

Tutupan Lahan Mangrove Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya

^{1*}Mustofa, ²Wiwik Cahyaningrum, ³Rosnita, ⁴Rostania Minli, ⁵Alda Triana, ⁶Maria Susila

^{1,2}Program Studi Pendidikan Geografi

Fakultas IPPS IKIP PGRI Pontianak Jalan Ampera Nomor 88 Pontianak

*Corresponding Author: tovagisiana@gmail.com

Abstrak

Penelitian struktur dan tutupan lahan mangrove ini dimaksudkan untuk mengumpulkan data mengenai struktur populasi tanaman mangrove, seperti komposisi spesies, tinggi pohon, kerapatan, dan distribusi di sepanjang wilayah mangrove. Sumber data primer bersumber dari survei ekosistem mangrove dan pencitraan menggunakan wahana drone, sedangkan sumber data sekunder diperoleh melalui pengolahan citra satelit multitemporal sebagai data penunjang utama untuk menganalisis struktur dan tutupan lahan ekosistem mangrove secara spasial. Penelitian ini menggunakan pendekatan campuran (mixed method) berdasarkan analisis spasial menggunakan sistem informasi geografi. Analisis data terdiri dari analisis deskriptif struktur vegetasi mangrove dan tutupan lahan vegetasi mangrove. Hasil penelitian menunjukkan bahwa vegetasi bakau Api-api Putih (*Avicennia alba*) mampu tumbuh dengan rata-rata ketinggian 4,71 meter menjadi vegetasi yang paling dominan tumbuh pada jenis mangrove sejati, sedangkan jenis nipah (*Nypa fruticans*) sebagai vegetasi ikutan mendominasi jenis mangrove yang tumbuh di Kecamatan Sungai Kakap. Nipah mendominasi sebagian besar lahan mangrove seluas 9.643,9 hektar (92,48%) dengan erapatan tanaman mencapai 87,58%, sementara di bagian dalam mencapai 97,17%. Bakau kesulitan tumbuh di wilayah yang langsung menghadap ke laut lepas, sehingga ekspansi wilayahnya terbatas. Bentuk pertumbuhan alami cenderung menjorok ke perairan laut dengan dibantu oleh akresi dan sedimentasi. Kondisi lingkungan setempat dipengaruhi oleh posisi muara sungai yang membentuk bentanglahan delta sehingga menghalangi abrasi akibat gelombang laut, namun kuatnya gelombang laut yang didorong oleh angin barat menyebabkan keberhasilan pertumbuhan tanaman hanya mencapai 50%. Tutupan lahan mangrove terdiri dari sejumlah 14 spesies yang didominasi oleh vegetasi nipah (*Nypa fruticans*) dan tersebar di seluruh pesisir 13 dari 15 desa di Kecamatan Sungai Kakap.

Kata Kunci: *Struktur Lahan, Tutupan Lahan, Mangrove*

Abstract

*The study of mangrove structure and land cover aims to gather data on the population structure of mangrove plants, such as species composition, tree height, density, and distribution throughout the mangrove areas. Primary data sources are derived from mangrove ecosystem surveys and drone imagery, while secondary data sources are obtained through the processing of multi-temporal satellite images as the primary supporting data for spatial analysis of mangrove ecosystem structure and land cover. This research employs a mixed-method approach based on spatial analysis using geographic information systems. Data analysis includes descriptive analysis of mangrove vegetation structure and mangrove vegetation land cover. The research findings indicate that the White Mangrove (*Avicennia alba*) species can grow to an average height of 4.71 meters, becoming the most dominant vegetation among true mangrove species, while the Nipah palm (*Nypa fruticans*) as associated vegetation dominates the mangrove species in the Sungai Kakap District. Nipah palms dominate most of the 9,643.9 hectares of mangrove*



