

---

## KEANEKARAGAMAN KONDISI FISIK VEGETASI MANGROVE DI PULAU BANGKOBANGKOANG, KABUPATEN PANGKAJENE DAN KEPULAUAN, PROVINSI SULAWESI SELATAN

*Amal Arfan<sup>1</sup>, Muhammad Arib Musba Amalu<sup>2</sup>, Fatimah Albatuu<sup>3</sup>, Indah Puspita Sari<sup>4</sup>*

<sup>1234</sup>Program Studi Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas

Negeri Makassar

Email : *\*amalarfan@unm.ac.id*

### ABSTRACT

Mangrove vegetation is vegetation that can generally only be found in locations that can be influenced by tidal phenomena, such as coastal areas and river estuaries. Indonesia has mangrove vegetation spread almost all over its coastline and on a number of small islands. Mangrove vegetation in Indonesia also has a high level of diversity, both in terms of type or species, as well as the condition of the mangrove vegetation such as its density level. This can happen due to the influence of environmental conditions around the mangrove vegetation. This research was then carried out to find out what the diversity of types and conditions of mangrove vegetation is like on Bangkombangkoang Island, Pangkajene Regency and the Islands, which are small islands. The method used is the plot plot method which aims to determine the profile or ecology of the mangrove vegetation in an area. The results of this research show that there are two types of mangroves that were observed, namely *Rhizophora Mucronata* and *Apiculata*. This research can then provide information regarding the diversity of types and conditions of mangrove vegetation on Bangkombangkoang Island, which can become a reference in the management and conservation of the mangrove ecosystem on the island.

**Keywords:** Diversity; physical condition; mangroves; Bangkok Bangkoang Island

### ABSTRAK

Vegetasi mangrove merupakan vegetasi yang secara umum hanya dapat dijumpai pada lokasi yang dapat dipengaruhi oleh fenomena pasang surut air laut, seperti daerah pesisir pantai dan juga muara sungai. Indonesia memiliki persebaran vegetasi mangrove hampir pada seluruh garis pantainya serta pada sejumlah pulau kecil. Vegetasi mangrove di Indonesia juga memiliki tingkat keanekaragaman yang tinggi, baik itu dari segi jenis atau spesiesnya, hingga kondisi vegetasi mangrove tersebut seperti tingkat kerapatannya. Hal tersebut dapat terjadi tak terlepas akibat adanya pengaruh kondisi lingkungan di sekitar vegetasi mangrove tersebut. Penelitian ini kemudian dilakukan untuk dapat mengetahui seperti apa keanekaragaman jenis dan kondisi vegetasi mangrove di Pulau Bangkombangkoang, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, yang termasuk pulau kecil. Metode yang digunakan yaitu metode plot berpetak yang bertujuan agar dapat mengetahui profil ataupun ekologi vegetasi mangrove suatu wilayah. Adapun hasil penelitian ini menampakkan bahwa jenis mangrove yang berhasil diamati ada dua jenis, yaitu *Rhizophora Mucronata* dan *Apiculata*. Penelitian ini kemudian dapat menjadi suatu informasi mengenai keanekaragaman jenis dan kondisi vegetasi mangrove di Pulau Bangkombangkoang, yang dimana dapat menjadi acuan dalam pengelolaan dan konservasi ekosistem mangrove di pulau tersebut.

