



---

*Research Articles*

## **Estimasi Simpanan Karbon Tegakan Menggunakan Citra Sentinel-2A Pada Kawasan Mangrove Labuan Tereng Kabupaten Lombok Barat**

### *Estimation of Standing Carbon Stock Using Sentinel-2A Imagery in the Labuan Tereng Mangrove Area West Lombok Regency*

**Moh Rodiansyah Hambali, Andi Chairil Ichsan, Niechi Valentino\*,  
Andrie Ridzki Prasetyo**

Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram,  
Nusa Tenggara Barat, Indonesia

*\*corresponding author, email: [niechivalentino43@unram.ac.id](mailto:niechivalentino43@unram.ac.id)  
Manuscript received: 31-10-2023. Accepted: 20-12-2023*

#### **ABSTRACT**

Peningkatan suhu bumi karena peningkatan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di atmosfer menjadi perhatian utama dalam upaya mengatasi masalah perubahan iklim. Hutan mangrove adalah salah satu bagian dalam rancangan "blue carbon" yang mampu menyimpan karbon dengan baik, sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengukur cadangan karbon di ekosistem hutan mangrove dengan memanfaatkan citra Sentinel-2A dan pengukuran di lapangan. Hasil penelitian menunjukkan jenis yang ditemukan yaitu *R. mucronata*, *A. marina*, *R. apiculata*, *S. alba*, *E. agallocha*, dan *C. decandra*. Jenis *R. mucronata* menjadi jenis yang mendominasi kawasan mangrove dengan rata-rata jumlah karbon 122.1 ton/ha. Analisis korelasi menunjukkan hubungan yang erat antara IKV<sub>m</sub> dan cadangan karbon hutan mangrove, dengan nilai  $r = 80\%$ . Dalam model regresi, model power memberikan persamaan yang paling baik untuk mengestimasi cadangan karbon dengan nilai koefisien determinasi 64.4% memberikan model persamaan  $y = 109.51x^{1.2381}$ . Analisis cadangan karbon citra didapatkan nilai terendah yaitu 0.02-10.46 ton/ha yang berada pada kriteria kerapatan vegetasi sangat jarang dan jumlah cadangan karbon tertinggi sebesar 58.30-59.02 ton/ha pada kelas kerapatan sangat tinggi.

**Kata kunci:** Labuan Tereng; Mangrove; Sentinel-2A; Allometrik; Karbon

#### **ABSTRAK**

The primary worry in addressing climate change problems is the elevation in global temperatures resulting from the growing levels of CO<sub>2</sub> emissions in the atmosphere. Mangrove ecosystems contribute to the "blue carbon" plan which is capable of storing carbon well, this research was conducted to assess carbon storage within the mangrove forest ecosystem by combining Sentinel-2A satellite imagery with on-site field measurements. The data analysis findings indicate the presence of six distinct mangrove varieties, namely *R. mucronata*, *A. marina*, *R. apiculata*, *S. alba*, *E. agallocha*, and *C. decandra*. The *R. mucronata* type is the type that dominates the mangrove area with an average carbon amount of 122.1

tonnes/ha. Correlation analysis shows a strong relationship between IKVm and mangrove forest carbon stocks, with a correlation coefficient value of 80%. In the regression model, the power model provides the best equation for estimating carbon stocks with a coefficient of determination value of 64.4% giving a model equation of  $y = 109.51x^{1.2381}$ . Analysis of image carbon reserves obtained the lowest value, namely 0.02-10.46 tonnes/ha which was in the very rare vegetation density type and the highest carbon reserve value was 58.30-59.02 tonnes/ha in the very high density class.

**Key words:** Labuan Tereng; Mangrove; Sentinel-2A; Allometric; Carbon

## PENDAHULUAN

Peningkatan suhu bumi yaitu sebuah permasalahan yang masih dihadapi sampai saat ini, sehingga menyebabkan peningkatan temperatur bumi yang mengakibatkan terjadinya *global warming*. Peningkatan suhu bumi diakibatkan oleh jumlah nilai karbon dioksida yang ada di lapisan udara. Adapun upaya mitigasi untuk mengurangi kandungan CO<sub>2</sub> pada atmosfer ialah dengan menerapkan rancangan *blue carbon* yang dimana memuat tiga ekosistem utama yang berperan pada siklus perputaran karbon di dunia antara lain kawasan mangrove, daerah pasang surut perairan asin, dan padang lamun (Azzahra *et al.*, 2020).

Hutan Mangrove adalah sebuah ekosistem yang tumbuh dan berkembang pada kawasan pantai, dengan keberlangsungan hidup yang dipengaruhi oleh adanya salinitas perairan. Kawasan mangrove/bakau terintegrasi dalam pengelolaan karbon biru pada kawasan pesisir yang berfungsi mencadangkan karbon pada vegetasi mangrove dan endapan sedimentasi (Yaqin *et al.*, 2022). Vegetasi hutan mangrove mampu untuk menampung karbon dalam jumlah 4 gC/thn hingga 112 gC/thn. Emisi pada hutan mangrove yang dilepaskan ke atmosfer tergolong lebih sedikit dibandingkan pada hutan yang ada di daratan, dikarenakan karbon yang tersimpan pada seresah tanaman aquatic tidak dilepaskan ke udara namun tersimpan kedalam tanah. Dengan kapasitas mangrove untuk menyimpan karbon, sehingga dapat membantu untuk mengurangi peningkatan jumlah CO<sub>2</sub> (Purnobasuki, 2012).

Berdasarkan KLHK tahun (2021), Indonesia mempunyai kawasan mangrove seluas 3.364.080 hektar yang tersebar di pulau, Kalimantan, Papua dan Sumatera. Sesuai data pada peta mangrove di Indonesia pada tahun 2021, Provinsi NTB mempunyai kawasan mangrove seluas 10.660 ha. Keadaan kawasan mangrove di NTB mempunyai peluang untuk ditingkatkan, salah satu usaha dalam peningkatan serapan karbon pada hutan mangrove ialah dengan gerakan rehabilitasi (Maulana *et al.*, 2023).

Desa Labuan Tereng termasuk desa yang berada di Kabupaten Lombok Barat yang memiliki kawasan mangrove yang terletak di sekitar Pelabuhan Lembar. Kawasan mangrove Desa Labuan Tereng merupakan salah satu Kawasan Ekosistem Esensial (KEE) yang ditetapkan melalui SK. Bupati Lombok Barat Nomor: 793/14/DLH/2017 (KSDAE, 2018). Kehadiran ekosistem hutan memainkan peran penting dalam mengurangi tingkat karbon dioksida di atmosfer dengan cara memanfaatkan gas CO<sub>2</sub> melalui proses fotosintesis yang dilakukan oleh komunitas tanaman hutan.