*land (92.48%) with a plant density of 87.58% along the edges, while reaching 97.17% further inland. Mangrove trees struggle to grow in areas directly facing the open sea, limiting their expansion. Natural growth tends to protrude into the sea aided by accretion and sedimentation. Local environmental conditions are influenced by the positions of river mouths that form deltaic landforms, which hinder coastal erosion due to wave action; however, the strength of westward winds driving powerful sea waves limits successful plant growth to only 50%. Mangrove land cover consists of 14 species dominated by Nipah palms (*Nypa fruticans*) and is distributed along the coastline of 13 out of 15 villages in the Sungai Kakap District.*

Keywords: Land Structure, Landcover, Mangroves

Article history

Received:

23 Desember 2023

Revised:

30 Desember 2023

Accepted:

5 Mei 2024

Published:

30 Agustus 2024

Citation (APA Style): Cahyaningrum, W. (2024). Tutupan Lahan Mangrove Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya. *Sosial Horizon: Jurnal Pendidikan Sosial*, 11(2), 146-159. DOI: 10.31571/sosial.v10i3.6875

PENDAHULUAN

Mangrove merupakan spesies unik yang menjadi dasar dari ekosistem intertidal yang kaya akan keanekaragaman hayati. Alongi (2013) menekankan peran mangrove dalam siklus karbon dan penyimpanan karbon di hutan mangrove. Penelitian ini menyoroti pentingnya mangrove dalam menjaga keseimbangan ekosistem intertidal dan peran mereka dalam mengikat karbon. Distribusi spasial spesies mangrove di Semenanjung Leizhou, China menunjukkan pentingnya mangrove sebagai spesies dasar dalam membangun dan mempertahankan ekosistem hutan intertidal (Wang et al., 2015). Husna et al. (2020) menemukan bahwa pengaruh komposisi spesies mangrove dan struktur hutan terhadap sifat tanah dan dinamika nutrien menunjukkan bahwa mangrove memberikan kontribusi penting dalam menjaga kualitas tanah dan keberlanjutan ekosistem. Rahman et al. (2021) yang menganalisis distribusi spasial dan biomassa atas tanah hutan mangrove di Sundarbans, Bangladesh menemukan bahwa mangrove menjadi tempat bagi spesies dasar ekosistem intertidal yang memberikan kontribusi signifikan terhadap penyimpanan karbon dan konservasi keanekaragaman hayati di sepanjang garis pantai tropis dan subtropis, muara, laguna, dan sungai.

Seperti yang dijelaskan oleh Tomlinson (1986), mangrove cenderung memiliki karakteristik biologis yang terkait dengan pohon darat pioneer seperti

banyaknya propagul, dispersi yang luas, laju pertumbuhan yang cepat, cahaya sebagai sumber daya yang terbatas, bentuk mahkota yang seragam, dan masa berbunga yang lama. Komunitas mangrove juga memiliki banyak karakteristik pionier seperti kekayaan spesies yang rendah, stratifikasi yang rendah, dan sedikit tanaman merambat atau epifit. Namun, pohon mangrove dan komunitas juga memiliki beberapa karakteristik dewasa seperti umur yang panjang, palatabilitas daun yang rendah, ukuran daun yang sedang, kayu yang keras, dan tidak ada tumbuhan bawah. Ward et al. (2006) menemukan bahwa hutan bakau menunjukkan hubungan skala negatif antara diameter batang rata-rata dan kepadatan batang, yang merupakan teori self-thinning dari hutan dengan satu spesies, serta akumulasi biomassa stasioner yang khas dari komunitas pohon di daerah dataran tinggi. Selain itu, pohon bakau memiliki hubungan allometrik yang kuat antara diameter batang, tinggi pohon, dan biomassa di atas permukaan tanah (Fromard et al., 1998; Smith et al., 2006). Oleh karena itu, hutan bakau cenderung membentuk pola komposisi komunitas yang mudah dikenali dan struktur kanopi yang dapat diprediksi.

