

Pengaruh Hubungan Indeks Vegetasi Dengan Biomassa Mangrove Di Desa Margasari kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur

The Influence of the Relationship between Vegetation Index and Mangrove Biomass in Margasari Village, Labuhan Maringgai District, East Lampung Regency

Bima Arif Hidayah¹⁾, Rudi Hilmanto²⁾, Trio Santoso³⁾, Arief Darmawan⁴⁾

¹⁾bimaarhida19@gmail.com

²⁾rudi.hilmanto@fp.unila.ac.id

³⁾trio.santoso1003@fp.unila.ac.id

⁴⁾arief.darmawan@fp.unila.ac.id

Alamat Korespondensi: Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Unila
Jl Sumantri Brojonegoro, Gedung Meneng, Bandar Lampung, 35145

Intisari — Mangrove adalah komunitas tumbuhan yang hidup di daerah pasang surut air laut di pantai tropis yang mampu tumbuh di perairan asin dan payau. Estimasi karbon yang tersimpan pada hutan mangrove dapat diketahui melalui perhitungan besaran biomassa tanaman. Biomassa tanaman dapat diketahui dengan cara non-destructive dengan memanfaatkan indeks NDVI. Tujuan dari penelitian ini adalah Mencari hubungan antara indeks vegetasi dengan stok karbon di Desa Margasari metode yang dilakukan adalah Observasi lapangan dengan menggunakan Purposive sampling, Perhitungan data menggunakan persamaan allometrik. Penentuan biomassa mangrove menggunakan data lapangan selanjutnya ditransformasikan dengan formula NDVI. Analisis korelasi dilakukan sebelum menggunakan persamaan regresi *Estimation Curve* digunakan untuk melihat hubungan stok karbon dan indeks. Hasil yang ditemukan yaitu total biomassa dilapangan sebesar 16.481.993 kg. Hasil analisis citra menggunakan indeks vegetasi NDVI yaitu dengan kerapatan -1,0 – 0,03 Tidak ada vegetasi, 0,03 – 0,15 Vegetasi sangat rendah, 0,15 – 0,25 Vegetasi rendah, 0,25 – 0,35 vegetasi sedang, 0,35 – 1,0 vegetasi tinggi, dengan analisis hubungan hasil dari *Estimation curve* yaitu Linier dengan R Square 0.472 dan cubic 0.704 R Square. Hubungan terbaik antara NDVI dan stok karbon diperoleh dari model kubik dengan nilai R^2 sebesar 0,704, menunjukkan korelasi yang cukup kuat

Keywords: Biomass, Mangrove, Landsat Imagery, Vegetation Index

Abstract — Mangroves are plant communities that thrive in intertidal coastal zones of tropical regions and are capable of growing in saline and brackish water environments. The estimation of stored carbon in mangrove forests can be determined through biomass measurements. Plant biomass can be estimated using non-destructive methods by utilizing vegetation indices such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The objective of this study is to examine the relationship between vegetation indices and carbon stock in the mangrove area of Margasari Village. The methodology involved field observations using purposive sampling, with biomass estimation based on allometric equations. Field-based mangrove biomass data were then transformed using the NDVI formula. A correlation analysis was conducted prior to applying regression analysis. The Estimation Curve method was used to assess the relationship between carbon stock and vegetation index. The results showed that the total biomass in the field was 16,481,993 kg. NDVI analysis indicated vegetation density categories as follows: -1.0 to 0.03 (no vegetation), 0.03 to 0.15 (very low vegetation), 0.15 to 0.25 (low vegetation), 0.25 to 0.35 (moderate vegetation), and 0.35 to 1.0 (high vegetation). The Estimation Curve analysis revealed that the cubic model provided the best relationship between NDVI and carbon stock, with an R^2 value of 0.704, indicating a relatively strong correlation. In contrast, the linear model yielded an R^2 value of 0.472.

Keywords— Biomassa, Mangrove, Citra Landsat, Indeks Vegetasi

I. PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove memainkan peran krusial dalam mitigasi perubahan iklim melalui kemampuan menyimpan karbon organik,

melindungi garis pantai dari abrasi, serta menjadi habitat bagi keanekaragaman hayati. Namun, degradasi mangrove akibat alih fungsi lahan, eksploitasi berlebihan, dan

tekanan lingkungan mengancam keberlanjutannya. Desa Margasari, Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur, merupakan salah satu wilayah pesisir dengan ekosistem mangrove yang rentan terhadap ancaman tersebut.