**Kata Kunci:** Keanekaragaman; kondisi fisik; mangrove; Pulau bangkombangkoang

## PENDAHULUAN

Mangrove dikenal sebagai vegetasi yang hanya dapat tumbuh pada daerah dengan pengaruh pasang surut air laut seperti pesisir pantai atau muara sungai. Mangrove juga dikenal sebagai vegetasi yang sangat beranekaragam akibat pengaruh kondisi lingkungan di sekitar mangrove tersebut bertumbuh (Ramdhan & Nabel, 2021). Keanekaragaman vegetasi mangrove di Indonesia merupakan salah satu yang tertinggi di dunia. Bayangkan saja, sekitar 23% dari luasan hutan mangrove seluruh dunia terdapat di Indonesia, yang dimana memiliki jumlah keberagaman spesies yang mampu mencapai sekitar 202 jenis mangrove (Faridah dkk, 2019; Tidore, 2021). Hampir keseluruhan garis pantai di setiap wilayah Indonesia, termasuk pada pulau-pulau kecil dapat ditemukan vegetasi mangrove dengan jenis yang beranekaragam, akibat adanya pengaruh lingkungan yang berbeda-beda dari setiap wilayah tumbuhnya vegetasi mangrove tersebut (Soeprbowanti, 2022). Tingginya keanekaragaman dari vegetasi mangrove tersebut yang kemudian menjadikannya sebagai salah satu aset yang sangat berharga bagi bangsa, sebab dari keanekaragaman tersebut mampu menghasilkan manfaat secara ekologis hingga secara ekonomis kepada lapisan kehidupan di sekitar vegetasi mangrove (Riana dkk, 2020). Hutan mangrove di daerah tropis dan subtropis penting untuk perlindungan pantai, konservasi keanekaragaman hayati, dan perlindungan terumbu karang dan padang lamun (Aslan dkk, 2022). Fungsi ekologis yang dimiliki oleh vegetasi mangrove diantaranya yaitu sebagai pelindung daerah pantai dari gelombang tinggi, kemudian menjadi habitat dari sejumlah spesies makhluk hidup lainnya, mampu menjadi pencegah terjadinya intrusi air laut, hingga memiliki peranan penting dalam menanggulangi dampak perubahan iklim, melalui penyerapan emisi karbon (Krauss et al, 2022). Adapun fungsi ekonomis dari vegetasi mangrove diantaranya yaitu sebagai penghasil berbagai keperluan industri dan rumah tangga, serta penghasil bibit. (Su, 2021; Agaton, 2022).

Melihat berbagai realita yang ada, meskipun vegetasi mangrove memiliki begitu banyak manfaat dari segi ekologis hingga ekonomis, akan tetapi fenomena deforestasi mangrove masih terus saja terjadi. Deforestasi mangrove dapat terjadi akibat ulah dari manusia yang seringkali melakukan alih fungsi lahan yang pada umumnya menjadi lahan tambak ataupun permukiman (Hidayat & Rachmawatie, 2021). Dalam satu sisi, hal tersebut terkadang perlu dilakukan untuk dapat memenuhi kebutuhan hidup manusia. Tetapi, apabila hal tersebut terus menerus dilakukan setiap saat tanpa ada upaya untuk melakukan konservasi dan restorasi kawasan mangrove yang terdegradasi, maka hal itu justru akan menimbulkan dampak lingkungan yang lebih besar (Anita dkk., 2022). Akibat dari kerusakan mangrove hilangnya spesies mangrove yang mengakibatkan berkurangnya keanekaragaman jenis mangrove atau disebut *species diversity* (Djamiluddin, 2019; Van Der, 2022). Oleh karena itu perlu adanya pembaharuan data mengenai aneka ragam spesies mangrove untuk menjaga kelestarian spesies mangrove di Sulawesi Selatan.