Hutan bakau menyediakan barang dan jasa ekosistem yang berharga. Brinkman et al. (2019) menemukan bahwa hutan bakau bersama dengan hutan lainnya, memberikan layanan ekosistem yang sebanding dengan hutan asli dalam hal penyimpanan karbon di atas tanah dan mengurangi erosi pantai. Friess et al. (2020) melalui pencitraan satelit yang memantau ekosistem intertidal menunjukkan bahwa hutan bakau mampu menyediakan layanan ekosistem berupa perlindungan pantai dan peningkatan kualitas air melalui penangkapan sedimen dan filtrasi. Zong et al. (2020) menemukan bahwa hutan bakau berperan dalam menyediakan barang ekosistem berupa biomassa dan produktivitas. Penelitian ini menunjukkan bahwa hutan bakau secara signifikan berkontribusi terhadap cadangan biomassa dan produktivitas di wilayah pesisir.

Kalimantan Barat memiliki tujuh kabupaten dan kota yang memiliki pesisir. Dari ketujuh kabupaten dan kota tersebut, terdapat empat kabupaten yang dijadikan sebagai kawasan konservasi yang dimanfaatkan pengelolaannya untuk pengembangan potensi perikanan dan pariwisata. Pengelolaan tersebut diwujudkan melalui Rencana Pengelolaan Zonasi (RPZ) kawasan konservasi Kalimantan Barat. Pemerintah Provinsi Kalimantan Barat menerbitkan Peraturan Daerah No. 1 Tahun

2019 tentang Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Provinsi Kalimantan Barat 2018 - 2038 yang telah mengalokasikan wilayah perairannya menjadi Kawasan Konservasi yang terdiri dari Taman Pulau Kecil Pulau Randayan, Taman Pesisir Paloh, Taman Pesisir Kubu Raya, Kawasan Konservasi Kubu Raya dan Kayong Utara, serta Taman Pulau Kecil Kendawangan. Sebagai upaya percepatan penetapan Kawasan Konservasi Perairan Daerah oleh Menteri Kelautan dan Perikanan, Direktur Konservasi dan Keanekaragaman Hayati Laut menerbitkan surat No. 552/DJPRL.5/III/2019 dimana kawasan konservasi perairan di Kalimantan Barat masuk kedalam prioritas 3 sebagai kawasan yang belum mempunyai dokumen Rencana Pengelolaan Zonasi (RPZ).

Penelitian ini mengkaji struktur tanaman mangrove dan tutupan lahan mangrove untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang sebaran dan komposisi ekosistem mangrove dan perubahan yang terjadi dalam jangka waktu tertentu. Database ini bertujuan untuk mengumpulkan data mengenai struktur populasi tanaman mangrove, seperti komposisi spesies, tinggi pohon, kerapatan, dan distribusi di sepanjang wilayah mangrove. Selain itu, database ini juga bertujuan untuk memantau dan mengkaji perubahan dalam tutupan lahan mangrove. Tutupan lahan mangrove adalah jumlah luas lahan yang ditutupi oleh hutan mangrove. Informasi tentang tutupan lahan mangrove diperlukan untuk memahami perubahan luas hutan mangrove dari waktu ke waktu, akibat faktor-faktor seperti alam, aktivitas manusia, atau perubahan iklim.

Database ekologi mangrove digunakan untuk menganalisis keadaan ekosistem mangrove, mempelajari pola pertumbuhan dan perkembangan tanaman mangrove, serta mengidentifikasi ancaman atau perubahan yang mempengaruhi ekosistem ini. Data yang terkumpul juga dapat digunakan untuk merencanakan langkah-langkah konservasi dan restorasi yang efektif, serta untuk menginformasikan kebijakan dan pengambilan keputusan terkait pengelolaan ekosistem mangrove. Pengembangan database ekologi struktur tanaman mangrove dan tutupan lahan mangrove menjadi penting dalam upaya untuk memahami, melindungi, dan menjaga keberlanjutan ekosistem mangrove, yang memiliki peran penting dalam menjaga keanekaragaman hayati, menjaga kualitas air, mengurangi

risiko bencana alam, serta menyediakan sumber daya ekonomi dan kehidupan bagi masyarakat sekitar.

METODE

Jenis penelitian ini merupakan penelitian kombinasi (*mixed-methods research*) yang menggabungkan metode penelitian kuantitatif dan penelitian kualitatif. Metode penelitian kuantitatif digunakan untuk mengukur dan mengumpulkan data tentang luas dan komposisi spesies mangrove di Kecamatan Sungai Kakap menggunakan interpretasi citra satelit dengan menggunakan spasial statistik dan analisis dengan cara pengukuran langsung, misalnya dengan menggunakan citra satelit dan drone.