Pemantauan biomassa mangrove secara berkala menjadi esensial untuk menilai kesehatan ekosistem dan potensi penyimpanan karbonnya. Namun, pengukuran biomassa secara konvensional memerlukan biaya dan waktu besar, sehingga diperlukan metode alternatif yang efisien, seperti penggunaan teknologi penginderaan jauh. (Tabur dkk., 2020)

Indeks vegetasi, seperti *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), telah banyak diaplikasikan untuk mengestimasi biomassa vegetasi secara tidak langsung. NDVI memanfaatkan perbedaan pantulan spektral vegetasi pada saluran merah dan inframerah dekat, yang berkorelasi dengan kerapatan dan kesehatan tanaman. Namun, hubungan NDVI dengan biomassa mangrove belum sepenuhnya dipahami karena karakteristik struktural kanopi mangrove yang kompleks dan pengaruh faktor lingkungan seperti salinitas serta pasang surut. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa hubungan ini cenderung non-linear, terutama pada kepadatan vegetasi tinggi, di mana NDVI mengalami saturasi spectral. (Yudistira dkk., 2018).

Ekosistem serupa menemukan variabilitas biomassa yang signifikan meskipun nilai NDVI relatif sama, diduga akibat perbedaan jenis spesies, usia tanaman, dan kondisi substrat (Mahesti et al., 2020). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji model regresi yang paling sesuai (linear vs. non-linear) dalam menggambarkan hubungan NDVI-biomassa mangrove di Desa Margasari, serta mengestimasi potensi cadangan karbon berdasarkan hasil analisis.

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan indikator vegetasi yang dihitung berdasarkan perbedaan pantulan spektral pada saluran merah dan inframerah dekat. Nilai NDVI yang tinggi ($>0,6$) umumnya berkorelasi dengan kerapatan dan kesehatan vegetasi, termasuk biomassa, karena vegetasi sehat memiliki pantulan inframerah

dekat yang tinggi dan pantulan merah yang rendah akibat penyerapan klorofil. Namun, pada ekosistem kompleks seperti mangrove, hubungan ini tidak selalu linear (Zega et al., 2024).

Penelitian di Desa Margasari menunjukkan bahwa model kubik ($R^2 = 0,704$) lebih akurat daripada model linear ($R^2 = 0,472$), mengindikasikan bahwa peningkatan biomassa tidak proporsional terhadap kenaikan NDVI, terutama pada kanopi mangrove yang rapat. Hal ini didukung oleh teori saturasi spektral, di mana NDVI kehilangan sensitivitasnya saat vegetasi mencapai kepadatan maksimum, sehingga tambahan biomassa tidak terdeteksi (Fitria, 2021).

Dominasi model kubik menggambarkan bahwa pertumbuhan biomassa mangrove mengalami percepatan pada rentang NDVI menengah ($0,4-0,7$), tetapi melambat atau stagnan pada NDVI tinggi ($>0,7$). Koefisien negatif ($b_2 = -2437,346$) dalam model ini merepresentasikan titik belok kurva, yang dapat dikaitkan dengan fase kematangan vegetasi. Pada fase ini, pertumbuhan biomassa lebih banyak terjadi pada bagian akar atau bawah permukaan yang tidak terekam oleh NDVI, sementara kanopi atas telah mencapai kepadatan maksimal (Alviana et al., 2023).

Fenomena serupa ditemukan pada Plot 5 (NDVI 0,64; biomassa 472,15 kg) yang memiliki biomassa jauh lebih tinggi daripada Plot 9 (NDVI 0,61; biomassa 334,29 kg), meskipun perbedaan NDVI-nya kecil. Hal ini menegaskan bahwa NDVI tidak sepenuhnya merepresentasikan variasi biomassa bawah kanopi mangrove.