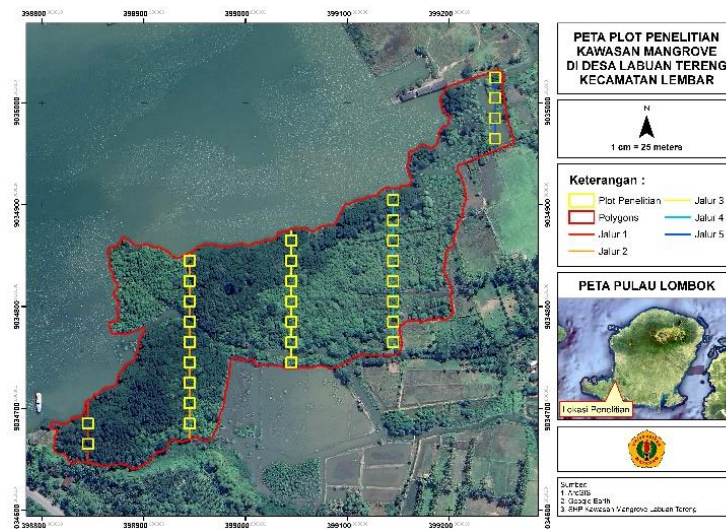
Kajian mengenai analisis simpanan karbon pada kawasan mangrove dengan citra sentinel-2A di Desa Labuan Tereng penting untuk dilakukan mengetahui besarnya kemampuan kawasan hutan mangrove dalam menyerap emisi gas CO<sub>2</sub> di udara dengan menggunakan metode penginderaan jauh dan pengukuran di lapangan, dengan dilakukannya penelitian ini,

dapat membantu dalam upaya manajemen kawasan secara berkesinambungan dan berkaitan dengan penurunan jumlah CO<sub>2</sub> di udara.

## BAHAN DAN METODE

### *Waktu, Kondisi, dan Tempat Penelitian*

Lokasi penelitian ini dilakukan pada kawasan mangrove Labuan Tereng (Gambar 1). Proses pengambilan data membutuhkan waktu selama bulan Juni-Agustus 2023 Kawasan mangrove Labuan Tereng yang di teliti memiliki luas sekitar 6,060 ha.



Gambar 1. Lokasi dan Plot Penelitian

### *Alat dan Bahan Penelitian*

Untuk memudahkan pengambilan data dibutuhkan alat diantaranya ialah alat tulis, *Global Positioning System* (GPS) Garmin eTrex Touch 35, *haga hypsometer*, kamera digital, parang, peta kawasan, pita ukur, *rollmeter*, Software ArcGIS versi 10.8, tali rafia dan *tally sheet*. Bahan utama yang dibutuhkan pada penelitian ini ialah citra Sentinel-2A dan vegetasi mangrove di sekitar Pelabuhan Lembar Desa Labuan Tereng.

### *Pengambilan Data*

Lokasi pengamatan dilakukan pada kawasan mangrove yang ada di Desa Labuan Tereng sekitar Pelabuhan Lembar. Penentuan jalur serta plot sampel ditentukan menggunakan metode sampling dengan model *systematic sampling with random start* dimana jalur dan plot pertama ditempatkan secara acak, selanjutnya jalur dan plot ditempatkan secara berurutan. Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan total jalur sejumlah 5 jalur dengan 30 jumlah plot contoh menggunakan intensitas sampling 5% (Gambar 1).

### *Analisis Data*

Data yang telah dikumpulkan pada lokasi penelitian diolah untuk menghitung jumlah cadangan karbon tegakan dan nilai IKV<sub>m</sub> kemudian digunakan untuk mengetahui keterkaitan nilai IKV<sub>m</sub> dengan cadangan karbon tegakan mangrove Desa Labuan Tereng.

### 1. Karbon Tegakan

Data karbon dikumpulkan melalui pengukuran diameter tegakan mangrove yang ada dalam plot pengamatan (10 m x 10 m) mengacu pada (BSN, 2011) dengan metode non-destructive. Pengukuran dilakukan hanya untuk pohon dengan diameter  $\geq 5$  cm sesuai dengan ciri khas pada tumbuhan mangrove (Imiliyana et al., 2011).

Pengambilan data dilapangan untuk menghitung nilai cadangan karbon atas permukaan, dengan cara menghitung total biomassa menggunakan rumus allometrik berdasarkan spesies yang ditemukan dilapangan (Tabel 1).

Tabel 1. Model Allometrik pada Vegetasi Mangrove

Spesies	Model Allometrik	R <sup>2</sup>	Acuan Pustaka
<i>A. marina</i>	$B = 0,1848 * DBH^{2,3524}$	0.98	(Dharmawan & Siregar, 2008)
<i>C. decandra</i>	$B = 4,70 * LogGCH^{2,41}$	0.97	(Hossain et al., 2012)
<i>E. agallocha</i>	$LogB = 1,0996 * logDBH^2 - 0,8572$	0.99	(Hossain et al., 2015)
<i>R. apiculata</i>	$B = 0,043 * DBH^{2,643}$	0.97	(Amira, 2008)
<i>R. mucronata</i>	$B = 0,1466 * DBH^{2,3136}$	0.94	(Dharmawan, 2013)
<i>S. alba</i>	$B = 0,258 * DBH^{2,287}$	0.92	(Kusmana et al., 2018)

Ket: B = biomassa tumbuhan (ton/ha); dan DBH = diameter pada tinggi dada (cm); dan GCH = keliling pada tinggi dada (cm); dan R<sup>2</sup> = koefisien determinasi

Sesuai dengan total biomassa yang didapatkan dengan rumus allometrik, kemudian dihitung simpanan karbon pada tegakan yaitu sejumlah 47 % dengan rumus berikut (BSN, 2011):

$$C = B \times C_{organik}$$

Keterangan:

C = Simpanan karbon

B = Biomassa total

C<sub>Organik</sub> = Persentase simpanan karbon 47%

### 2. Tahap Pengolahan Citra

Data Sentinel-2A yang akan digunakan adalah daerah yang mencakup lokasi penelitian dengan menggunakan band 8 atau spektrum frekuensi 8 dan band 4 atau spektrum frekuensi 4 untuk menghitung indeks kehijauan vegetasi mangrove (IKV<sub>m</sub>) yang didekati dari NDVI. Prosedur aplikasi penginderaan jarak jauh dalam menganalisis tingkat kehijauan tumbuhan dengan menggunakan spektrum frekuensi inframerah dekat dengan spektrum frekuensi merah (Putri et al., 2018). Berikut rumus persamaan IKV<sub>m</sub>:

$$IKV_m = \frac{(SF_{id} - SF_m)}{(SF_{id} + SF_m)}$$

Keterangan:

- IKV<sub>m</sub> = Indeks Kehijauan Vegetasi Mangrove
- SF<sub>id</sub> = Spektrum Frekuensi Inframerah Dekat (Band 8)
- SF<sub>m</sub> = Spektrum Frekuensi Merah (Band 4)

Produk pada citra IKV<sub>m</sub> mempunyai skor dari -1 hingga 1, jika mendekati skor -1 memperlihatkan lahan basah, sedangkan skor antara 0 memperlihatkan tidak adanya tumbuhan, apabila mendekati skor 1 memperlihatkan keberadaan tumbuhan (Simamarta *et al.*, 2021). Nilai dari Indeks kehijauan vegetasi mengindikasikan tingkat kerapatan vegetasi pada suatu kawasan, kerapatan vegetasi berdasarkan nilai IKV<sub>m</sub> diklasifikasikan menjadi beberapa kelas (Tabel 2).