Subjek penelitian ini merupakan tanaman mangrove yang tumbuh di kawasan pesisir hampir sepanjang garis pantai di Kecamatan Sungai Kakap. Seluruh tanaman mangrove yang tumbuh di sekitar pesisir di Kecamatan Sungai Kakap diidentifikasi dianalisis struktur dan tutupan lahannya menggunakan data citra satelit dan citra drone dengan didukung oleh survei lapangan melalui sampling lokasi yang memiliki keragaman. Lokasi penelitian dilaksanakan di Kecamatan Sungai Kakap yang memiliki sebaran tanaman mangrove yang tumbuh secara alami di kawasan pesisir. Lokasi penelitian berada pada koordinat berikut: 0,0340750 LU - 0,3332930 LS dan 109,053257° BT - 109,3640640 BT. Dalam penelitian ini, pengumpulan data menggunakan teknik dokumentasi dan observasi. Teknik analisis data menggunakan teknik analisis spasial menggunakan index vegetasi (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan teknik statistik spasial korelasi product moment digunakan untuk menentukan hubungan spasial atau ruang antara dua variabel, dalam hal ini variabel yang terkait dengan mangrove seperti tutupan lahan dan kandungan karbon.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Kawasan Mangrove Kecamatan Sungai Kakap

Lokasi penelitian kawasan mangrove di Kecamatan Sungai Kakap mengandung substrat dengan kondisi yang cenderung berlumpur. Sejumlah 13 dari 15 wilayah di kecamatan ini secara geografis terletak di pesisir yang menjadi asosiasi Sungai

Kapuas dengan perairan Laut Natuna. Dari seluruh desa di Kecamatan Sungai Kakap, hanya Desa Pal Sembilan, Desa Punggur Kecil, dan Desa Parit Keladi yang tidak berbatasan langsung dengan muara sungai dan laut sekaligus tidak memiliki jenis vegetasi mangrove sejati.

Kecamatan Sungai Kakap, secara morfologis terletak di dataran rendah yang sebagian besar ditutupi oleh material tanah Dystric Fluvisols. Jenis tanah ini merupakan salah satu jenis tanah dalam kelompok Fluvisols yang terbentuk dari endapan aluvial, terutama di sepanjang sungai-sungai dan lembah-lembah sungai. Jenis tanah ini tersebar di sebagian besar desa di Kecamatan Sungai Kakap. Kandungan gambut yang melimpah memberikan sumbangan yang substansial terhadap struktur dan topografi wilayah. Sebagian kecil wilayah memiliki jenis tanah Dystric Histosols yang termasuk dalam kelompok Histosols. Histosols merupakan jenis tanah yang memiliki akumulasi bahan organik yang signifikan di permukaan tanah atau di bawah permukaan tanah dan umum ditemukan di daerah rawa-rawa atau lahan basah lain. Tanah jenis ini tersebar di Desa Pal Sembilan, Desa Parit Keladi dan Desa Punggur Kecil.



Gambar 1. Sebaran Vegetasi Mangrove di Kecamatan Sungai Kakap

Spesies mangrove sejati yang tumbuh di kawasan pesisir hampir sepanjang garis pantai di Kecamatan Sungai Kakap terdiri dari: 1) *Rhizophora apiculata* (Bakau Minyak), 2) *Rhizophora mucronata* (Bakau Kurap), 3) *Bruguiera cylindrica* (Bakau Rengas), 4) *Bruguiera gymnorhiza* (Bakau Besar), 5) *Avicennia alba* (Api-api Putih), 6) *Avicennia marina* (Api-api Hitam), 7) *Sonneratia alba* (Bakau Putih), 8) *Sonneratia caseolaris* (Bakau Kecil), 9) *Xylocarpus granatum* (Nyireh Batu), dan 10) *Lumnitzera racemosa* (Sungai Pisang). Seluruh spesies vegetasi mangrove tersebut dominan tumbuh di pesisir Desa Sungai Kupah dan Desa Jeruju Besar, baik tumbuh secara alami maupun hasil budidaya melalui peremajaan. Vegetasi mangrove sejati di desa-desa lain dominan berupa spesies Api-api. Meskipun demikian, akumulasi terbesar ekosistem vegetasi mangrove sejati berada di Desa Tanjung Saleh, Desa Sepuk Laut, Desa Punggur Kapuas dan Desa Sungai Belidak. Spesies mangrove nipah sebagai jenis ikutan dominan berada di kawasan delta di Desa Sepuk Laut, Desa Tanjung Saleh, Desa Punggur Kapuas dan Desa Sungai Belidak.