Variabilitas biomassa pada nilai NDVI serupa juga dipengaruhi faktor lingkungan lokal. Di Desa Margasari, fluktuasi salinitas, sedimentasi, dan aktivitas manusia (seperti pemotongan mangrove) dapat mengubah kesehatan vegetasi tanpa tercermin secara signifikan dalam NDVI. Misalnya, Plot 14 (NDVI 0,29; biomassa 319,54 kg) dan Plot 15 (NDVI 0,33; biomassa 364,99 kg) menunjukkan biomassa rendah meskipun NDVI meningkat, diduga akibat tekanan antropogenik atau degradasi substrat.

Studi (Putu Puspita Dewanti et al., 2020). menyatakan bahwa faktor hidrologi dan

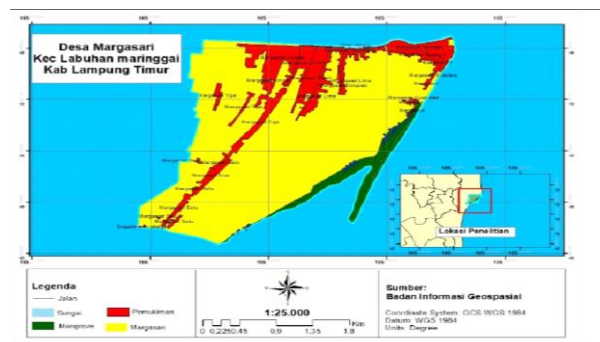
gangguan manusia seringkali menciptakan noise dalam hubungan NDVI-biomassa, terutama di ekosistem pesisir yang dinamis. Temuan ini mengimplikasikan perlunya pendekatan multidisiplin untuk meningkatkan akurasi estimasi biomassa. Kombinasi NDVI dengan indeks vegetasi lain seperti EVI (*Enhanced Vegetation Index*), yang lebih resisten terhadap saturasi spektral, dapat mengurangi keterbatasan NDVI (Eddy et al., 2019). Selain itu, integrasi data lapangan seperti jenis spesies, kepadatan akar, dan parameter tanah (pH, salinitas) diperlukan untuk memvalidasi hasil penginderaan jauh. Contohnya, dominasi spesies *Rhizophora apiculata* yang memiliki biomassa akar tinggi mungkin tidak terdeteksi oleh NDVI, sehingga memerlukan koreksi berbasis data *in-situ*.

Penelitian ini juga menyoroti pentingnya pemilihan model statistik yang sesuai untuk ekosistem spesifik. Meskipun model kubik unggul dalam menjelaskan variasi biomassa di Desa Margasari, risiko *overfitting* tetap ada jika model diaplikasikan pada wilayah dengan karakteristik berbeda. Oleh karena itu, validasi silang menggunakan data dari ekosistem mangrove lain dan penggunaan algoritma machine learning (seperti *random forest*) direkomendasikan untuk meningkatkan generalisasi model.

Dengan demikian, NDVI tetap menjadi alat berharga dalam pemantauan biomassa mangrove, asalkan dikombinasikan dengan pendekatan holistik yang mempertimbangkan kompleksitas ekosistem pesisir.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari-Maret tahun 2025 tepatnya di Desa Margasari, Provinsi Lampung. Peta penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Metode pengambilan pengumpulan data primer ini dilakukan dengan melakukan penelitian langsung di lapangan secara eksploratif dan pengambilan data citra landsat 9. Penentuan lokasi pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling* dengan mempertimbangkan dominansi, kerapatan, dan kemudahan akses mangrove. Biomassa mangrove dihitung menggunakan rumus allometrik (Putu Puspita Dewanti et al., 2020).

Ekstraksi Data Spasial Landsat 9 merupakan proses pengolahan data citra satelit untuk memperoleh informasi geografis atau spasial yang relevan. Landsat 9 (Firmansyah dan Rahayu, 2022). Data lansat 9 yang nanti akan diolah menggunakan indeks vegetasi untuk mengetahui kerapatan. Berikut rumus yang digunakan:

NDVI (*Normalized Different Vegetation Index*)

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Keterangan:

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*
 NIR = *Reflektans Spektral Infrared*
 Red = *Reflektans Pita Merah*

Analisis regresi dilakukan setelah mendapat kedua data Indeks vegetasi dan data biomassa lapangan untuk mendapatkan hubungan indeks vegetasi dengan Biomassa

$$\text{Linear } Y = \beta_0 + \beta_1 X + e$$

$$\text{Cubic } Y = aX^3 + bX^2 + cX + d$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel1. Biomassa dan NDVI