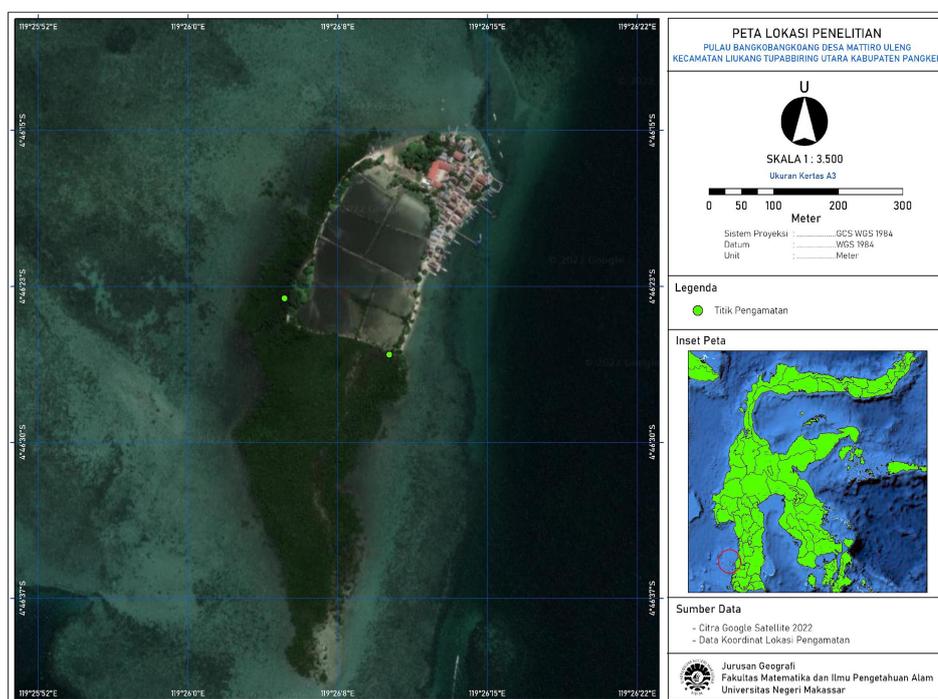
Salah satu daerah yang dapat menjadi sumber data yang penting mengenai keanekaragaman jenis mangrove yaitu Pulau Bangkobangkoang, yang terletak di Kab. Pangkajene dan Kepulauan. Pulau ini memiliki kawasan hutan mangrove yang masih tergolong alami, akan tetapi, informasi mengenai jenis dan kondisi hutan mangrove yang terdapat di pulau Bangkobangkoang masih kurang sehingga dibutuhkan data yang aktual agar dapat menunjang pemanfaatan mangrove secara optimal. Berdasarkan permasalahan tersebut

dilakukan pengamatan tentang keanekaragaman jenis mangrove dan kondisi mangrove di Pulau Bangkobangoang, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan.

Penelitian ini dilakukan mengingat pentingnya fungsi dan potensi keberadaan mangrove yang esensial bagi ekosistem perairan pesisir. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai keragaman dan kondisi mangrove sehingga data tersebut dapat menjadi referensi dalam upaya memaksimalkan pemanfaatan mangrove terutama di wilayah Pulau Bangkobangoang.

### METODE PENELITIAN

Lokasi di Pulau Bangkobangoang yang secara administratif merupakan wilayah dari Desa Mattiro Ulang, Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Secara geografis, Pulau ini terletak pada koordinat 4' 46'18" BT dan 119' 31'25" LS atau seperti yang terlihat pada Gambar 1 yang merupakan Peta Lokasi Penelitian. Penelitian ini terdiri atas dua tahapan, yang pertama yaitu analisis kondisi vegetasi mangrove berupa tingkat kerapatannya berdasarkan analisis NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Setelah itu pada tahapan kedua dilakukan analisis untuk mengetahui keragaman jenis mangrove beserta validasi mengenai kondisi vegetasi mangrove tersebut.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

#### 1. Analisis Tingkat Kerapatan Vegetasi Mangrove Berdasarkan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

Analisis kondisi tingkat kerapatan vegetasi mangrove dilakukan melalui analisis citra satelit Sentinel 2A akuisisi tahun 2023. Metode analisis menggunakan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) yang merupakan sebuah metode analisis berdasarkan pada pengamatan kemampuan permukaan vegetasi yang dapat merefleksikan berbagai jenis gelombang cahaya dari satelit yang berbeda-beda, sehingga sangat sering digunakan dalam menganalisis kondisi fisik suatu vegetasi seperti tingkat kerapatannya (Dharmawan dkk., 2020). Adapun proses analisisnya dilakukan melalui perhitungan nilai spektral dari masing-masing *band* melalui formula yaitu :

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

Keterangan :

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = Band 8 (*Near Infrared* atau Gelombang Inframerah Dekat)

Red = Band 4 (*Red* atau Gelombang Merah)