Ekspansi nipah yang luas pada ekosistem mangrove di Kecamatan Sungai Kakap menunjukkan bahwa spesies ini memiliki daya kompetisi yang kuat terhadap spesies mangrove lainnya. Dengan kemampuan adaptasi yang tinggi ini, nipah cenderung mendominasi habitat mangrove dan menggantikan spesies mangrove lainnya yang kurang adaptif terhadap perubahan lingkungan, terutama kuatnya abrasi air laut. Meskipun demikian, pada kawasan yang langsung berhadapan dengan laut lepas, vegetasi nipah tetap mengalami dampak abrasi dengan lepasnya sedimen tanah yang menjadi media tumbuhnya akibat pasang surut air laut. Dominasi nipah ini juga berdampak pada struktur dan komposisi ekosistem mangrove secara keseluruhan sekaligus berpengaruh terhadap fungsi ekosistem (Tomlinson, 1986).



Gambar 2. Akumulasi Ekosistem Mangrove Sejati di Desa Sungai Kupah
Selain sepuluh spesies mangrove utama, terdapat pula jenis mangrove ikutan dalam palma, yakni nipah. *Nypa fruticans* merupakan anggota suku *Arecaceae* atau palma, yang penyebaran luas dan dominasinya sangat tinggi dibandingkan dengan spesies mangrove lainnya. Berdasarkan penelitian, tanaman ini mencakup sekitar 92,48% dari seluruh spesies mangrove yang teridentifikasi di berbagai ekosistem mangrove di Kecamatan Sungai Kakap. Nipah di kawasan ini sangat adaptif terhadap kondisi lingkungan yang tergenang, kondisi air yang payau, serta pengaruh fluktuasi pasang surut air Laut Natuna. Jenis nipah ini dapat tumbuh hingga jarak lebih dari 3000 meter dari bibir perairan terdekat dan dapat menutup lahan seluas 2.092,6 ha dalam suatu kawasan.



Gambar 3. Akumulasi Spesies Nipah (*Nypa fruticans*) di Desa Pungur Kapuas
Spesies Api-api Putih (*Avicennia alba*) lebih dikenal dengan nama lokal Kayu Api-api (*Avicennia spp.*) banyak tumbuh secara merata di kawasan pesisir. Jenis ini tumbuh secara berkelompok maupun menyendiri. Spesies ini lebih banyak tumbuh

berasosiasi dengan tanaman nipah. Kondisi tumbuh cenderung berada pada tempat yang dangkal dan berhadapan secara langsung dengan laut lepas. Pada kawasan yang terdampak abrasi seperti sepanjang pesisir barat Desa Tanjung Saleh dan Sepuk Laut yang rentan terjadi abrasi dan akresi, spesies bakau kurang mampu tumbuh, terutama pada benih tanaman baru.

Spesies Bakau Api-api pada beberapa lokasi bahkan hingga mencapai lebih dari 300 meter dari sungai terdekat atau lebih dari 500 meter dari laut lepas. Vegetasi mangrove sejati jenis Api-api Putih (*Avicennia alba*) memiliki tinggi tajuk rata-rata mencapai 4,71 meter dengan kerapatan vegetasi yang bergerombol mencapai 88,13%. Sebagian besar mangrove yang tumbuh di kawasan ini mencapai usia diatas 20 tahun. Vegetasi ini tersebar di kawasan tepi sungai dan langsung berhadapan dengan laut lepas.