Tabel 2. Tingkat Kerapatan Mangrove berdasarkan IKV<sub>m</sub>

Tingkat Kerapatan Vegetasi	Nilai IKV <sub>m</sub>
Sangat Tinggi	0.601 – 1.000
Tinggi	0.451 – 0.600
Sedang	0.301 – 0.450
Jarang	0.151 – 0.300
Sangat Jarang	0.001 – 0.150
Tanpa Vegetasi	-1.000 – 0.000

Sumber: Pengolahan Data Primer (2023)

Selanjutnya dilakukan pemotongan citra yang bertujuan untuk menciptakan data citra yang lebih spesifik dengan lokasi penelitian, supaya data peta lebih sedikit dan meringankan kinerja komputer pada saat mengolah data (Nuraini *et al.*, 2022). Dalam pemerosesan citra Sentinel-2A mencakup klasifikasi koreksi atmosfer yang diterapkan pada produk *orthoimage* dan produk reflektansi terkoreksi (European Space Agency, 2015). Pada penelitian yang dilakukan Oktaviani & Kusuma (2017) dijelaskan bahwa citra Sentinel-2A telah terkoreksi geometrik dan radiometrik secara sistematis yang dilakukan oleh pihak Sentinel.

### 3. Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan dalam mencari nilai sebuah variabel sesuai dengan data variabel yang lain, dimana nilai karbon sebagai variabel terikat berlandaskan Nilai IKV<sub>m</sub> sebagai variabel bebas pada persamaan linear (Karmila *et al.*, 2020). Dalam Farida & Ponisri (2022) besar atau kecilnya pengaruh sebuah variabel diketahui melalui nilai dari koefisien korelasi (r). Koefisien korelasi diformulasikan melalui rumus sebagai berikut:

$$r = \frac{n\sum IKV_m C - (\sum IKV_m)(\sum C)}{\sqrt{(n\sum IKV_m^2 - (\sum IKV_m)^2)(n\sum C^2 - (\sum C)^2)}}$$

Hubungan antara 2 variabel antara indeks kehijauan vegetasi mangrove dan simpanan karbon sehingga menciptakan sebuah rumus  $y = a + bx$  yang didapatkan dari persamaan regresi linear sederhana. yang bisa didapatkan dengan persamaan dibawah:

$$a = \frac{(\sum IKV_m)(\sum IKV_m^2) - (\sum IKV_m)(\sum IKV_m C)}{n\sum IKV_m^2 - (\sum IKV_m)^2}$$

$$b = \frac{n\sum IKV_m C - (\sum IKV_m)(\sum C)}{n\sum IKV_m^2 - (\sum IKV_m)^2}$$

Keterangan:

IKV<sub>m</sub> = Nilai indeks kehijauan vegetasi mangrove

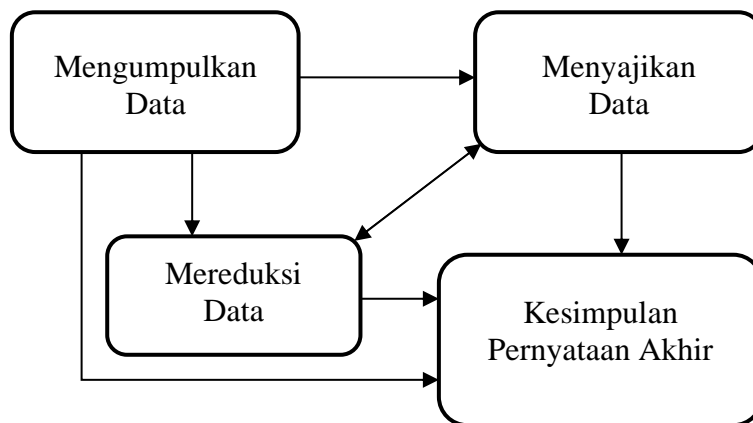
C = Nilai karbon

n = Jumlah plot sampel

r = Koefisien korelasi

4. Analisis Deskriptif

Pada penelitian model kualitatif, konsep, kategori, serta deskripsi dianalisis sesuai dengan kejadian yang ditemukan di lapangan. Oleh karena itu, proses pengumpulan data dan analisis data selalu berkaitan tidak bisa di pisahkan. Kedua data tersebut berlangsung secara bersamaan, prosesnya berupa siklus dan interaktif, bukan linier. Menurut Miles & Huberman (1992) *cit* Rijali (2018) analisis data terbagi dalam 3 proses aktivitas yang akan berlangsung bersamaan ialah: pemilahan data, penguraian data, dan pengambilan kesimpulan akhir.



Gambar 2. Proses Mengalissais Data Kualitatif

Pada gambar tersebut menunjukkan perilaku yang saling terkait antara analisis data dan pengumpulan data. Pengumpulan data merupakan elemen fundamental dalam bidang kegiatan analisis data. Data yang sudah di analisis kemudian disimpulkan dengan mereduksi data, kemudian menyeleksi data dalam dasar rancangan terentu, kategori tertentu, dan topik tertentu.

Hasil reduksi kemudian dikembangkan untuk mendapatkan kesimpulan akhir, baik dalam bentuk sketsa, sinopsis, matriks, dan lain-lain. Hal tersebut sangat membantu dalam pemaparan atau proses pengambilan kesimpulan akhir.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Desa Labuan Tereng merupakan desa pesisir yang secara administrasi terletak di Kabupaten Lombok Barat. Kawasan mangrove di Desa Labuan Tereng yang mempunyai luas keseluruhan sebesar 75,00 ha. Desa Labuan Tereng terletak 8°44'18.6"S dan 116°05'13.7"E yang bersebelahan dengan Desa Jembatan Kembar Timur di bagian timur, kemudian bersebelahan dengan Desa Sekotong Timur di bagian selatan, bersebelahan dengan Desa Eyat Mayang di bagian barat, dan bersebelahan dengan Desa Lembar Selatan di bagian utara.