Setelah dilakukan perhitungan nilai NDVI, maka selanjutnya dilakukan klasifikasi tingkat kerapatan vegetasi mangrove, berdasarkan klasifikasi oleh Departemen Kehutanan Republik Indonesia (2005) seperti yang dikutip pada Arfan dkk. (2022) yaitu sebagai berikut :

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Kerapatan Mangrove Berdasarkan Nilai NDVI

Nilai NDVI	Klasifikasi Kerapatan Mangrove
$-1 \leq NDVI \leq 0,32$	Mangrove Jarang
$0,33 \leq NDVI \leq 0,42$	Mangrove Sedang
$0,43 \leq NDVI \leq 1$	Mangrove Rapat

Sumber : Departemen Kehutanan Republik Indonesia (2005) dalam Arfan dkk. (2022)

## 2. Analisis Keragaman Jenis dan Kondisi Fisik Vegetasi Mangrove

Analisis keragaman jenis dan kondisi fisik vegetasi mangrove dilakukan menggunakan sejumlah instrumen yang diantaranya yaitu GPS (*Global Positioning System*), kompas, peta citra satelit, roll meter, pita meter, dan plot mangrove berpetak dalam sejumlah ukuran (10x10 meter, 5x5 meter, dan 2x2 meter). Metode plotting berpetak yaitu kombinasi dari metode transek dan plot (Dharmawan dkk., 2020). Tujuannya untuk melihat profil dan ekologi vegetasi mangrove berdasarkan zonasi. adapun tarikan garis disesuaikan dengan lokasi lokasi penelitian. selanjutnya dibuat plot ukuran bertingkat masing masing 10 x 10 m untuk pohon, 5 x 5 m untuk pancang/anakan dan 2 x 2 m untuk semai/ bibit.

Dharmawan (2020) juga mengungkapkan bahwa pengambilan contoh untuk mengetahui vegetasi mangrove dilakukan suatu identifikasi jenis mangrove berdasarkan petak transek dengan kriteria tingkat tegakan, antara lain, pohon, pancang dan semai. Menurut Bengen (2000), Adapun identifikasi ini dilakukan di juga melibatkan analisis mengenai gambaran vegetasi mangrove dengan menghitung nilai kerapatan (indeks/Ha), nilai kerapatan relatif (%), frekuensi (indeks) dan frekuensi relatif (%). Adapun sejumlah formula yang digunakan dalam menganalisis kondisi fisik vegetasi mangrove tersebut seperti yang dikutip oleh Bengen (2000), diantaranya yaitu sebagai berikut :

### a. Analisis Kerapatan Jenis Vegetasi Mangrove

$$D_i = \frac{n_i}{A}$$

Keterangan:

$D_i$  = Kerapatan Jenis (in/Ha)

$n_i$  = Jumlah Tegakan/Spesies Jenis  $i$

A = Luasan Area Pengukuran

## b. Analisis Kerapatan Relatif Jenis Vegetasi Mangrove

$$RD_i = \left( \frac{n_i}{\sum n} \right) \times 100$$

Keterangan:

$RD_i$  = Kerapatan Relatif Jenis (%)

$n_i$  = Jumlah Tegakan/Spesies Jenis  $i$

$\sum n$  = Jumlah Total Tegakan Seluruh Jenis/Spesies

## c. Analisis Frekuensi Jenis Vegetasi Mangrove

$$F_i = \left( \frac{p_i}{\sum p} \right)$$

Keterangan:

$F_i$  = Frekuensi Jenis/Spesies (in)

$p_i$  = Jumlah Plot yang Ditemukan Tegakan/Spesies Jenis  $i$

$\sum p$  = Jumlah Total Plot yang Diamati

## d. Analisis Frekuensi Relatif Jenis Vegetasi Mangrove

$$RF_i = \left( \frac{F_i}{\sum F} \right) \times 100$$

Keterangan:

$RF_i$  = Frekuensi Relatif Jenis/Spesies (%)