Gambar 4. Bakau Api-api Putih (*Avicennia alba*) yang Berasosiasi dengan Vegetasi Nipah di Desa Kalimas

Tabel 4.1. Luas Vegetasi Mangrove di Kecamatan Sungai Kakap

No	Desa	Luas (ha)	Luas mangrove (ha)	Persentase Luas (%)
1	Jeruju Besar	1.980,80	28,812	1,45
2	Kalimas	2.882,14	32,280	1,12
3	Punggur Besar	8.667,11	137,955	1,59
4	Punggur Kapuas	2.824,27	291,125	10,31
5	Sepuk Laut	10.302,63	5.709,427	55,42
6	Sungai Belidak	1.231,18	180,217	14,64
7	Sungai Itik	1.877,74	24,511	1,31
8	Sungai Kakap	1.329,51	22,357	1,68

9	Sungai Kupah	1.767,67	135,185	7,65
10	Sungai Rengas	3.553,34	97,815	2,75
11	Tanjung Saleh	8.209,37	3.822,823	46,57
	Total	44.625,76	10.482,506	100,00

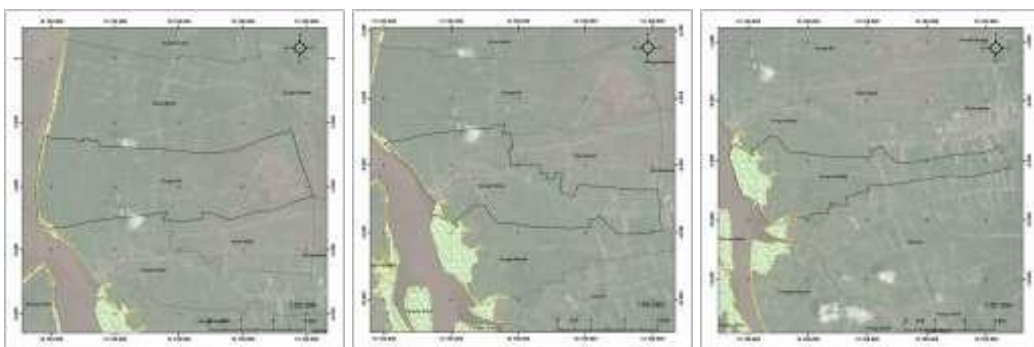
Berdasarkan Tabel 4.1. di atas, luas keseluruhan vegetasi Mangrove di Kecamatan Sungai Kakap sebesar 10.482,506 hektar. Dari keseluruhan desa, Desa Sepuk Laut dan Desa Tanjung Saleh memiliki luas lahan mangrove terbesar sekaligus persentase luasan terbesar terhadap luas wilayah desa. Sebanyak 5.709,422 hektar (55,42%) wilayah Desa Sepuk Laut dan sebanyak 3.822,823 hektar (46,57%) wilayah Desa Tanjung Saleh didominasi oleh vegetasi mangrove. Kedua desa tersebut merupakan delta kepulauan yang terbentuk dari hasil sedimentasi Sungai Kapuas dan langsung berhadapan dengan laut lepas.



