

Estimation of Mangrove Canopy Cover in The Carocok Tarusan Tourist Area

Fiska Asif Irawan¹, Erizal Mukhtar^{1*}, Solfiyeni¹

¹Program Studi Pascasarjana Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang, Indonesia;

Article History

Received : June 19th, 2025

Revised : June 26th, 2025

Accepted : July 02th, 2025

*Corresponding Author:

Erizal Mukhtar, Program Studi Pascasarjana Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang, Indonesia; Email:

erizalmukhtar@sci.unand.ac.id

Abstract: The mangrove canopy cover is the uppermost layer in the mangrove vegetation group, which is formed by the crown (leaf group) of mangrove vegetation and covers the layer below. The purpose of the study is to determine the estimation of mangrove canopy cover in the Carocok area using the MonMang v2.0 application and to determine the influence of environmental factors on the mangrove canopy cover in the Carocok area. This research was conducted from December 2023 to January 2024 in the Carocok Tarusan tourist area, Pesisir Selatan Regency, West Sumatra. The method used in this study is the transect line method with the placement of transects carried out from the coastline to the land that has true mangrove vegetation. In the transect line, 20 plots were mapped with a size of 5 x 5 m. Then, the crown cover was measured using the MonMang v2.0 application using the hemispherical photography method on each plot. The results of the study show that the average mangrove canopy cover in this Carocok area is 69.19% and is classified as a medium category. The results of the study also showed that environmental factors between salinity, temperature, and pH had an influence on the mangrove canopy cover in the Carocok Tarusan area.

Keywords: Canopy cover, carocok tarusan, estimation, mangrove, MonMang v2.0.

Pendahuluan

Hutan mangrove salah satu ekosistem pesisir yang memiliki peran penting dalam menjaga kelestarian sumber daya alam. Ekosistem ini menyediakan berbagai fungsi ekologis seperti sebagai tempat berlindung, berkembang biak, serta sebagai habitat bagi berbagai biota laut yang bernilai ekologis dan ekonomis tinggi. Mangrove termasuk dalam kategori tumbuhan tingkat tinggi (Tracheophyta) yang mampu tumbuh dan beradaptasi di wilayah intertidal, yaitu zona peralihan antara daratan dan laut yang dipengaruhi pasang surut air laut, terutama di kawasan tropis dan sub-tropis (Djamaluddin, 2018).

Secara ekologis, mangrove berperan sebagai penyerap karbon, penahan abrasi pantai, penstabil garis pantai, penyaring sedimen dan polutan, serta sebagai penyedia nutrisi bagi

ekosistem perairan. Mangrove juga dikategorikan sebagai sumber daya alam terbarukan (renewable resources) karena kemampuannya untuk melakukan regenerasi secara alami, membentuk komunitas vegetasi khas yang didominasi oleh spesies-spesies tertentu yang mampu hidup di substrat berlumpur dan berkadar salinitas tinggi.

Indonesia sebagai negara kepulauan tropis memiliki potensi mangrove yang sangat besar dan tersebar hampir di seluruh wilayah pesisir. Luas ekosistem mangrove di Indonesia tercatat mencapai 3.489.140,68 hektar, atau setara dengan sekitar 23% dari total luas hutan mangrove dunia, menjadikannya sebagai negara dengan hutan mangrove terluas di dunia (Junaldi et al., 2019). Persebaran dan luas hutan mangrove di tiap wilayah dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti karakteristik fisik wilayah pesisir, komposisi substrat, kondisi hidrologis,

serta iklim (Hidayat & Dessy, 2021).