PLOT	BIOMASSA	NDVI
1	247.531	0.595
2	243.417	0.600
3	254.550	0.585
4	221.151	0.550
5	472.156	0.642
6	247.531	0.550
7	255.659	0.546
8	251.336	0.578
9	334.295	0.607
10	351.270	0.490
11	313.435	0.546
12	324.974	0.575
13	307.820	0.539
14	319.538	0.288
15	364.994	0.327
16	409.616	0.420
17	314.351	0.444
18	516.864	0.702
19	367.892	0.500
20	521.948	0.709
21	539.168	0.733
22	538.710	0.732
23	521.926	0.709
24	541.055	0.735
25	543.493	0.739
26	468.448	0.637
27	435.604	0.592
28	504.227	0.685
29	503.810	0.685
30	379.277	0.515
31	485.211	0.659
32	539.971	0.734
33	543.540	0.739
34	541.268	0.736
35	546.062	0.742
36	507.783	0.690
37	472.653	0.642
38	433.135	0.589
39	398.268	0.541
40	398.055	0.541

Pembahasan Hasil Analisis NDVI dan Biomassa

Hasil analisis menunjukkan bahwa model

kubik ($R^2 = 0,704$) lebih efektif menjelaskan hubungan NDVI dan biomassa dibandingkan model linear ($R^2 = 0,472$). Hal ini mengindikasikan hubungan non-linear antara kedua variabel, di mana peningkatan NDVI tidak selalu berbanding lurus dengan biomassa (Rulianti et al., 2018).

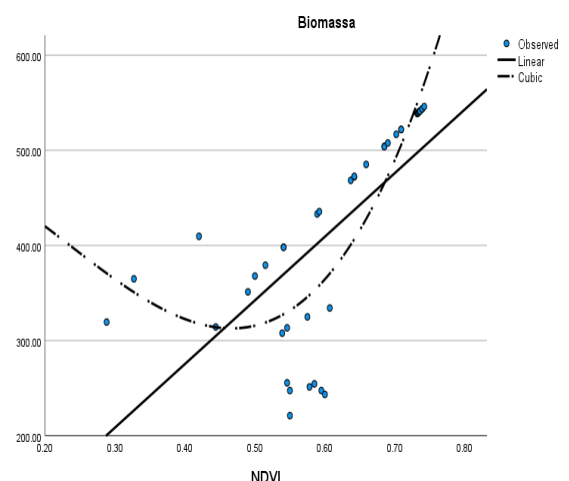
Fenomena ini sejalan dengan teori saturasi spektral, di mana NDVI kehilangan sensitivitasnya pada vegetasi yang sangat padat karena keterbatasan resolusi spektral dalam membedakan biomassa tambahan (Mutanga dan Skidmore, 2004).

Studi terbaru oleh (Zuhdi dan Pribadi, 2024) juga menyatakan bahwa hubungan non-linear sering muncul akibat heterogenitas tutupan lahan atau faktor lingkungan seperti kelembaban tanah, yang memengaruhi refleksi spektral vegetasi.

Tabel 2. Statistik

Equation	R ²	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	0.472	33.981	1	38	0.000	7.904	668.895	-	-
Cubic	0.704	43.948	2	37	0.000	489.794	0.000	2437.346	3482.140

Grafik Statistik



Parameter model kubik (Konstanta = 489,794; $b_2 = -2437,346$; $b_3 = 3482,140$) menggambarkan kurva dengan titik belok, menunjukkan percepatan pertumbuhan biomassa pada rentang NDVI menengah (0,4–0,7), diikuti perlambatan pada NDVI tinggi (>0,7). Pola ini sesuai dengan temuan Ali dkk. (2022) yang menjelaskan bahwa peningkatan biomassa pada NDVI tinggi cenderung tidak terdeteksi akibat saturasi, sementara pada NDVI rendah (<0,3), biomassa tetap minim karena tekanan lingkungan seperti kekeringan atau tutupan vegetasi yang renggang. Contohnya, Plot 14 (NDVI 0,29; biomassa 319,54 kg) dan Plot 15 (NDVI 0,33; biomassa 364,99 kg) mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan ekstrem dapat mengurangi akurasi prediksi NDVI. (Hafli dan Samiaji, 2024).