Desa Sungai Rengas

Desa Sungai Kupah

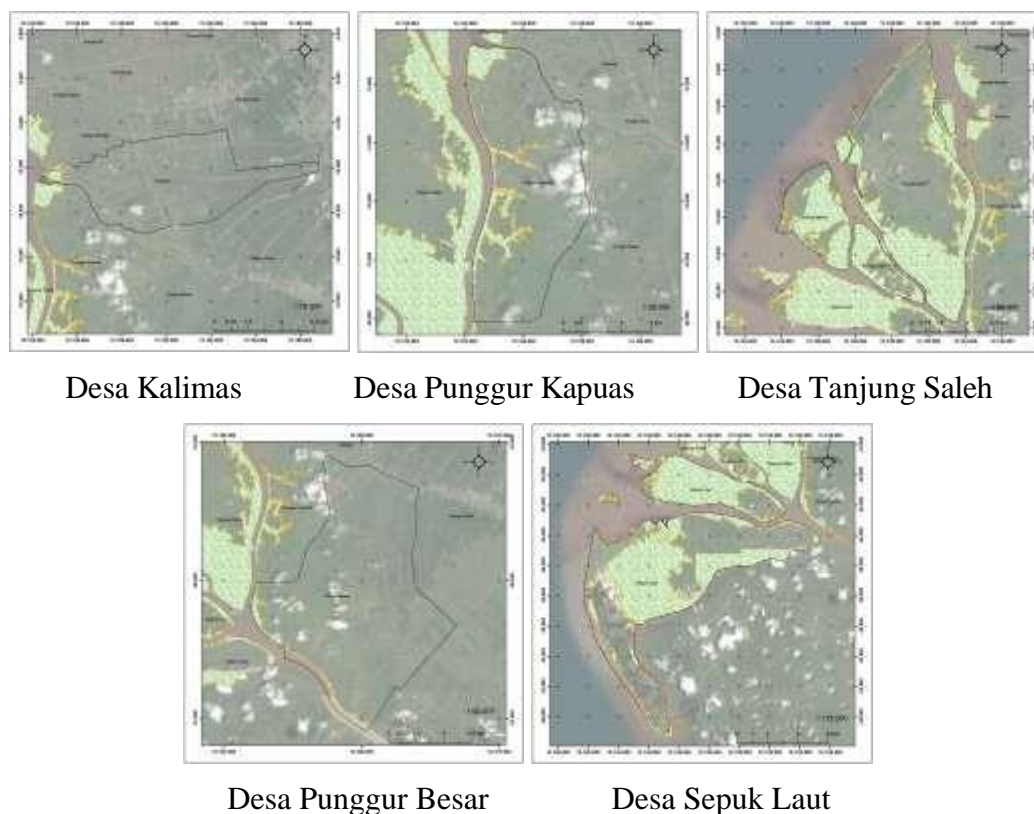
Desa Jeruju Besar



Desa Sungai Itik

Desa Sungai Kakap

Desa Sungai Belidak



Gambar 5. Sebaran Mangrove di Kecamatan Sungai Kakap

SIMPULAN

Vegetasi mangrove di Kecamatan Sungai Kakap merupakan salah satu ekosistem penting yang menempati lahan seluas 10.482,51 hektar, mencakup sekitar 17,64% dari seluruh wilayah kecamatan. Ekosistem mangrove ini sangat vital karena tidak hanya melindungi garis pantai dari abrasi, tetapi juga menjadi habitat bagi berbagai jenis flora dan fauna. Mangrove sejati di wilayah ini didominasi oleh jenis Api-api Putih (*Avicennia alba*), yang memiliki tinggi tajuk rata-rata 4,71 meter dengan kerapatan vegetasi yang mencapai 88,13%. Vegetasi ini sebagian besar tumbuh di kawasan tepi sungai yang berbatasan langsung dengan laut, menciptakan zona pelindung alami yang berfungsi sebagai benteng penahan gelombang. Namun, kawasan mangrove ini juga dihuni oleh vegetasi ikutan seperti nipah yang mendominasi tutupan lahan mangrove dengan luas 9.643,9 hektar atau sekitar 92,48% dari keseluruhan area. Nipah memiliki kerapatan vegetasi yang tinggi, mencapai 87,58% di kawasan tepi, dan bahkan lebih tinggi lagi di bagian belakang,