Provinsi Sumatera Barat di Indonesia, dengan luas wilayah sekitar 39.832 hektar, merupakan salah satu wilayah yang berpotensi mengembangkan ekosistem mangrove yang sangat substansial. Salah satu wilayah pesisir penting di provinsi ini dengan tutupan mangrove yang relatif terawat baik adalah wilayah Mandeh, yang terletak di Kecamatan Koto XI Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan. Karena potensi ini, bidang ini layak untuk diteliti, terutama dalam hal konservasi ekosistem mangrove dan pengelolaan sumber daya pesisir yang berkelanjutan sebagai bagian dari inisiatif untuk memitigasi perubahan iklim dan melestarikan keanekaragaman hayati. Provinsi Sumatera Barat mencakup Pesisir Selatan. Terdapat 896,73 hektar habitat mangrove di wilayah Mandeh, dan 37,3% di antaranya rusak (Rahmi, 2017).

Pentingnya habitat hutan mangrove bagi kehidupan akuatik diilustrasikan oleh studi Mukhtar *et al.*, (2021) tentang pemetaan stok karbon di Teluk Mandeh, Sumatra Barat, menggunakan indeks diskriminasi mangrove. Hal ini disebabkan oleh peran hutan mangrove sebagai katalisator produksi perikanan pesisir, sehingga diperlukan langkah-langkah konservasi untuk meningkatkan hasil perikanan berkelanjutan. Pemerintah dan masyarakat setempat perlu dilibatkan dalam konservasi hutan mangrove karena keterlibatan mereka dapat meningkatkan pentingnya pengetahuan lokal tradisional dalam melindungi hutan mangrove.

Saat ini pemerintah dan masyarakat setempat sedang gencar melakukan pembangunan dan mempromosikan wilayah Mandeh sebagai kawasan ekowisata, namun hal tersebut ditakutkan akan menimbulkan beberapa dampak buruk bagi lingkungan maupun makhluk hidup di kawasan tersebut apabila tidak diorganisir dan faktor utama biasanya berkontribusi terhadap kerusakan mangrove: faktor antropogenik dan faktor lingkungan. Faktor antropogenik berasal dari aktivitas manusia, sedangkan faktor lingkungan, seperti angin, banjir, sedimentasi, dan erosi, disebabkan oleh alam. Karena laju deforestasi dan degradasi lahan mangrove yang semakin cepat, keadaan ekosistem mangrove di Indonesia saat ini menjadi semakin memprihatinkan. Karena sebagian besar mangrove Indonesia telah hilang, diperlukan upaya yang signifikan untuk

melestarikan kawasan mangrove yang masih utuh dan memulihkan kawasan terdegradasi lainnya (Djamaluddin, 2018).

Peraturan Menteri Kehutanan (2004) menyatakan bahwa aktivitas manusia yang mengeksploitasi sumber daya alam di wilayah pesisir tanpa memperhatikan keberlanjutannya seperti pembangunan tambak, operasi industri dan pertambangan, perluasan kawasan permukiman, dan penebangan kayu bakar yang berlebihan menyebabkan kerusakan ekosistem hutan mangrove. Tiga faktor digunakan untuk memantau kondisi mangrove menggunakan Indeks Kesehatan Mangrove (IKM): tutupan tajuk, diameter batang, dan kerapatan anakan (Dharmawan *et al.*, 2020). Kondisi mangrove dan lingkungan sekitarnya tercermin dalam indeks kesehatan mangrove (Putra Adinegoro *et al.*, 2022).

Penurunan kerapatan mangrove merupakan gambaran kerusakan mangrove. Estimasi tutupan tajuk merupakan salah satu metode untuk menentukan kerapatan hutan mangrove. Tutupan tajuk, yang merupakan total tutupan pada suatu tegakan hutan, merupakan indikator krusial yang digunakan untuk menilai kesehatan hutan mangrove, memprediksi komposisi tumbuhan berkayu, menghitung indeks luas daun (IDA) atau indeks luas vegetasi (Assnacht *et al.*, 1994), menentukan volume pohon dan produksi primer bersih, menilai kondisi tutupan pohon, dan menilai kerusakan akibat hama hutan (O'Brien, 1989). Kompetisi pohon juga dapat disimpulkan berdasarkan ukuran tajuk. Luas dan bentuk tajuk akan berubah akibat kompetisi cahaya dan nutrisi.