Data empiris memperlihatkan variabilitas biomassa meskipun NDVI relatif serupa. Misalnya, Plot 5 (NDVI 0,64; biomassa 472,15 kg) memiliki biomassa lebih tinggi dibanding Plot 9 (NDVI 0,61; biomassa 334,29 kg). Perbedaan ini diduga dipengaruhi faktor tambahan seperti jenis vegetasi, usia tanaman, atau praktik pengelolaan lahan, sebagaimana diungkapkan Mutanga dkk. (2012). Selain itu, normalisasi biomassa menggunakan rumus seperti $BB6(C19/CC6)$ pada file Excel perlu dikaji ulang untuk memastikan konsistensi metodologi, karena pendekatan tersebut berpotensi mengabaikan variabel perancu (Ahmed dkk., 2023).

NDVI terbukti signifikan sebagai prediktor biomassa (Sig. 0,000), model kubik berisiko mengalami *overfitting* jika diaplikasikan pada data dengan outlier atau ekosistem berbeda. Temuan ini menegaskan bahwa NDVI tetap relevan sebagai indikator biomassa, tetapi kompleksitas ekosistem menuntut pendekatan pemodelan yang lebih holistik dan multidisiplin. (Yudistira dkk., 2018).

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini mengonfirmasi bahwa hubungan antara NDVI dan biomassa mangrove di Desa Margasari, Lampung Timur, bersifat non-linear, dengan model kubik ($R^2 = 0,704$) menunjukkan akurasi lebih tinggi dibandingkan model linear ($R^2 = 0,472$). Kurva model kubik yang memiliki titik belok

(konstanta = 489,794; $b_2 = -2437,346$; $b_3 = 3482,140$) mengindikasikan bahwa peningkatan biomassa cenderung cepat pada rentang NDVI menengah (0,4–0,7), tetapi melambat atau menurun pada NDVI tinggi (>0,7).

Fenomena ini sesuai dengan teori saturasi spektral, di mana NDVI kehilangan sensitivitasnya pada vegetasi padat akibat keterbatasan resolusi spektral dalam mendeteksi biomassa tambahan (Mutanga & Skidmore, 2004). Variabilitas biomassa pada nilai NDVI serupa, seperti pada Plot 5 (NDVI 0,64; biomassa 472,15 kg) dan Plot 9 (NDVI 0,61; biomassa 334,29 kg), diduga dipengaruhi faktor lingkungan (salinitas, pasang surut) dan karakteristik vegetasi (jenis spesies, usia tanaman) hubungan NDVI-biomassa di ekosistem tropis.

Grafik berjudul Biomassa ini menggambarkan hubungan antara nilai biomassa (total berat material organik tumbuhan dalam suatu area) dan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), suatu indeks yang digunakan untuk mengukur kerapatan dan kesehatan vegetasi melalui citra satelit. Terdapat dua metode analisis yang dibandingkan dalam kategori “Ossened”, yaitu “Initial” (inisial) dan “Cubic” (kubik) (Nadzirah et al., 2023).

Sumbu vertikal grafik menunjukkan nilai biomassa dalam rentang 200,0–600,0 (satuan tidak disebutkan), sementara sumbu horizontal menampilkan nilai NDVI dari 0,20 hingga 0,80. Secara umum, NDVI bernilai tinggi (misalnya 0,80) mengindikasikan vegetasi yang sehat dan padat, sedangkan nilai rendah (0,20) menunjukkan wilayah dengan vegetasi minim atau kondisi lingkungan kurang subur (Immanuel Sinabang et al., 2022).

Tren yang menarik terlihat pada grafik ini, di mana biomassa justru menurun seiring peningkatan nilai NDVI. Contohnya, pada NDVI 0,20, biomassa mencapai 600,0, tetapi ketika NDVI meningkat ke 0,80, biomassa turun drastis menjadi 200,0. Fenomena ini terkesan kontradiktif karena NDVI tinggi biasanya berkorelasi positif dengan biomassa yang besar. Beberapa faktor yang mungkin memengaruhi hasil ini antara lain Jenis vegetasi Area dengan NDVI tinggi tetapi

biomassa rendah dapat berupa ekosistem seperti rawa atau padang rumput, di mana vegetasi lebat namun memiliki massa kering rendah (Heriyanto & Subiandono, 2016).