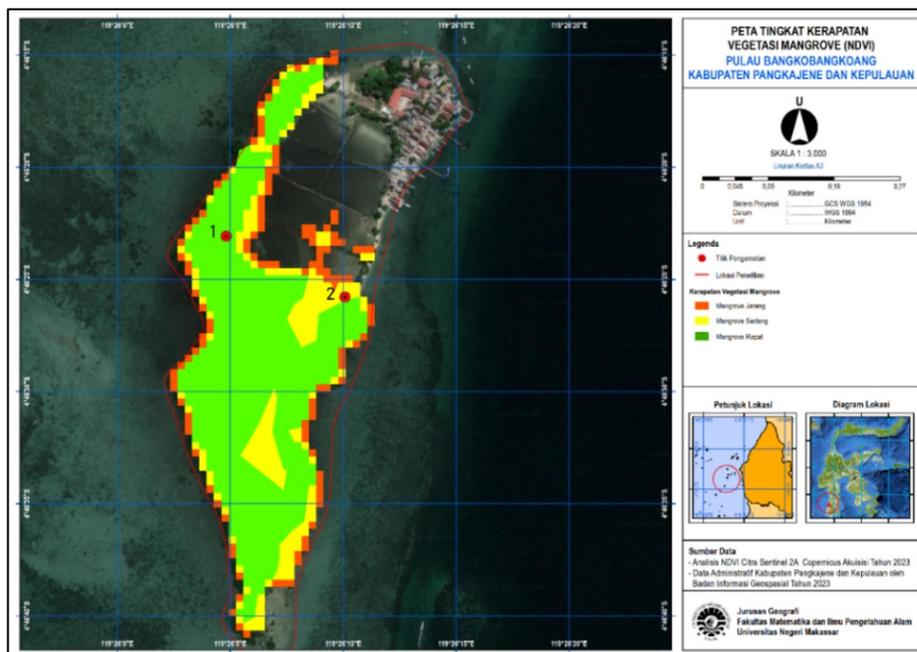
$F_i$  = Frekuensi Jenis/Spesies  $i$

$\sum p$  = Jumlah Frekuensi untuk Seluruh Jenis/Spesies

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Tingkat Kerapatan Vegetasi Mangrove Berdasarkan Analisis NDVI

Hasil analisis NDVI dari citra Sentinel 2A pada kawasan Pulau Bangkobangkoang Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan dapat terlihat pada Gambar 2 yang merupakan peta tingkat kerapatan ekosistem mangrove. Hasil analisis ini memiliki perentangan nilai spektral tertentu, yang dimana dijadikan acuan dalam menentukan kondisi fisik dari vegetasi mangrove berupa tingkat kerapatannya. Untuk selanjutnya dilakukan pengolahan data melalui aplikasi sistem informasi geografis, yang kemudian menghasilkan peta tingkat kerapatan vegetasi mangrove.



Gambar 2. Peta Tingkat Kerapatan Vegetasi Mangrove Berdasarkan Analisis NDVI

Peta tersebut menunjukkan secara kondisi fisik, vegetasi mangrove di Pulau Bangkombangkoang terdiri atas mangrove dengan tingkat kerapatan yang tinggi, mangrove dengan tingkat kerapatan sedang, dan mangrove dengan tingkat kerapatan rendah atau mangrove jarang. Adapun untuk data luasan vegetasi mangrove berdasarkan tingkat kerapatannya, beserta persentasenya terdapat pada Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Luasan Mangrove Berdasarkan Tingkat Kerapatannya

Tingkat Kerapatan	Luas (Ha)	Persentase Luasan (%)
Mangrove Jarang	1,245	12,21
Mangrove Sedang	1,97	19,32
Mangrove Rapat	6,98	68,47
<b>Total</b>	<b>10,195</b>	<b>100</b>

Sumber : Hasil Analisis (2023)

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, terlihat bahwa sebagian besar atau sekitar 68,47% vegetasi mangrove di Pulau Bangkombangkoang didominasi oleh mangrove dengan tingkat kerapatan yang tinggi. Melalui hasil analisis diketahui bahwa luasan mangrove di Pulau Bangkombangkoang ini mencapai hingga 10,195 hektar. Tingginya persentase vegetasi mangrove dengan tingkat kerapatan yang tinggi dapat menjadi sebuah indikasi bahwa secara kondisi fisik, vegetasi mangrove di Pulau Bangkombangkoang masih berada dalam kondisi yang baik.