Hasil penelitian Hanifah (2022) didapatkan hasil yaitu Indeks Kesehatan mangrove berdasarkan aplikasi MonMang v2.0 dikategorikan Sedang dengan rata-rata nilai sebesar 60,70% yang juga didominasi oleh *Rhizophora* sp. Hasil penelitian Adityo (2020), tentang didapatkan hasil. Perkiraan stok karbon wilayah Mandeh selama tiga dekade terakhir telah berubah dari 0,19 menjadi 11,31 ton C/ha. Perkiraan 26,44 hingga 507,34 ton, atau sekitar 13 hingga 14 persen dari semua kemungkinan cadangan karbon yang ada, telah hilang di daerah ini. Uraian latar belakang diatas telah memperlihatkan betapa pentingnya peranan hutan mangrove di pesisir pantai. Maka, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait estimasi

tutupan tajuk pohon mangrove yang didukung menggunakan aplikasi MonMang v2.0 di Kawasan Wisata Carocok Mandeh.

Bahan dan Metode

Lokasi Penelitian

Penelitian bertempat di kawasan hutan mangrove Nagari Carocok, Kabupaten Pesisir Selatan. Dengan koordinat 1°15'14.8"S 100°26'14.3"E. Peta penelitian dapat dilihat pada gambar 4. Secara umum Kawasan Carocok Kecamatan Koto XI Tarusan memiliki topografi dataran dan sebagian bergelombang sebagai perpanjangan dari jajaran Bukit Barisan

Alat dan bahan

Alat penelitian ini adalah, Smartphone dengan resolusi kamera baik (720p) yang sudah diinstal aplikasi MonMang v2.0 , GPS (*Global Positioning System*), DBH (*Diameter at Breast Height*) ,*Water checker*, ekman grab, meteran, tali rafia, gunting tanaman, parang, buku identifikasi mangrove, *camera*, dan alat tulis. Sedangkan, bahan yang digunakan yaitu alkohol 70%, Plastik sampel, untuk pengawetan sampel dan *herbarium kit*.

Metode penelitian

Metode menggunakan garis transek dengan peletakan transek dilakukan dari garis tepi pantai hingga daratan yang memiliki vegetasi mangrove sejati. (Muller *et al.*, 1980). Di dalam jalur transek dengan panjang transek 100 m, dibuat petakan plot yang berukuran 5 x 5 m sebanyak 20 plot (English *et al.*, 1994). Kemudian, dilakukan pengukuranutupan tajuk menggunakan aplikasi MonMang v2.0 pada masing-masing plot

Analisis Data

Kerapatan

Kerapatan dihitung menggunakan rumus pada persamaan 1.

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Jumlah individu suatu spesies}}{\text{luas seluruh plot (m}^2\text{)}} \times 5.000 \quad (1)$$

Rata-Rata Tutupan Kanopi

Dalam menghitung rata-rata ini menggunakan data yang sudah didapatkan dari foto-foto yang sudah diambil menggunakan aplikasi MonMang

Tabel 1. Standar Baku Kerusakan Hutan Mangrove Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004

Kriteria	Penutupan (%)
Sangat padat	≥ 75
Sedang	≥ 50 - < 75
Jarang	< 50

Hasil dan Pembahasan

Tutupan Kanopi

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, persentaseutupan kanopi mangrove menggunakan aplikasi MonMang v2.0 menunjukkan bahwa persentaseutupan kanopi mangrove pada setiap plot pengamatan cukup bervariasi. Persentaseutupan kanopi mangrove paling tinggi yaitu pada plot 4, dengan persentase 77,36%, dan persentaseutupan kanopi mangrove paling rendah pada plot 18, dengan persentaseutupan kanopi mangrove sebesar 63,47%. Untuk rata-ratautupan kanopi pada kawasan mangrove carocok ini sebesar 69,19%. Dari hasil analisisutupan kanopi tersebut, berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.201 Tahun 2004 tentang kriteria kerusakan hutan mangrove menunjukkan bahwa persentase rata-ratautupan kanopi mangrove di kawasan carocok tergolong kedalam kategori sedang.