Metode pengukuran Perbedaan teknik pengambilan data biomassa atau NDVI (misalnya resolusi citra satelit atau metode sampling lapangan) dapat menghasilkan variasi signifikan. Kondisi lingkungan lokal Faktor seperti kelembapan tanah, musim, atau gangguan antropogenik (aktivitas manusia) dapat memodifikasi hubungan antara NDVI dan biomassa.

Adapun perbedaan antara metode Initial dan Cubic pada kategori Ossened kemungkinan merujuk pada pendekatan pemodelan yang berbeda. Metode Cubic mungkin menggunakan persamaan non-linear (misalnya polinomial pangkat tiga) untuk menyesuaikan pola data, sedangkan nitial dapat mengacu pada model dasar atau linear. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan metode analisis sangat berpengaruh terhadap interpretasi hubungan antara NDVI dan biomassa.

Hasil penelitian juga memperlihatkan potensi cadangan karbon yang signifikan dari biomassa mangrove di lokasi studi, yang dapat berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim. Namun, penggunaan model kubik berisiko *overfitting* jika diaplikasikan pada data dengan outlier atau ekosistem berbeda. Oleh karena itu, integrasi variabel lingkungan (seperti jenis tanah, curah hujan) dan penggunaan data satelit resolusi tinggi (misalnya Sentinel-2) direkomendasikan untuk meningkatkan akurasi prediksi. Temuan ini menegaskan pentingnya pendekatan non-linear dan teknologi penginderaan jauh dalam pemantauan mangrove secara berkelanjutan, sekaligus menjadi dasar ilmiah bagi program konservasi dan pengelolaan ekosistem pesisir di Desa Margasari maupun wilayah serupa

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sepenuh hati kepada Universitas Lampung atas dukungan fasilitas penelitian, akses sumber daya akademik, serta bimbingan teknis yang menjadi landasan utama terlaksananya studi ini. Kepada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Lampung Timur, penulis juga

menyampaikan apresiasi atas izin penelitian, kolaborasi dalam penyediaan data lingkungan, dan rekomendasi praktis yang memperkaya analisis. Dukungan dari kedua institusi ini tidak hanya memfasilitasi proses penelitian, tetapi juga memperkuat integritas ilmiah karya ini. Ucapan terima kasih tulus ditujukan kepada masyarakat Desa Margasari yang dengan antusias terlibat dalam pengambilan data lapangan, berbagi pengetahuan lokal, dan membuka akses untuk observasi ekosistem. Penulis juga berterima kasih kepada dosen pembimbing dan rekan peneliti atas masukan kritis, diskusi konstruktif, serta kerja sama dalam menyelesaikan tantangan metodologis. Semua kontribusi ini menjadi bukti nyata bahwa kolaborasi multidisiplin adalah kunci keberhasilan studi yang berdampak bagi lingkungan dan masyarakat.

REFERENSI

- [1] Ahmed, Y., Kurniawan, C. A., Efendi, G. R., Pribadi, R., Nainggolan, F. A., & Samudra, M. B. G. S. (2023). Estimasi Cadangan Karbon Mangrove Berdasarkan Perbedaan Tahun Tanam Rehabilitasi Mangrove (2005, 2008, 2011, 2014 dan 2017) di Kawasan Ekowisata Mangrove Pandansari, Kabupaten Brebes. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(1), 9–19. <https://doi.org/10.14710/buloma.v12i1.40871>
- [2] Alviana, D., Anggraini, R., Hidayati, J. R., Karlina, I., Lestari, F., Apdillah, D., Syakti, A. D., & Sihite, D. (2023). Estimasi Cadangan Karbon Pada Ekosistem Mangrove Di Desa Pengudang Kecamatan Teluk Sebung Kabupaten Bintan. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(3), 464–472. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i3.18326>
- [3] Eddy, S., Iskandar, I., Rasyid Ridho, M., & Mulyana, A. (2019). Restorasi Hutan Mangrove Terdegradasi Berbasis Masyarakat Lokal. *Jurnal Indobiosains*, 1(1), 1–13. <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/biosains>
- [4] Firmansyah, P.H., Rahayu, S. (2022). Dialektika Publik. *Researchgate.Net*, 1987, 25–31. https://www.researchgate.net/profile/Tri-Samnuzulsari/publication/320149341_Penganggaran_Partisipatif_di_Kabupaten_Bima_Nusa_Tenggara_Barat/links/59d0f3f0aca2721f43673f92/Penganggaran-Partisipatif-di-Kabupaten-Bima-Nusa-Tenggara-Barat.pdf
- [5] Fitria, A. (2021). Ekosistem Mangrove dan