### Struktur Komunitas Ekosistem Mangrove

Mangrove yang ada di Labuhan Lembar Desa Labuan Tereng ditemukan 6 spesies mangrove pada 5 stasiun pengamatan, Keenam spesies mangrove yang ditemukan yaitu *A. marina*, *C. decandra*, *E. agallocha*, *R. apiculata*, *R. mucronata*, dan *S. alba*. Selanjutnya untuk mengidentifikasi setiap jenis mangrove yang ditemukan dengan memperhatikan karakteristik unik yang dimiliki oleh masing-masing jenis, termasuk bentuk daun, akar, buah, dan bunga. Informasi mengenai komposisi jenis vegetasi mangrove pada stasiun pengamatan (Tabel 3).

Tabel 3. Spesies Mangrove Labuan Tereng

Spesies	Stasiun				
	I	II	III	IV	V
<i>A. marina</i>	-	√	√	√	√
<i>C. decandra</i>	-	-	√	√	√
<i>E. agallocha</i>	-	-	√	√	√
<i>R. apiculata</i>	-	√	√	√	√
<i>R. mucronata</i>	√	√	√	√	√
<i>S. alba</i>	-	√	√	√	√

Keterangan: √ = ditemukan, - = tidak ditemukan

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, mangrove jenis *R. mucronata* dan *A. marina* menjadi jenis yang dominan ditemukan pada kawasan mangrove Desa Labuan Tereng. Tingginya keberadaan spesies *R. mucronata* dan *A. marina* pada stasiun pengamatan, disebabkan kawasan mangrove Desa Labuan Tereng mempunyai jenis substrat berlumpur yang dapat mendukung perkembangan mangrove. Menurut Noor *et al.* (2006) menyatakan bahwa jenis *R. mucronata* dan *A. marina* berkembang dan tumbuh dengan baik pada jenis substrat berlumpur.

### Cadangan Karbon Hutan Mangrove

Kandungan karbon dapat menerangkan tingkat kemampuan tanaman dalam menyerap CO<sub>2</sub> di udara. CO<sub>2</sub> yang diserap dimanfaatkan sebagai energi bagi proses fisiologi tumbuhan, dan separuhnya akan menjadi bagian tumbuhan itu sendiri. Cadangan karbon dapat dihitung dari jumlah total biomassa vegetasi dalam area hutan mangrove menggunakan persamaan allometric yang menggabungkan koefisien a dan b yang tertera dalam Tabel 1.

#### 1. Cadangan Karbon Spesies Mangrove

Informasi mengenai cadangan karbon untuk masing-masing jenis pohon mangrove di Desa Labuan Tereng tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Cadangan Karbon Spesies Mangrove

Spesies	Stasiun					Rata-rata
	I	II	III	IV	V	
<i>A. marina</i>		95.4	130.8	163.8	38.7	85.7
<i>C. decandra</i>			2.1	1.6	3.7	1.5
<i>E. agallocha</i>			11.6	40.2	24.1	15.2
<i>R. apiculata</i>		61.8	31.6	28.4	4.1	25.2
<i>R. mucronata</i>	115.4	307.3	110.7	75.0	2.1	122.1
<i>S. alba</i>		27.8	39.6	39.8	4.3	22.3

Sumber: Pengolahan Data Primer (2023)

Hasil dari perhitungan yang dilakukan, pada Tabel 4 didapatkan jumlah karbon tertinggi pada jenis *R. mucronata* dengan rata-rata 122.1 ton/ha dan jenis *A. marina* rata-rata sebesar 85.7 ton/ha. Dapat disimpulkan bahwa pada kawasan mangrove Desa Labuan Tereng didominasi oleh tegakan *R. mucronata* dan *A. marina*. Hasil perhitungan yang didapatkan sejalan dengan Kasi *et al.* (2015) dan Valentino (2017) yang mengungkapkan bahwa jenis *A. marina* dan *R. mucronata* adalah jenis yang umum dijumpai di sepanjang wilayah Indonesia.

## 2. Total Cadangan Karbon Tegakan Hutan Mangrove

Tabel 5. Total Cadangan Karbon Tegakan Mangrove

Stasiun	Cadangan Karbon (ton/ha)	Serapan CO <sub>2</sub> (ton/ha)	Produksi O <sub>2</sub> (ton/ha)
1	115.4	423.3	307.8
2	492.2	1804.8	1312.6
3	326.4	1196.8	870.4
4	348.9	1279.2	930.3
5	76.9	282.1	205.2
<b>Total</b>	<b>1359.9</b>	<b>4986.2</b>	<b>3626.3</b>

Sumber: Pengolahan Data Primer (2023)

Berdasarkan perhitungan data yang dilakukan, pada Tabel 5 didapatkan total cadangan karbon sebesar 1359.9 ton/ha. Jumlah karbon tertinggi didapatkan pada stasiun 2 sebesar 492.2 ton/ha sedangkan untuk jumlah karbon terendah didapatkan pada stasiun 5 dengan jumlah 76.9 ton/ha. Tinggi dan rendahnya cadangan karbon di setiap stasiun dipengaruhi oleh jumlah vegetasi pada plot sampel. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wijayanto & Prasetyo (2021) bahwa semakin padat suatu vegetasi, semakin besar potensi energi yang terakumulasi di suatu lahan. Diameter dan tinggi pohon juga berpengaruh terhadap jumlah biomassa dan karbon yang disimpan.

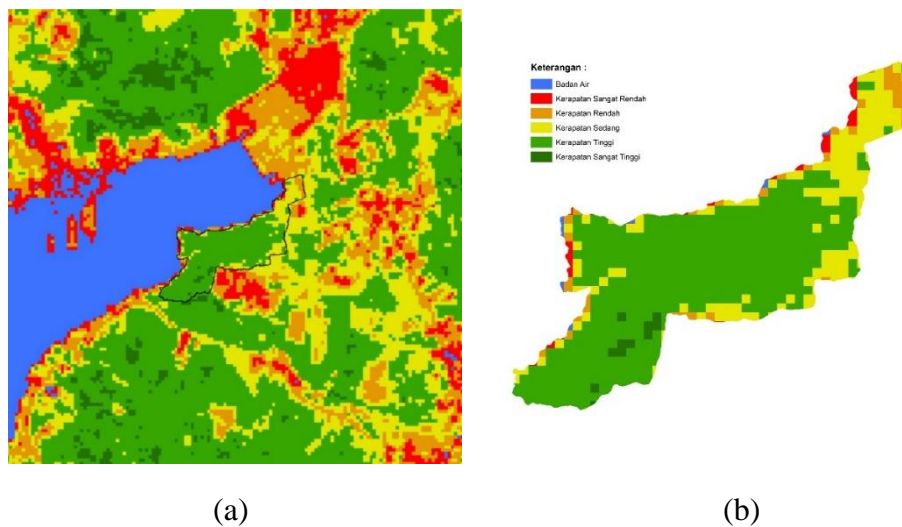
Total CO<sub>2</sub> yang bisa diserap oleh vegetasi mangrove Labuan Tereng sebesar 4986.2 ton/ha dengan tingkat produksi Oksigen sejumlah 3626.3 ton/ha. Pada ekosistem hutan memiliki kandungan karbon yang bervariasi. Hal ini dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kerapatan vegetasi, oleh sebab itu kawasan hutan adalah salah satu kawasan yang paling efektif dalam menyerap CO<sub>2</sub>.