Rata-rata kerapatan individu kawasan carocok sebesar 3.740 tergolong kedalam kategori rapat (Kepmen LH No. 201 Tahun 2004). Kerapatan tertinggi terdapat pada plot 13 dengan nilai kerapatan sebesar 280 ind/ha, kerapatan terendah terdapat pada plot 19 dengan kerapatan 100 ind/ha. Uraian lebih detail dapat dilihat pada tabel 2. Berdasarkan klasifikasinya berbasis hutan terbuka (utupan kanopi 10% - 40%) dengan tingkat kepadatan terganggu rendah; hutan padat (utupan kanopi 40% - 70%) dengan tingkat kepadatan menengah rata-rata hutan dikarenakan terhadap gangguan dan hutan yang sangat lebat (utupan kanopi > 70%) dengan tingkat kepadatan hutan yang sangat tinggi dan sangat padat (FAO, 1996).

Tabel 2. Persentase Tutupan Kanopi Mangrove Kawasan Carocok

Kode Plot	Gambar Tutupan Kanopi	Persentase Tutupan Kanopi	Kerapatan (ind/ha)	Arah
1		68,23%	260	Tepi pantai
2		64,55%	240	
3		65,37%	220	
4		77,36%	220	
5		66,35%	220	
6		72,81%	180	
7		69,03%	180	
8		67,64%	140	
9		69,57%	140	
10		72,17%	200	
11		66,76%	220	
12		72,08%	160	
13		70,80%	280	
14		73,26%	260	
15		68,01%	180	
16		77,24%	140	
17		67,25%	160	
18		63,47%	120	
19		64,85%	100	
20		67,16%	120	Darat
Rata-Rata		69,19%	3.740	

Kerapatan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, terdapat 3 jenis vegetasi mangrove pada kawasan hutan mangrove carocok, yaitu, *Rhizophora apiculata* (Bakau putih), *Ceriops tagal* (Mentigi) dan jenis *Scyphiphora hydrophyllacea* (Duduk rambat). Adapun Perbandingan Kerapatan Jenis Mangrove Carocok dengan kawasan lain dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kerapatan Mangrove Pada Beberapa Daerah Penelitian

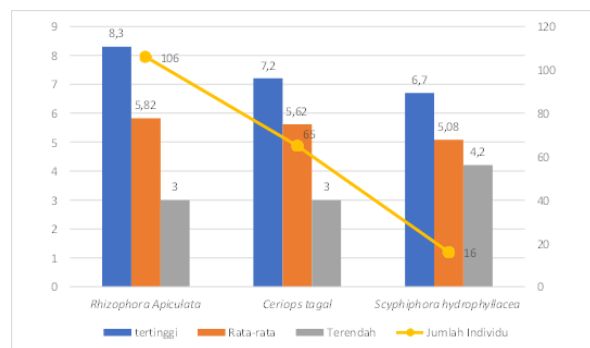
Jenis Spesies	Kerapatan Jenis Mangrove (ind/ha)	Lokasi	Sumber
<i>Rhizophora apiculata</i>	2.120	Carocok	Penelitian ini
	1.550	Baluran	Istomo (2021)
	809	Kabupaten Supiori	Warpur (2016)
<i>Ceriops tagal</i>	1.300	Carocok	Penelitian ini
	10	Baluran	Istomo (2021)
	500	KPH Banyumas Barat	Dairiana (2008)
<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	320	Carocok	Penelitian ini
	200	Mandeh	Prasetyo (2024)