- Mitigasi Pemanasan Global. *Jurnal Ekologi, Masyarakat Dan Sains*, 2(1), 29–34. <https://doi.org/10.55448/ems.v2i1.20>
- [6] Hafli, R. D. M., & Samiaji, J. (2024). Profil Stok Karbon dan Valuasi Ekonomi Ekosistem Mangrove di Kabupaten Tapanuli Tengah, Provinsi Sumatera Utara. *Proceeding Technology of ...*, 272, 84–93. <https://jurnalftijayabaya.ac.id/index.php/TREnD/article/view/331>
- [7] Heriyanto, N. M., & Subiandono, E. (2016). PERAN BIOMASA MANGROVE DALAM MENYIMPAN KARBON DI KUBU RAYA, KALIMANTAN BARAT (Role of Mangrove Biomass in Carbon Sink, in Kubu Raya, West Kalimantan). *Jurnal Analisis Kebijakan*, 13(1)(1), 1–12.
- [8] Immanuel Sinabang, Klarita Dwijayanti Waruwu, Geby Pauliana, Winda Rahayu, & Meilinda Suriani Harefa. (2022). Analisis Pemanfaatan Keanekaragaman Mangrove oleh Masyarakat di Pesisir Pantai Mangrove Paluh Getah. *J-CoSE: Journal of Community Service & Empowerment*, 1(1), 10–21. <https://doi.org/10.58536/j-cose.v1i1.7>
- [9] Mahesti, T., Umar, E., Ariadi, A., Prasetyo, S. Y. J., & Fibriani, C. (2020). Identifikasi Perubahan Tutupan Vegetasi dan Curah Hujan Kabupaten Semarang Menggunakan Citra Satelit Landsat 8. *Indonesian Journal of Modeling and Computing*, 3(1), 30–42.
- [10] Nadzirah, R., Indarto, I., Fayusman, A. D., & Hakim, F. L. (2023). *Estimasi Evapotranspirasi Aktual Menggunakan Algoritma Surface Energi Balance System Pada Citra Landsat 9 Di Kabupaten Lumajang – Indonesia*. 1(1), 355–370.
- [11] Putu Puspita Dewanti, L., Subagiyo, & Permata Wijayanti, D. (2020). Analysis of Biomass and Stored Carbon Stock in Mangrove Forest Area, Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 16(3), 2019–2224. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/saintek>
- [12] Rulianti, F., Devi, R., Mela, R., & Hidayat, M. (2018). Estimasi Biomassa (Estimasi Stok Karbon) Pada Pohon di Kawasan Hutan Primer Pegunungan Deudap Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besar. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 6(1), 246–258.
- [13] Tabur, K. G., Berau, K., Fatmawati, Y., Geodesi, T., & Winaya, U. (2020). *Akuisisi Data Citra Menggunakan Uav*. 6(2), 1–10.
- [14] Yudistira, R., Meha, A. I., Yulianto, S., & Prasetyo, J. (2018). Perubahan konversi lahan menggunakan NDVI, EVI, SAVI dan PCA pada Citra Landsat 8 (Studi Kasus: Kota Salatiga). *Indonesian Journal of Computing and Modeling*, 2(1), 25–30.
- [15] Zega, A., Susanti, N. M., Tillah, R., & Laoli, D. (2024). *Innovative Strategies In The Face Of Ecosystem Degradation: An Updated Assessment Of The Vital Role Of Mangrove Forests In Environmental Conservation*. 2(2), 71–83.
- [16] Zuhdi, F. A., & Pribadi, R. (2024). *Kajian Perubahan Luasan Mangrove Menggunakan Citra Landsat 2013, 2016, 2021 Pesisir Tayu Study of Changes in Mangrove Area Using Landsat Imagery 2013, 2016, 2021 Tayu Coast*. 13(4), 773–783.