*Hasil Pengolahan Citra*

Hasil pengolahan  $IKV_m$  menunjukkan bahwa kawasan mangrove Desa Labuan Tereng memiliki nilai  $IKV_m$  -0.120 sampai 0.607. Semakin mendekati nilai 1 maka kondisi vegetasi tersebut memiliki tingkat kerapatan vegetasi yang tinggi. Klasifikasi citra adalah tahap dimana semua piksel dalam citra yang terkandung dalam saluran citra tersebut dikelompokkan ke dalam berbagai kelas sesuai kriteria objek tertentu, sehingga menciptakan peta tematik yang berupa data raster. (Derajat *et al.*, 2020).

Pemotongan citra dilakukan untuk lebih berfokus ke lokasi penelitian yaitu kawasan mangrove Desa Labuan Tereng. Pemotongan citra dibuat menggunakan ArcGIS berdasarkan dengan SHP kawasan lokasi penelitian.



Gambar 3. Tanpa pemotongan (a), dengan pemotongan (b)

Pada data nilai indeks kehijauan vegetasi mangrove tanpa dilakukan pemotongan dan dengan dilakukan pemotongan memiliki warna yang berbeda-beda sesuai dengan kelas kerapatan yang bisa dilihat pada Gambar 3. Secara visual dapat disimpulkan bahwa kawasan mangrove Desa Labuan Tereng dominan memiliki kerapatan yang tinggi. Dalam proses pemotongan citra, sebelum dan setelah dilakukan pemotongan memiliki ukuran peta yang berbeda dikarenakan perubahan skala peta yang digunakan, data citra sebelum dilakukan pemotongan memiliki cakupan peta yang lebih luas karena memiliki skala yang lebih besar dengan nilai skala 1:8.000 yang artinya 1cm pada peta setara dengan 8.000cm pada dunia nyata, sedangkan setelah dilakukan pemotongan memiliki cakupan peta yang lebih sedikit karena memiliki skala yang lebih kecil dengan nilai skala 1:2.500 yang artinya 1cm pada peta setara dengan 2.500cm pada dunia nyata. Semakin kecil skala suatu peta, maka data yang ditampilkan juga akan semakin kompleks.

Tabel 5. Persentase Kerapatan Vegetasi Mangrove

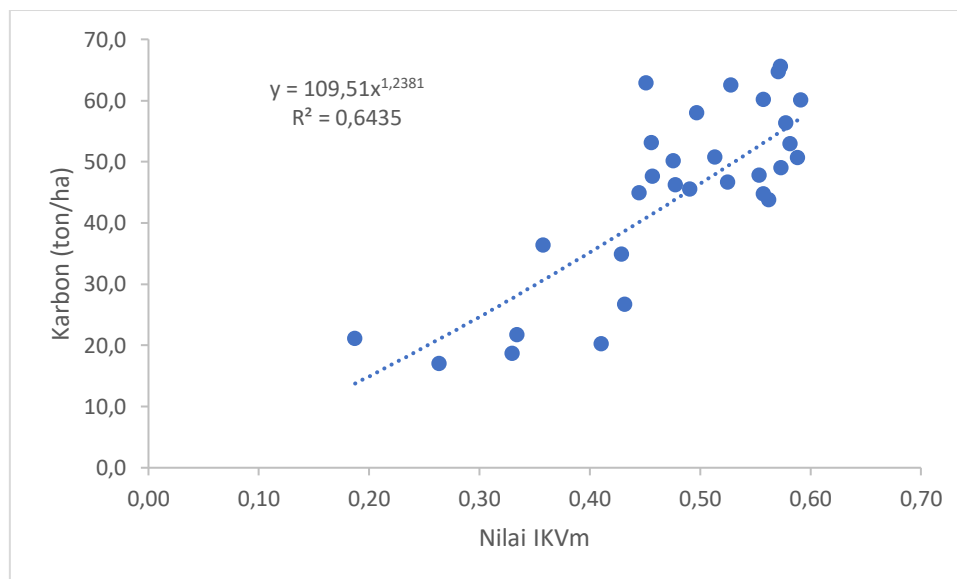
Tingkat Kerapatan Vegetasi	Nilai IKV <sub>m</sub>	Luas Area (ha)	Persentase (%)
Sangat Tinggi	0.601 – 1.000	0.027	0.4%
Tinggi	0.451 – 0.600	0.097	1.6%
Sedang	0.301 – 0.450	0.266	4.4%
Rendah	0.151 – 0.300	1.190	19.6%
Sangat Rendah	0.001 – 0.150	4.377	72.2%
Tanpa Vegetasi	-1.000 – 0.000	0.102	1.7%
<b>Total</b>	<b>-1.000 – 1.000</b>	<b>6.060</b>	<b>100%</b>

Sumber: Pengolahan Data Primer (2023)

Berdasarkan hasil perhitungan data Nilai IKV<sub>m</sub> didapatkan persentase nilai kerapatan pada kawasan mangrove Desa Labuan Tereng yang didominasi oleh tingkat kerapatan yang tinggi seluas 4.377 ha dengan persentase 72.2%. Dari data hasil analisis nilai IKV<sub>m</sub> dapat disimpulkan bahwa kawasan mangrove Desa Labuan Tereng memiliki tingkat kerapatan vegetasi yang tinggi, hal ini juga sesuai dengan peta hasil nilai indeks vegetasi pada Gambar 3. tingginya nilai suatu IKV<sub>m</sub> kawasan menggambarkan nilai kerapatan vegetasi yang tinggi (Kawamuna *et al.*, 2017).