Tingkat kerapatan vegetasi mangrove yang tinggi menunjukkan bahwa vegetasi mangrove tersebut masih terjaga, dan tingkat degradasinya masih rendah (Marasabessy dkk., 2021). Akan tetapi, terdapat juga variasi kerapatan mangrove pada pulau ini, yang masing-masing terdiri atas mangrove dengan kerapatan yang sedang, hingga mangrove jarang atau mangrove dengan tingkat kerapatan yang rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa telah ada pengaruh aktivitas manusia terhadap vegetasi mangrove tersebut. Variasi kerapatan vegetasi mangrove diketahui dapat terjadi sebagai akibat oleh sejumlah faktor, termasuk alih fungsi lahan oleh manusia menjadi tambak atau kawasan terbangun (Fahreza dkk., 2022). Diperkuat

lagi dengan adanya kawasan tambak dan permukiman yang ditemukan di Pulau Bangkombangkoang.

## 2. Kondisi Sebaran Mangrove

Pulau Bangkombangkoang merupakan salah satu pulau di Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan yang memiliki luas sekitar 5-6 km<sup>2</sup>. Pulau ini dapat dijumpai sejumlah ekosistem mangrove, yang dimana termasuk kategori mangrove dengan substrat pasir dan berlumpur. Adapun vegetasi mangrove di lokasi penelitian didominasi oleh mangrove jenis *Rhizophora* dan beberapa jenis *Avicennia* yang secara umum dapat dijumpai dan membentuk tegakan pada beberapa bagian dari pulau. Penelitian dilakukan dengan ploting 2 titik yang akan dilakukan kegiatan pengamatan terhadap vegetasi mangrove.

Berdasarkan hasil identifikasi vegetasi mangrove di beberapa tempat di Pulau Bangkombangkoang, diperoleh 2 jenis mangrove, yang berbeda pada masing-masing titik. Diantaranya yaitu jenis *Rhizophora mucronata* pada titik 1 dan *Rhizophora apiculata* pada titik 2. Keduanya termasuk dalam mangrove jenis *Rhizophora* yang merupakan jenis mangrove dengan ciri utama berupa bentuk perakaran yang menghujam ke tanah, yang kemudian dikenal dengan akar tunjang atau *stilt root* (Khairunnisa dkk., 2020). Akar tunjang merupakan akar yang tumbuh di atas permukaan tanah. Akar ini mencuat dari batang pohon dan dahan paling bawah serta memanjang keluar dan menuju ke permukaan tanah. Untuk membedakan jenis-jenis dalam genus *Rhizophora* jika sedang berbuah dapat dengan mudah dikenali dari jumlah bunga dalam rangkaian bunganya. Jika dalam rangkaian bunga terdapat hanya 2 bunga maka dapat dipastikan merupakan jenis *Rhizophora mucronata*, sedangkan jika dalam rangkaian bunga dijumpai 4-8 bunga jenis *Rhizophora apiculata*.

Tabel 3. Kerapatan Jenis dan Kerapatan Relatif Mangrove di Pulau Bangkombangkoang

Titik	Jenis	Kerapatan Jenis (in/Ha)	Kerapatan Relatif (%)
1	Rhizophora Mucronata	0,19	73,08
2	Rhizophora Apiculata	0,07	26,92
<b>Total</b>		0,26	100

Sumber : Hasil Analisis (2023)

Tabel 4. Frekuensi Jenis dan Frekuensi Relatif Mangrove di Pulau Bangkombangkoang

Titik	Jenis	Frekuensi (in)	Frekuensi Relatif (%)
1	Rhizophora Mucronata	0,33	57
2	Rhizophora Apiculata	0,25	43
<b>Total</b>		0,58	100