mencapai 97,17%. Keberadaan vegetasi nipah ini sangat penting untuk stabilitas ekosistem mangrove secara keseluruhan. Di sisi lain, vegetasi mangrove sejati seperti bakau mengalami kesulitan untuk tumbuh dan berkembang di kawasan yang langsung berhadapan dengan laut lepas. Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor lingkungan seperti gelombang laut yang kuat dan salinitas air yang tinggi, yang membuat kondisi ekosistem menjadi kurang kondusif bagi pertumbuhan jenis mangrove ini. Akibatnya, bakau cenderung sulit untuk memperluas wilayah tumbuhnya, dan hanya tumbuh di area yang lebih terlindungi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, A. G., Rukmana, R., & Anggraini, S. (2020). Manfaat Ekowisata Mangrove Bagi Pemberdayaan Masyarakat Lokal di Kabupaten Kepulauan Seribu. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 15(2), 157-163.
- Alongi, D. M. (2013). Carbon Cycling and Storage in Mangrove Forests. *Annual Review of Marine Science*, 6, 195-219.
- Campbell, J. B. (2015). *Introduction to Remote Sensing*. CRC Press.
- Chen, G., Tam, N. F. Y., Ye, Y., & Zhang, G. (2017). Responses of mangrove species to salinity: growth, photosynthesis and mineral nutrient relations. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1-14.
- Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97.
- Dharmawan, A. (2018). Konservasi Ekosistem Mangrove dan Perannya dalam Pengurangan Risiko Bencana. *Jurnal Penelitian Sains*, 21(2), 85-91.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *Mangroves*. Retrieved from <http://www.fao.org/mangroves/en/>
- Jech, J. M. (2014). *Underwater Acoustics and Remote Sensing*. Elsevier.
- Jensen, J. R. (2016). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Pearson.
- Husna, N., Sosef, M. S., & Geelen, D. (2020). Effects of mangrove species composition and forest structure on soil properties and nutrient dynamics in the Mahakam Delta, East Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 475, 118397.

- Kusmana, C. (2020). Potensi Ekosistem Mangrove dalam Pengendalian Abrasi Pantai. *Jurnal Lingkungan Lahan Basah*, 6(1), 12-19.
- Kusumaningtyas, D. (2022). Adaptation of Mangrove Plants to Increased Seawater Temperature. *Marine Pollution Bulletin*, 174, 113062.
- Li, X., Yang, S., Hu, H., Wang, J., & Li, X. (2016). Spatial correlation analysis of mangrove carbon sequestration based on geostatistics in Dongzhai Harbor, China. *Journal of Coastal Research*, 74(sp1), 194-200. doi: 10.2112/SI74-017.1
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2014). *Remote sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons.
- Lovelock, C. E., & Ellison, J. C. (2017). Protecting mangroves, protecting the future. *Earth's Future*, 5(10), 1033-1038.
- Munir, E. N., & Kristianti, R. A. (2021). Analisis Kualitas Air di Kawasan Mangrove dan Non-Mangrove di Pesisir Kota Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(1), 13-21.
- Nugraha, A. (2020). Manfaat dan Pemanfaatan Ekosistem Mangrove. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 6(1), 22-30.
- Nugroho, A. B. (2017). Keanekaragaman Hayati pada Ekosistem Mangrove. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 3(2), 101-110.
- Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Barat Nomor 1 Tahun 2019 tentang Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Provinsi Kalimantan Barat Tahun 2018-2038.
- Rahman, M. M., Nessa, M. N., Sarker, S. K., et al. (2021). Spatial distribution and aboveground biomass of the Sundarbans mangrove forest in Bangladesh. *Journal of Forestry Research*, 32(3), 1243-1253.
- Rahmatullah, H. (2019). Ekosistem Mangrove dan Perubahan Iklim. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 10(2), 68-76.
- Setiawan, E. (2019). Dampak Perusakan Ekosistem Mangrove. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 5(1), 25-32.
- Sembiring, T. (2021). Pengertian dan Fungsi Ekosistem Mangrove. *Jurnal Kelautan*, 10
- Tomlinson, P. B. (1986). *The Botany of Mangroves*. Cambridge: Cambridge University Press.

- UNEP-WCMC, & Fauna & Flora International. (2020). *The Importance of Mangroves: A Call to Action*. Retrieved from <https://www.unep-wcmc.org/resources-and-data/the-importance-of-mangroves-a-call-to-action>
- Untari, A., & Putri, F. A. (2019). Pengaruh Keanekaragaman Hayati Mangrove Terhadap Perikanan Tradisional di Pesisir Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 157-163.
- Wang, J., Sun, Z., Zhang, H., et al. (2015). The spatial distribution of mangrove species and their environmental control in Leizhou Peninsula, China. *Wetlands Ecology and Management*, 23(6), 1161-1173.