#### Hubungan Cadangan Karbon Tegakan dengan Nilai IKV<sub>m</sub>

Analisis korelasi dimanfaatkan untuk menilai sejauh mana hubungan antar variable dengan rentang nilai berkisar antara -1 dan 1. Dalam penelitian ini, parameter yang dianalisis terdiri dari nilai IKV<sub>m</sub> dan cadangan karbon dalam setiap sampel. Sementara analisis regresi dilakukan untuk menilai sejauh mana parameter independen dapat menjelaskan perubahan dalam parameter terikat. Pada penelitian ini, peubah bebas adalah nilai IKV<sub>m</sub> yang didapatkan, sementara peubah terikat ialah nilai cadangan karbon dalam setiap plot sampel.



Gambar 4. Diagram Korelasi Nilai IKV<sub>m</sub> dan Cadangan Karbon

Tabel 6. Model Penduga Simpanan Karbon

Regresi	Model Persamaan Regresi	R <sup>2</sup>
Exponential	$y = 9.0367e^{3.232x}$	0.617
Linear	$y = 114.12x - 9.2672$	0.643
Logaritmik	$y = 43.293\ln(x) + 78.494$	0.608
Polynomial	$y = 13.585x^2 + 102.62x - 7.0128$	0.643
Power	$y = 109.51x^{1.2381}$	0.644

Ket: y = Nilai karbon; x = Nilai IKV<sub>m</sub>; dan R<sup>2</sup> = Koefisien determinasi

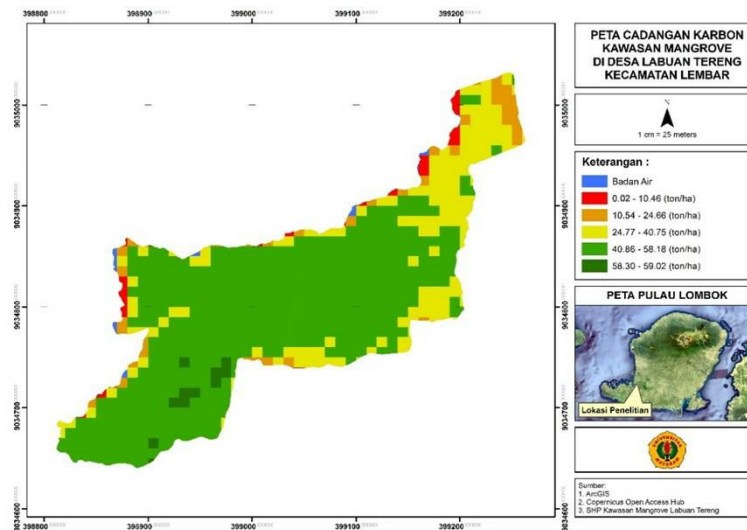
Dari hasil perhitungan yang dilakukan didapatkan nilai koefisien korelasi 0.802 yang menampilkan tingkat hubungan yang sangat kuat antara nilai IKV<sub>m</sub> dengan cadangan karbon. Hal ini mengacu pada Sanny & Dewi (2020) Nilai koefisien korelasi 0.80 – 1.00 menunjukkan nilai yang sangat kuat. Pada Gambar 4 menunjukkan persamaan regresi  $y = 109.51x^{1.2381}$  dan koefisien determinasinya R<sup>2</sup> = 0,664. Mengacu pada Hair *et al.* (2011) menjelaskan bahwa nilai koefisien determinasi terbagi menjadi 3 kategori yaitu, kategori kuat ( $\geq 0,75$ ), kategori sedang ( $\geq 0,50$ ), dan kategori lemah ( $\geq 0,25$ ). Dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,644 menunjukkan bahwa pengaruh nilai IKV<sub>m</sub> terhadap nilai cadangan karbon termasuk dalam kategori sedang karena memiliki nilai di atas atas 0,50 dan di bawah 0,75.

Dari perhitungan regresi yang telah dilakukan didapatkan beberapa model regresi dengan nilai koefisien determinasi yang beragam dengan rentang 0.60 – 0.64 yang dapat dilihat pada Tabel 6. Persamaan regresi model power menunjukkan persamaan dengan nilai R<sup>2</sup> yang tertinggi yaitu 0.644, ini menunjukkan bahwa IKV<sub>m</sub> dapat menentukan nilai karbon sebesar 64,4% dan 35.6% sisanya ditentukan oleh variabel lain. Variabel lain yang mempengaruhi simpanan karbon ini mencakup semua faktor lain yang tidak disertakan dalam model analisis. Variabel-variabel ini dapat mencakup faktor-faktor lingkungan lainnya, seperti tinggi pasang surut, jenis tanah, suhu, kelembaban, dan banyak faktor lain yang dapat memengaruhi simpanan karbon kawasan mangrove Desa Labuan Tereng.

Mengacu pada penelitian yang terdahulu, nilai R<sup>2</sup> yang didapatkan lebih besar jika dibandingkan dengan Albasit *et al.* (2022), yang melakukan penelitian dengan menggunakan persamaan regresi linear dengan citra Sentinel-2 menghasilkan hubungan yang sangat lemah dengan nilai R<sup>2</sup> hanya sebesar 0.06. jika dibandingkan dengan penelitian Muhsoni *et al.* (2018), nilai R<sup>2</sup> yang didapatkan lebih rendah dengan nilai R<sup>2</sup> mencapai 0.869 menggunakan metode regresi non-linear untuk nilai IKV<sub>m</sub> dan cadangan karbon dengan citra Sentinel-2.

Nilai R<sup>2</sup> yang didapatkan dalam penelitian ini sebesar 0.64 dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti, kompleksitas hutan mangrove, keterbatasan resolusi citra satelit dalam pemetaan, dan pergeseran penempatan GPS sekitar 3-10 meter akibat vegetasi yang menghalangi saat menetapkan titik koordinat (Wicaksono *et al.*, 2011). Kompleksitas kawasan mangrove Labuan Tereng, yang melibatkan faktor-faktor seperti komposisi spesies, usia mangrove, kondisi substrat, kesehatan, kepadatan, dan aspek biofisik lainnya, serta resolusi citra Sentinel-2A yang bersifat sedang, sehingga menyebabkan terbatasnya hubungan antara nilai IKV<sub>m</sub> dengan cadangan karbon mangrove. Penelitian Anggoro *et al.* (2017) yang menyebutkan bahwa ketidak-akuratan disebabkan oleh tingkat resolusi citra dan kompleksitas habitat. Nilai indeks kehijauan vegetasi mendekati 1 mengindikasikan area dengan vegetasi

yang rapat. Namun tingginya nilai  $IKV_m$  tidak selalu menunjukkan bahwa objek tersebut merupakan mangrove yang padat (Prasetyo et al., 2023).