Sumber : Hasil Analisis (2023)

Hasil pengukuran dan perhitungan kerapatan seperti pada tabel di atas menunjukkan bahwa di Titik 1 terdapat *Rhizophora Mucronata* pada seluruh plot dengan kerapatan 0,19 Ha sedangkan pada Titik 2 terdapat jenis *Rhizophora Apiculata* pada seluruh plot dengan kerapatan 0,07 Ha dengan kerapatan relatif 73,08% sehingga didapatkan rerata kerapatan relatif sebesar 73,08%. Adapun pada Titik 1 mangrove jenis *Rhizophora Mucronata* terdistribusi padat dengan frekuensi 0,33 in dan frekuensi relatif 0,57%, sedangkan untuk jenis *Rhizophora Apiculata* pada Titik 2 terdistribusi klas jarang dengan frekuensi 0,25 in dan frekuensi relatif 0,43%. Untuk nilai dominansi, dominansi relatif serta indeks nilai penting, dibutuhkan beberapa patok agar dapat menentukan perhitungannya. Hal ini dikarenakan, perhitungan

tersebut tidak akan menghasilkan data yang akurat sebagai akibat dari kurangnya patok yang ditetapkan selama di lapangan.

Dari hasil pengolahan data diketahui bahwa pada semua plot terdapat jenis *Rhizophora* dengan nilai frekuensi jenis yang besar. Hal tersebut dikarenakan jenis mangrove tersebut mampu tumbuh pada habitat yang beragam di daerah pasang surut, lumpur, pasir dan batu. Mangrove dengan segala manfaatnya patut dilestarikan dan dijaga dengan baik dengan kebijakan konservasi yang tepat.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis diperoleh suatu kesimpulan bahwa variasi jenis mangrove di Pulau Bangkombangkoang terdapat dua jenis mangrove dengan kerapatan relatif sebesar 73,08%, kawasan mangrove di Pulau Bangkombangkoang masih alami dan merupakan kawasan yang masih alami dan dijaga kelestariannya oleh masyarakat setempat sehingga menjadi salah satu bentuk upaya konservasi dan memerlukan kebijakan serta regulasi yang mendukung untuk keberlanjutan konservasi mangrove.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adame, M. F., Connolly, R. M., Turschwell, M. P., Lovelock, C. E., Fatoyinbo, T., Lagomasino, D., ... & Brown, C. J. (2021). Future carbon emissions from global mangrove forest loss. *Global change biology*, 27(12), 2856-2866.
- Anita, A., Marlian, N., & Zurba, N. (2022). Kajian Konservasi Mangrove di Pesisir Pantai Sumatera Barat. *Journal of Aceh Aquatic Sciences*, 6(1), 34-46.
- Arfan, A., Maru, R., Side, S., Nurdin, S., & Juanda, M. F. (2022). The Management Strategy of Ecopreneurship-based Sustainable Mangrove Forest Ecotourism in Makassar City, South Sulawesi. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 16(2), 209-218.
- Aslan, A., & Aljahdali, M. O. (2022). *Characterizing global patterns of mangrove canopy height and aboveground biomass derived from SRTM data. Forests*, 13(10), 1545. <https://doi.org/10.3390/f13101545>
- Bengen, D. G. (2000). *Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. Bogor : Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor.
- Djamaluddin, R., Kaumbo, M. A., & Djabar, B. (2019). Present condition of mangrove environment and community structure in Tomini Gulf, Sulawesi, Indonesia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(3), 601-614.
- Dharmawan, I. W. E., Suyarso, Ulumuddin, Y. I., Prayudha, B., & Pramudji. (2020). *Panduan Monitoring Struktur Komunitas Mangrove di Indonesia*. Bogor : Media Sains Nasional.
- Fahreza, F. D., Aulia, A., Fauzan, F. S., Somantri, L., & Ridwana, R. (2022). Pemanfaatan Citra Sentinel-2 dengan Metode NDVI untuk Perubahan Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kabupaten Indramayu. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 10(2), 155–165.
- Faridah-Hanum, I., Yusoff, F. M., Fitrianto, A., Ainuddin, N. A., Gandaseca, S., Zaiton, S., ... & Harun, N. Z. N. (2019). Development of a comprehensive mangrove quality index (MQI) in Matang Mangrove: Assessing Mangrove Ecosystem Health. *Ecological Indicators*, 102, 103-117.
- Friess, D.A.; Rogers, K.; Lovelock, C.E.; Krauss, K.W.; Hamilton, S.E.; Lee, S.Y.; Lucas, R.; Primavera, J.; Rajkaran, A.; Shi, S. The state of the world's mangrove forests: Past, present, and future. *Ann. Rev. Environ. Resource*. 2019, 44, 89–115.
- Hidayat, A., & Rachmawatie, D. (2021). Deforestasi Ekosistem Mangrove Di Pulau Tanakeke, Sulawesi Selatan, Indonesia. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(3), 439-454.