Rhizophora apiculata memiliki kepadatan tertinggi (2.120 individu/ha) di kawasan hutan mangrove Carocok. Hal ini disebabkan oleh penyebaran bijinya yang luas dan pertumbuhannya yang toleran. Hal ini mendukung klaim Kartawinata (1979) bahwa *Rhizophora* merupakan spesies mangrove yang tahan terhadap berbagai faktor lingkungan, termasuk substrat, pasang surut, salinitas, dan ketersediaan hara. Salah satu variabel penting yang dapat dikendalikan dalam perkembangan tegakan adalah kepadatan tegakan, klaim Laar dan Akca (2007). Oleh karena itu, data kepadatan tegakan sangat penting untuk menentukan area

terbaik bagi pertumbuhan tanaman. Tingkat tumpang tindih antar proyeksi tajuk pohon dapat digunakan untuk menghitung kepadatan tegakan. Pertumbuhan yang lebih padat ditunjukkan oleh tumpang tindih yang lebih besar, dan sebaliknya. Kompetisi tajuk akan mengurangi ekspansi diameter dengan mengganggu pertumbuhan lateral.

Diameter

Rata-rata diameter pada setiap jenis mempunyai ukuran yang berbeda. Diameter rata-rata jenis *Rhizophora apiculata* sebesar 5,82 cm, diameter rata-rata jenis *Ceriops tagal* sebesar 5,62 cm dan diameter rata-rata jenis *Scyphiphora hydrophyllacea* sebesar 5,08 cm. Terdapat 106 individu jenis *Rhizophora apiculata*, 65 individu jenis *Ceriops tagal* dan 16 individu jenis *Scyphiphora hydrophyllacea*. Diameter rata-rata jenis tertinggi yaitu pada jenis *Rhizophora apiculata* sebesar 5,82 cm.



Gambar 1. Korelasi Rata-Rata Diameter dengan Jumlah jenis Individu Mangrove

Diameter terbesar pada jenis *Rhizophora apiculata* tercatat sebesar 8,3 cm pada plot 17, sedangkan diameter terkecilnya adalah 3 cm pada plot 15, diameter terbesar pada jenis *Ceriops tagal* yaitu sebesar 7,2 cm pada plot 16, cm dan diameter terkecil yaitu 3 cm pada plot 14, diameter terbesar pada jenis *Scyphiphora hydrophyllacea* yaitu sebesar 6,7 cm pada plot 11 dan diameter terkecil yaitu 4,2 pada plot 9. Gambar 1 menunjukkan dengan jelas bahwa jumlah individu mangrove meningkat berbanding lurus dengan diameter rata-rata pohon. Literatur juga mendukung hal ini, dengan menyatakan bahwa kepadatan pohon yang tinggi dan diameter yang besar akan mempertahankan tutupan tajuk, yang pada gilirannya memengaruhi proporsi tutupan mangrove

(Baksir *et al.*, 2018).

Faktor Lingkungan

Pengukuran faktor lingkungan di setiap plot pengamatan menunjukkan hasil yang bervariasi. Uraian yang lebih detail dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kondisi Faktor Lingkungan di Kawasan Mangrove Carocok Tarusan

Parameter Lingkungan	Hasil Pengukuran	Standar Baku
Suhu (°C)	29,38 - 30,33 (°C)	28 – 32 (°C)
Salinitas (‰)	29,62 – 31,29 (‰)	s/d 34 (‰)
pH	6,82 – 7,04	7 – 8,5
Substrat	Lumpur Berpasir	-