Gambar 5. Peta Estimasi Cadangan Karbon Citra

Dari hasil korelasi dan regresi nilai  $IKV_m$  dan cadangan karbon yang telah dilakukan memiliki tingkat nilai hubungan yang positif, didapatkan model persamaan regresi yang terbaik yaitu model power dimana  $y = 109.51x^{1.2381}$  dengan nilai koefisien determinasi 64.4%. Dengan persamaan regresi yang didapatkan, bisa digunakan untuk mengestimasi nilai cadangan karbon melalui citra dengan  $IKV_m$ . Dapat dihitung nilai cadangan karbon pada setiap kelas kerapatan indeks vegetasi yang di cantumkan pada Tabel 2. Dari hasil perhitungan yang dilakukan didapatkan estimasi cadangan karbon terendah yaitu 0.02-10.46 ton/ha berada pada kelas kerapatan yang sangat jarang, sedangkan nilai cadangan karbon tertinggi yang didapatkan sekitar 58.30-59.02 ton/ha berada pada kelas kerapatan yang sangat tinggi. Sesuai dengan hasil estimasi karbon citra yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kerapatan suatu vegetasi, maka semakin tinggi nilai cadangan karbon yang didapatkan,, hal ini mengindikasikan bahwa nilai cadangan karbon berbanding lurus dengan kelas kerapatan vegetasi.

## KESIMPULAN

Besarnya cadangan karbon tegakan spesies didapatkan nilai karbon tertinggi pada jenis *R. mucronata*  $\pm 122.1$  ton/ha dan jenis *A. marina*  $\pm 85.7$  ton/ha, sedangkan nilai karbon terendah didapatkan pada jenis *C. decandra*  $\pm 1.5$  ton/ha. Untuk total cadangan karbon kawasan mangrove Desa Labuan Tereng didapatkan sebesar 1359.9 ton/ha.

Dari pengolahan data citra didapatkan hasil persebaran  $IKV_m$  dengan nilai terendah yaitu -0.120 dan tertinggi sebesar 0.607. Sesuai dengan data persebaran  $IKV_m$  kawasan mangrove labuan tereng di dominasi oleh kerapatan vegetasi yang tinggi sebesar 72.2% dari total luas kawasan mangrove. Hasil analisis korelasi dan regresi nilai  $IKV_m$  dengan cadangan karbon tegakan memiliki nilai  $r = 0.802$  dan didapatkan model regresi terbaik untuk model power dengan persamaan  $y = 109.51x^{1.2381}$  yang memiliki  $R^2 = 0.64\%$ , hal ini menerangkan

bahwa kedua variable tersebut memiliki tingkat hubungan moderate. Dari hasil yang didapatkan bisa disimpulkan bahwa  $IKV_m$  dapat menentukan nilai cadangan karbon sebesar 64,4% dan 35.6% sisanya ditentukan oleh variabel lain.

Hasil perhitungan korelasi dan regresi menunjukkan tingkat hubungan yang positif sehingga persamaan regresi yang didapatkan bisa digunakan untuk menghitung cadangan karbon yang ada pada Kawasan mangrove Desa Labuan Tereng, data citra  $IKV_m$  dapat digunakan dalam menduga cadangan karbon kawasan mangrove Desa Labuan Tereng. Dari hasil perhitungan dengan persamaan regresi menghasilkan jumlah nilai cadangan karbon terendah yaitu 0.02-10.46 ton/ha yang berada pada kerapatan vegetasi sangat jarang dan nilai cadangan karbon tertinggi sebesar 58.30-59.02 ton/ha pada kerapatan vegetasi sangat tinggi.

### Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan penghargaan sebesar-besarnya kepada keluarga, dosen pembimbing atas dukungannya dan bimbingan selama proses penelitian ini dilakukan. penghargaan yang setinggi-tingginya juga kepada kepada teman-teman Angkatan 2019 Prodi Kehutanan UNRAM khususnya Nurfadillah yang membantu saat proses pengambilan data di lapangan hingga terselesainya penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Albasit, L.Z., Pribadi, R., & Pramesti, R. 2022. Estimasi stok karbon mangrove pasca rehabilitasi di desa kaliwlingi, brebes menggunakan citra sentinel-2. *Journal of Marine Research*. 11(4): 620-640. DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.31734>
- Amira, S. 2008. Pendugaan biomassa jenis *Rhizophora apiculata* bi di hutan mangrove batu ampar kabupaten kubu raya, Kalimantan Barat. *Skripsi Fakultas Kehutanan Institute Pertanian Bogor*, Bogor. DOI: <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/50332>
- Anggoro, A., Siregar, V.C., & Agus, S.B. 2017. Klasifikasi multiskala untuk pemetaan zona geomorfologi dan habitat bentik menggunakan metode obia di pulau pari (multiscale classification for geomorphic zone and benthic habitats mapping using obia method in pari island). *Jurnal Penginderaan Jauh*. 14(2): 76-89. DOI: <http://dx.doi.org/10.30536/j.pjpdcd.1017.v14.a2622>
- 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: <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2020.004.02.15>
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2011. Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon – Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting). Badan Standarisasi Nasional: Jakarta. SNI 7724:2011. WEB: <https://bsilhk.menlhk.go.id/standarlhk/wp-content/uploads/2022/08/16-SNI-7724-2011.pdf>
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2011. Tentang survei dan pemetaan mangrove. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta. SNI 7724:2011. WEB: [https://www.academia.edu/34142909/SNI\\_7717\\_2011](https://www.academia.edu/34142909/SNI_7717_2011)
- [DIRJEN KSDAE] Direktorat Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. 2018. Laporan