- Khairunnisa, C., Thamrin, E., & Prayogo, H. (2020). Keanekaragaman Jenis Vegetasi Mangrove Di Desa Dusun Besar Kecamatan Pulau Maya Kabupaten Kayong Utara. *Jurnal Hutan Lestari*, 8(2), 325-336.
- Krauss, K. W., Lovelock, C. E., Chen, L., Berger, U., Ball, M. C., Reef, R., ... & Duberstein, J. A. (2022). Mangroves provide blue carbon ecological value at a low freshwater cost. *Scientific reports*, 12(1), 1-12.
- Majid, I., Al Muhdar, M. H. I., Rohman, F., & Syamsuri, I. (2016). Konservasi hutan mangrove di pesisir pantai Kota Ternate terintegrasi dengan kurikulum sekolah. *Jurnal Bioedukasi*, 4(2).
- Marasabessy, I., Badarudin, I., & Rumlus, A. (2021). Tingkat Kerapatan dan Tutupan Relatif Mangrove di Taman Wisata Klawalu Kota Sorong Papua Barat. *Grouper: Jurnal Ilmiah Perikanan*, 12(1), 1-10.
- Ramadhan, N. (2021). *Pola Sebaran Jenis dan Tingkat Kerapatan Mangrove Berdasarkan Tingkat Penggenangan Pasang Surut Air Laut di Segara Anakan Cilacap* (Doctoral dissertation, Universitas Jenderal Soedirman).
- Riana, A., Pianti, D. O., Ramadhila, R., Pranata, Y., & Nata, P. R. (2020). Potensi Hutan Mangrove Sebagai Ekowisata Bagi Masyarakat Pesisir Bengkulu. *ISEJ: Indonesian Science Education Journal*, 1(3), 210-215.
- Setyadi, G., Pribadi, R., Wijayanti, D. P., & Sugianto, D. N. (2021). Mangrove diversity and community structure of Mimika District, Papua, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(8).
- Soeprbowati, T. R., Anggoro, S., Puryono, S., Purnaweni, H., Sularto, R. B., & Mersyah, R. (2022). *Species composition and distribution in the mangrove ecosystem in the city of Bengkulu, Indonesia*. *Water*, 14(21), 3516. <https://doi.org/10.3390/w14213516>
- Su, J., Friess, D. A., & Gasparatos, A. (2021). A meta-analysis of the ecological and economic outcomes of mangrove restoration. *Nature communications*, 12(1), 1-13.
- Tidore, S., Sondakh, C. F., Rumengan, A. P., Kaligis, E. Y., Ginting, E. L., & Kondoy, C. (2021). Struktur komunitas hutan mangrove di Desa Budo Kecamatan Wori Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 9(2), 71-78.
- Van der Stocken, T., Vanschoenwinkel, B., Carroll, D., Cavanaugh, K. C., & Koedam, N. (2022). Mangrove dispersal disrupted by projected changes in global seawater density. *Nature Climate Change*, 12(7), 685-691.