Sumber : Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut

Suhu air rata-rata kawasan mangrove Carocok, menurut hasil pengukuran, adalah 29,67°C. Sebagaimana dinyatakan oleh Aksornkoae dalam Sadat (2004), suhu air ini ideal untuk pertumbuhan mangrove. Mangrove sering tumbuh di iklim tropis dengan suhu rata-rata di atas 20°C. Kawasan mangrove Carocok memiliki salinitas air sebesar 30,02‰. Menurut Kamalia (2012), yang menyatakan bahwa mangrove tumbuh subur di muara dengan salinitas antara 10‰ hingga 30‰, salinitas ini dianggap baik. Vegetasi mangrove dapat terpengaruh secara negatif oleh kadar garam yang sangat tinggi di atas kisaran normal $\pm 35\%$. Salah satu faktor penting yang memengaruhi pertumbuhan mangrove adalah salinitas. Mangrove dapat tumbuh subur pada salinitas antara 70% dan 140%. Secara umum, tingkat toleransi salinitas bervariasi di antara spesies mangrove. Meskipun demikian, diprediksi bahwa tanaman mangrove dapat bertahan pada ambang batas salinitas sekitar 90% (Ciotron, 1978 dalam Lestari, 2018). Faktor utama yang memengaruhi ketersediaan air bagi tanaman di hutan mangrove adalah salinitas air tanah dan potensi osmotiknya (Peters *et al.*, 2019).

pH air tipikal kawasan mangrove Carocok adalah 6. Menurut Sadat (2004), yang menyatakan bahwa ekosistem mangrove tumbuh subur di wilayah dengan kisaran pH 6,0–9,0, pH

ini sesuai untuk pertumbuhan mangrove.

Lumpur pasir merupakan jenis substrat yang terdapat di kawasan mangrove Carocok. Pertumbuhan berbagai spesies mangrove didukung oleh sistem hidrologi, jenis substrat, dan kandungan hara yang baik (Martuti dkk., 2013). Vegetasi mangrove dapat memiliki struktur yang unik karena variasi kondisi lingkungan yang berbeda, sehingga menciptakan lapisan atau zona vegetasi yang berbeda (Kusmana, 2012). Suhu air antara 28 dan 29°C, kadar garam antara 29 dan 31 bagian per juta, dan kisaran pH 6,8 hingga 7,5 merupakan kondisi ideal untuk ekosistem mangrove (Hariyanto dkk., 2019). Kemampuan untuk beradaptasi secara optimal terhadap semua faktor lingkungan fisik (suhu, cahaya, struktur tanah, kelembaban), faktor biotik, dan faktor kimia (ketersediaan air, O₂, pH, dan nutrisi tanah) yang berinteraksi satu sama lain adalah yang menentukan apakah suatu vegetasi akan berhasil mengisi suatu area (Kerbs, 1989).

Rhizophora apiculata menyukai perairan pasang surut dengan arus masuk air tawar yang kuat dan terus-menerus, dan biasanya tumbuh subur di tanah berlumpur, halus, dan tergenang air selama pasang surut reguler. Kisaran suhu ideal untuk perkecambahan adalah 25–30°C. Biji *Rhizophora apiculata* biasanya berupa propagul yang panjang dan tipis. Sebagai mangrove sejati, *Rhizophora apiculata* merupakan kumpulan spesies tumbuhan mangrove dengan akar respirasi yang mendominasi komunitas mangrove atau membentuk tegakan murni. Jangkauannya meliputi Australia tropis, Kepulauan Pasifik, Malaysia, Indonesia, dan Sri Lanka (Santoso *et al.*, 2015). *Ceriops tagal* biasanya ditemukan bersama *C. decandra* dan dapat tumbuh pada substrat lempung (Giesen *et al.*, 2006).

Bersama spesies toleran garam lainnya seperti *Sonneratia alba*, *Seksangula*, *Bruguiera*, *Lumnitzera racemosa*, dan *Rhizophora stylosa*, *C. tagal* juga dapat tumbuh subur di hutan mangrove hilir, yang paling sedikit terdampak oleh air tawar (Wang *et al.*, 2019). Fungsi ekologis *C. tagal*, seperti mangrove pada umumnya, adalah melindungi garis pantai dari erosi, sedimentasi, dan pemecah gelombang (Zulkarnaini *et al.*, 2017). Lebih lanjut, *C. tagal* berfungsi sebagai habitat bagi biota mangrove, terutama kepiting (Ginatra *et al.*, 2021) dan

moluska (Partiwi *et al.*, 2023).

