalam Pengelolaan Mangrove di Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung, Indonesia. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan* 12(2): 123-138.
- Febryano IG., Sinurat J., Salampessy ML. 2017. Social Relation Between Businessman And Community In Management Of Intensive Shrimp Pond; Prosiding IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 55:1-7.
- Indriyanto. 2006. *Ekologi Hutan*. Buku. Jakarta: Pelesnerbit PT. Bumi Aksara. Jakarta. 224 hlm.
- Iswandaru, D., Khalil, ARA., Kurniawan, B., Pramana, R., Febryano, IG., Winarno, GD. 2018. Kelimpahan dan Keanekaragaman Jenis Burung di Hutan Mangrove KPHL Gunung Balak. *Indonesian Journal of Conservation*. 7(1):57-62 hlm.
- Iswandaru, D., Febryano, IG., Santoso, T., Kaskoyo, H., Hilmanto, R., Safe'i, R., Darmawan, A., Zulfiani, D. 2020. Bird Community Structure of Small Islands: a Case Study on the Pahawang Island, Lampung Province, Indonesia. *Journal Silva Balcanica*. 21(2): 5-18 hlm.
- Kawamuna, A. 2017. Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi NDVI pada Citra Sentinel-2 (Studi kasus: Teluk Pangpang Kab. Banyuwangi). *J. Geodesi* 6(1): 277-284 hlm.
- Kusmana, C. 2010. *Ekologi Mangrove*. Laboratorium Ekologi. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor
- Laura, C.T., Darmawan, A., Hilmanto, R. 2019. Deteksi Tutupan Repong Damar di Pesisir Barat Menggunakan Citra Satelit Penginderaan Jauh. *J. Hutan Tropis*. 7(3): 247-260.hlm.
- Lembaga Penelitian Unila dan Balai Pengelolaan Hutan Mangrove Wilayah II. 2011. *Ekowisata Mangrove Pesisir Timur*. Buku. Lembaga Penelitian Unila. Bandar Lampung. 22 hlm.
- Manuri, S., Chandra, P., Agus, S. 2011 Teknik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan. Merang REDD Pilot Project – German International Cooperation (MRPP-GIZ). Palembang.
- Monografi Desa Margasari. 2012. Potensi Desa, Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung.
- Nissa, R. M., Khakhim, N. 2017. Pemetaan Kerusakan Mangrove Menggunakan Citra LANDSAT OLI di Delta Mahakam, Kalimantan Timur. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS*. 67-77 hlm
- Rawung, D.T. 2020. *Model Penarikan Sampel*. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Badan Pusat Statistik RI. Buku. 17 hlm.
- Sadelie, A., Kusumastanto, T., Kusmana, C., Hardjomidjojo, H. 2012. Kebijakan Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Berbasis Perdagangan Karbon. *J. Hutan dan Masyarakat* 6(1): 1-11 hlm.
- Simarmata, N., Elyza, F., Vatlady. 2019. Kajian Citra Satelit SPOT-7 untuk Estimasi Standing Carbon Hutan Mangrove dalam Upaya Mitigasi Perubahan Iklim (Climate Changes) di Lampung Selatan. *J. Penginderaan Jauh*. 16(1):1-8 hlm.
- Sumarno, S. E. 2017. *Penentuan Ukuran Plot Contoh Optimal untuk Inventarisasi Hutan Alam (Studi Kasus PT Salaki Summa Sejahtera, Sumatera Barat)*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 67 hlm
- Windarni, C., Setiawan, A., Rusita. 2018. Estimasi Karbon Tersimpan pada Hutan Mangrove di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Silva Lestari*. 6(1): 66-74 hlm.