- kinerja 2017. Jakarta. Direktorat Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. WEB: <https://ksdae.menlhk.go.id/assets/publikasi/LKj%20Ditjen%20KSDAE%202018.pdf>
- Derajat, R. M. *et al.* 2020. Klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra landsat 8 operational land imager (oli) di kecamatan pangandaran. *Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*. 03(01): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.33059/jsg.v3i1.1985>
- Dharmawan, I W. S. & Siregar, A. 2008. Karbon tanah dan pendugaan karbon tegakan *Avicennia maritima* (forsk.) vierh. di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 5(4): 317-328. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/319248471>
- Dharmawan, I W. S. 2010. Pendugaan biomasa karbon di atas tanah pada tegakan *Rhizophora mucronata* di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 15(1): 50-56. DOI: <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/71526>
- European Space Agency. 2015. *Sentinel-2 user handbook*. ESA Standard Document. 1-64. Web: [https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/document-library/-/asset\\_publisher/xlslt4309D5h/content/sentinel-2-user-handbook](https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/document-library/-/asset_publisher/xlslt4309D5h/content/sentinel-2-user-handbook)
- Farida, A. & Ponisri, P. 2022. Potensi cadangan karbon pada pohon dengan penginderaan jauh di KPHP Kabupaten Sorong. *Jurnal Green Growth dan Manajemen Lingkungan*. 12(1): 54-65. DOI: <https://doi.org/10.21009/10.21009.v12i1.04>
- Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. 2011. PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice*. 19(2): 139–151. DOI: <https://doi.org/10.2753/MTP1069-6679190202>
- Hossain, M., Siddique, Bose, A., Limon, S. H., Chowdhury, M. R. K. C., & Saha, S. 2012. Allometry, above-ground biomass and nutrient distribution in *Ceriops decandra* (griffith) dominated forest types of the sundarbans mangrove forest, Bangladesh. *Wetlands Ecology and Management*. 20: 539-548. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11273-012-9274-2>
- Hossain, M., Siddique, M. R. H., Saha, S., & Abdullah, S. M. R. 2015. Allometric models for biomass, nutrients and carbon stock in *Excoecaria agallocha* of the Sundarbans, Bangladesh. *Wetlands Ecology and Management*. 23: 765-774. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11273-015-9419-1>
- Imiliyana, A., Muryono, M., & Purnobasuki H. 2011. Estimasi stok karbon pada tegakan pohon *Rhizophora stylosa* di pantai Camplong, Sampang-Madura. *Institut Teknologi Sepuluh November*. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/257957226>
- Karmila, D., Jauhari, A., & Kanti, R. 2020. Estimasi nilai cadangan karbon menggunakan analisis ndvi (normalized difference vegetation index) di KHDTK Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal Sylva Scientiae*. 3(3): 451-459. DOI: <https://doi.org/10.20527/jss.v3i3.2178>
- Kasi, Y. A., Posangi, J., Wowor P. M., & Bara, R. 2015. Uji efek antibakteri jamur endofit daun mangrove *Avicennia marina* terhadap bakteri uji *Staphylococcus aureus* dan *Shigella dysenteriae*. *Jurnal e-Biomedik (eBm)*. 3(1): 112-117. DOI: <https://doi.org/10.35790/ebm.v3i1.6632>

- Kawamuna, A., Suprayogi, A., dan Wijaya, A. P. 2017. Analisis kesehatan hutan mangrove berdasarkan metode klasifikasi NDVI pada citra sentinel-2. *Jurnal Geodesi Undip*. 6(1): 227-284. DOI: <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.15439>
- Kusmana, C., Hidayat, T., Tiryana, T., Rusdiana, O., & Istomo. 2018. Allometric models for above and below ground biomass of *Sonneratia spp.* *Global Ecology and Conservation*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00417>
- Maulana, R., Idris M. H., & Padusung. 2023. Struktur vegetasi dan pendugaan cadangan karbon pada hutan mangrove di Desa Labuhan Bajo Kabupaten Sumbawa. *Universitas Mataram Repository*. URI: <http://eprints.unram.ac.id/id/eprint/34617>
- Muhsoni, F. F. 2015. Estimation of mangrove carbon stock with hybrid method using image sentinel-2. *International Journal of GEOMATE*. 15(49): 185-192. DOI: <https://doi.org/10.21660/2018.49.52661>
- Noor, R. Y., Khazali M., & Suryadiputra, I. N. N. 2006. *Panduan pengenalan mangrove di indonesia*. Bogor: PHKA/WI-IP. WEB: <https://indonesia.wetlands.org/id/publikasi/panduan-pengenalan-mangrove-di-indonesia/>
- Nuraini, N. F., Karang, I. W. G. A., & Putra, I. N. G. 2022. Estimasi stok karbon di atas permukaan menggunakan citra sentinel-1a di hutan mangrove Karang Sewu, Bali. *Journal Of Marine Research and Technology*. 5(1), 21-28. DOI: <https://doi.org/10.24843/JMRT.2022.v05.i01.p05>
- Oktavia, N. & Kusuma H. A. 2017. Pengenalan citra satelit sentinel-2 untuk pemetaan kelautan. *Oseana*. 8(3): 40-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.14203/oseana.2017.Vol.42No.3.84>
- Prasetyo, A. R., Valentino, N., & Hadi, M. A. 2023. Identifikasi sebaran spasial dan kerapatan mangrove Gili Lawang menggunakan citra landsat 9 OLI-2/TIRS-2. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*. 9(2): 215-225. DOI: <https://doi.org/10.29303/jstl.v9i2.450>
- Purnama, M., Pribadi, R., & Soenardjo, N. 2020. Analisa tutupan kanopi mangrove dengan metode hemispherical photography di Desa Betahwalang, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*. 9(3): 317-325. DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27577>
- Purnobasuki, H. 2012. Pemanfaatan hutan mangrove sebagai penyimpan karbon. *Buletin PSL Universitas Surabaya*. 3(5): 1-6. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/236846548>
- Putri, D. R., Sukmono A., & Sudarsono B. 2018. Analisis kombinasi citra sentinel-1a dan citra sentinel-2a untuk klasifikasi tutupan lahan (Studi Kasus: Kabupaten Demak, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*. 7(2): 85-96. DOI: <https://doi.org/10.14710/jgundip.2018.20660>
- Rijali, A. 2018. Analisis data kualitatif. Alhadharah. *Jurnal Ilmu Dakwah*. 17(33): 81-95. DOI: <https://doi.org/10.18592/alhadharah.v17i33.2374>
- Sanny, D. I. & Dewi, R. K. 2020. Pengaruh net interest margin (NIM) terhadap return on asset (ROA) pada pt bank pembangunan daerah jawa barat dan banten tbk periode 2013- 2017. *Jurnal Ekonomi-Bisni*. 4(1): 78-87. DOI: <https://doi.org/10.37339/e-bis.v4i1.239>
- Simamarta, N. *et al.* 2021. Analisis tranformasi indeks NDVI, NDWI, dan SAVI untuk indentifikasi kerapatan vegetasi mangrove menggunakan citra sentinel di pesisir timur

- Provinsi Lampung. *Jurnal Geografi*. 19(2): 69-79. DOI: <https://doi.org/10.26740/jggp.v19n2.p69-79>
- Valentino, N. 2017. Taksonomi numerik berbasis karakter morfologi pada famili *Rhizophoraceae* di ekosistem mangrove. Tesis Program Studi Silvikultur Tropika Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor. DOI: <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/92047>
- Wicaksonon, P., Harjo, H., Danoedoro, P., dan Nehren, U. M. 2011. Preliminary work of mangrove ecosystem carbon stock mapping in small island using remote sensing: above and below ground carbon stock mapping on medium resolution satellite. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. 11(4): 620–640. DOI: <http://dx.doi.org/10.1117/12.897926>
- Yaqin, N., Rizkiyah, M., Putra, E. A., Suryanti, S., & Febrianto, S. 2022. Estimasi serapan karbon pada kawasan mangrove tapak di desa tugurejo semarang. *Buletin Oseanografi Marina*. 11(1): 19-29. DOI: <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i1.38256>