Biji *Scyphiphora hydrophyllacea* biasanya berkecambah di lingkungan yang lembab dan berair, seperti hutan mangrove dan pantai berpasir, buahnya memiliki kulit berlapis gabus yang membuatnya ringan dan mudah mengapung di air, sehingga memungkinkan penyebaran melalui air, meskipun memiliki buah yang banyak, tingkat perkecambahan bijinya relatif rendah. Jenis *Scyphiphora hydrophyllacea* tumbuh di habitat pesisir dan hutan mangrove, yang menyediakan kondisi ideal untuk perkecambahan.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terkait estimasi tutupan kanopi mangrove menggunakan aplikasi MonMang v2.0 di Kawasan Wisata Carocok didapatkan kesimpulan bahwa estimasi tutupan kanopi mangrove didapatkan rata-rata sebesar 69,19%, sehingga dapat dikategorikan sebagai kepadatan sedang. Faktor lingkungan Salinitas, Suhu, pH dan Substrat pada Kawasan Carocok Mempengaruhi Jumlah Jenis *Rhizophora apiculata* dan Jenis *Scyphiphora hydrophyllacea* sehingga mempengaruhi Tutupan Kanopi Mangrove.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, arahan, dan bantuan selama proses penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak yang telah memberikan bimbingan akademik, masukan ilmiah, serta fasilitas penunjang yang memungkinkan penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik. Tak lupa, apresiasi diberikan kepada pihak otoritas lokal yang telah memberikan izin serta membantu kelancaran kegiatan penelitian di lapangan.

Referensi

Adityo, Raynaldo. (2020). *Analisis Dinamika Tutupan Hutan Mangrove Dan Estimasi Cadangan Karbon Selama Tiga Dekade Di Kawasan Mandeh Menggunakan Citra Landsat*. Masters Thesis Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas

- Andalas.Padang.<http://scholar.unand.ac.id/id/eprint/56815>
- Baksir, A., Mutmainnah, Akbar, N. dan Ismail, F. (2018). Penilaian Kondisi Menggunakan Metode *Hemispherical Photography* Pada Ekosistem Mangrove Di Pesisir Desa Minaluli, Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 2(2):69-80. <https://doi.org/10.30862/jsai-fpik>
- Djamaluddin, R. (2018). Buku mangrove, Biologi, Ekologi, Rehabilitasi, dan Konservasi. Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi.
- Giesen, W., Wulffraat, S., Zieren, M., Sch, L. & Olten. (2006). Buku Panduan Mangrove Untuk Asia Tenggara. FAO dan Lahan Basah Internasional
- Gill SJ, Biging GS, Murphy EC. (2000). Modeling conifer tree crown radius and estimating canopy cover. *For Ecol Manage* 126:405–416 [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00113-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00113-9)
- Ginantra, IK, Muksin, IK & Joni, M. (2021). Kepiting Keanekaragaman sebagai Pendukung Kegiatan Ekowisata di Hutan Mangrove Pejarakan, Buleleng, Bali, Indonesia. *Keanekaragaman hayati*, 22(10): 4139– 4145. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221003>.
- Hanifah, Yusuf., (2022). *Estimasi Kesehatan Hutan Mangrove Di Sungai Gemuruh Kabupaten Pesisir Selatan*. Diploma thesis, Universitas Andalas Padang. <http://scholar.unand.ac.id/120590/>
- Hidayat, A.; Dessy, D.R., 2021. Deforestasi Ekosistem Mangrove Di Pulau Tanakeke, Sulawesi Selatan, Indonesia. *J. Ilmu Dan Teknol. Kelaut. Trop.*, 13(3): 441–456. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i3.38502> **
- Junialdi, R.; Yonariza, Y.; Arbain, A., (2019). Economic Valuation of Mangrove Forest At Apar Village Pariaman City of West Sumatra. *J. Anal. Kebijak. Kehutan.*, 16(2): 117–132.
- Kamalia. (2012). Struktur Komunitas Hutan Mangrove di Perairan Pesisir Kelurahan Sawang Kecamatan Kundur Barat Kabupaten Karimun. Progam Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. FIKP. Universitas Maritim Raja Ali Haji. *Jurnal Kelautan dan Perikanan*. 3(1): (1-8).
- Kartawinata, K. (1979). Status Pengetahuan Hutan Bakau di Indonesia. Prosiding Seminar Ekosistem Hutan Mangrove. MAP LON LIPI. Jakarta
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 201. 2004. Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Deputi MENLH Bidang Kebijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup : Jakarta. <https://environmentalchemistry.files.wordpress.com/2013/01/kepmen-lh-no-201-tahun-2004-kriteria-baku-dan-pedoman-penentuan-kerusakan-mangrove.pdf>
- Kusmana, C., S. Wilarso, I. Hilman, P. Pamoengkas, C. Wibowo, T. Tiryan, A. Triswanto, Yunasfi, dan Hamzah. (2003). Teknik Rehabilitasi Mangrove. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal 177.
- Martuti NKT. (2013). Keanekaragaman Mangrove di Wilayah Tapak, Tugurejo, Semarang. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences* 36(2):123-130.
- Mukhtar, E., Adityo, R., and Wilson, N. (2021). Carbon stock mapping using mangrove discrimination indices in Mandeh Bay, West Sumatra. *Indonesia Andalas University, Padang City.AACL Bioflux*, Vol:14, Hal: 430-440. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5713913>
- O'Brien RA. (1989). Comparison of overstory canopy cover estimates on forest survey plots. Intermountain research station research paper 417. *USDA Forest Service*, Ogden, pp1–5.
- Putra Adinegoro, Z., M. Samosir, A., & Damar, A. (2022). Ekobiologi Ekosistem Mangrove dan Pengelolaannya: Studi Kasus Kawasan Konservasi Pulau Pramuka, Pulau Karya dan Pulau Panggang, Taman Nasional Kepulauan Seribu. *Journal of Tropical Fisheries Management*, 6(2), 75–86. <https://doi.org/10.29244/jppt.v6i2.42908>.
- Rahmi, F. Y. (2017). Analisis Vegetasi Dan Potensi Cadangan Karbon Di Hutan Mangrove Kawasan Mandeh, Pesisir

- Selatan. Tesis. Program Pascasarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas. Padang.
<http://scholar.unand.ac.id/473920/2/File%202.pdf>
- Sadat, A. (2004). Kondisi ekosistem Mangrove Berdasarkan Indikator Kualitas Lingkungan dan Pengukuran Morfometrik Daun di way Penet, Provinsi Lampung. Skripsi, FPIK, Institut Pertanian Bogor.
<https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/15464>
- Santoso., M. Ridho., Yunasfi., dan A. Muhtadi. (2016). Dekomposisi Serasah Daun *Rhizophora apiculata* dan Kontribusi Terhadap Unsur Hara di Perairan Pulau Sembilan Kecamatan Pangkalan Susu Kabupaten Langkat. *Jurnal Aquacoastmarine.*, 14(4):1-13.
<https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/15464>
- T., Van Con, T., Chavanne, A., Seifert, T. & Du Toit, B., (2015). Crown size and growing space requirement of common tree species in urban centres, parks, and forests. *Urban forestry & urban greening*, 14(3):466-479.
[10.1016/j.ufug.2015.04.006](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.04.006)
- Wang, W., Li, X. & Wang, M. (2019). Propagul Penyebaran Menentukan Zonasi Mangrove pada Skala Intertidal dan Muara. *Hutan*, 10(245): 1–19.
<https://doi.org/10.3390/fl0030245>
- Zulkarnaini, Saam, Z., Amrivo, V. & Miswadi, D. (2017). Struktur Masyarakat dan Evaluasi Ekonomi Desa Mangrove Di Kabupaten Bengkalis. *Int. J. Samudera Oceanogr.*, 11(1): 63–74.