

## Pemetaan Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kabupaten Berau Tahun 2019 – 2023 dengan Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Tsalji Dzakira Fasabbih<sup>a</sup>, Dwi Agung Pramono<sup>b</sup>, Feri Fadlin<sup>c</sup>, & Andi Baso Sofyan A. P.<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Program Diploma 3 Teknologi Geomatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Kota Samarinda

<sup>b</sup> Program Studi Teknologi Geomatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Kota Samarinda

<sup>c</sup> Program Studi Teknologi Rekayasa Geomatika dan Survei, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Kota Samarinda

### ABSTRACT

Berau is one of the regencies in East Kalimantan Province, with its capital located in Tanjung Redeb. The mangrove forest potential in Berau Regency is considerable, covering approximately 86,000 hectares, and must be preserved due to its significant ecological benefits and functions. The mangrove vegetation in Berau plays a critical ecological role, serving as a habitat for various species of flora and fauna and acting as a natural barrier against coastal erosion. Changes in mangrove vegetation density can reflect the health of the ecosystem. A decline in vegetation density may indicate environmental degradation that requires immediate attention. This study aims to map changes in mangrove vegetation density in Berau Regency using remote sensing technology, specifically the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) method through the processing of Sentinel-2 imagery from 2019 to 2023. The use of satellite imagery, particularly Sentinel-2A, represents a modern approach to monitoring and analyzing vegetation changes. The results of the study show a noticeable change in mangrove vegetation density in Berau Regency from 2019 to 2023. In 2019, dense vegetation classification covered 79% of the mangrove area, which significantly decreased to 48% in 2023. Medium-density vegetation increased from 4% in 2019 to 26% in 2023. Meanwhile, sparse vegetation classification rose from 7% in 2019 to 19% in 2023. This study successfully demonstrates changes in mangrove vegetation density in Berau Regency over the 2019–2023 period using the NDVI method. These findings provide valuable insights for conservation efforts and environmental management in the region, as well as highlight the potential of remote sensing technology to efficiently and accurately monitor vegetation conditions.

**How to cite:** Fasabbih, T. D., Pramono, D. A., Fadlin, F., & Sofyan A. P., A. B. (2025). Pemetaan Perubahan Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kabupaten Berau Tahun 2019 – 2023 dengan Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). *Journal of Geomatics Engineering, Technology, and Science*, 3(2), 55-60. <https://doi.org/10.51967/gets.v3i2.50>

---

### 1. PENDAHULUAN

Berau merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Kalimantan Timur yang beribukota di Tanjung Redeb. Secara geografis kabupaten ini terletak antara 116° - 119° BT dan antara 1° LU - 2 ° 33' LU. Daerah ini berbatasan dengan Kabupaten Bulungan di utara, Laut Sulawesi di timur, Kabupaten Kutai Timur di selatan, serta Kabupaten Malinau, Kutai Barat, dan Kutai Kartanegara di barat. Luas wilayah daerah ini adalah

36.962 km<sup>2</sup> dengan 17 pulau-pulau. Kecamatan terluas pada wilayah kabupaten ini adalah Kecamatan Kelay. Adapun kecamatan dengan luas terkecil yakni Kecamatan Tanjung Redeb. Pada tahun 2023, Kabupaten Berau memiliki jumlah penduduk kurang lebih sebesar 280.998 jiwa dengan kepadatan penduduk 0,01 (Badan Pusat Statistik Kabupaten Berau, 2024).

Kabupaten Berau merupakan salah satu daerah pintu gerbang pembangunan di wilayah Provinsi Kalimantan Timur bagian Utara. Daerah ini terletak di

**CONTACT** Dwi Agung Pramono  dwapra@gmail.com

© 2025 The Author(s). Published by Tanesa Press, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits, unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

sebelah utara dari Ibukota Propinsi Kalimantan Timur, sekaligus merupakan wilayah daratan dan pesisir pantai yang memiliki berbagai sumber daya alam. Wilayah daratan terdiri dari gugusan bukit yang terdapat hampir di semua kecamatan. Terutama di Kecamatan Kelay yang mempunyai perbukitan batu kapur yang luasnya hampir 100 km<sup>2</sup>. Sementara, di daerah Kecamatan Tubaan terdapat perbukitan yang dikenal dengan Bukit Padai. Daerah pesisir Kabupaten Berau terletak di Kecamatan Biduk-Biduk, Talisayan, Pulau Derawan dan Maratua yang secara geografis berbatasan langsung dengan lautan (Putri, 2023).

Salah satu potensi sumber daya alam yang cukup besar di Kabupaten Berau adalah potensi ekosistem mangrove dengan luas mencapai 86 ribu hektar. Sumber daya ini pun harus terus dijaga. Karena manfaatnya yang sangat besar jika dimaksimalkan, baik di sektor pariwisata dan perikanan (Hariyani, 2023). Secara umum, luas hutan mangrove di Indonesia sekitar 4,25 juta hektar, di mana penyebarannya sebesar 15,46 persen terdapat di Sumatera, 2,35 persen di Sulawesi, 2,35 persen di Maluku, 9,02 persen di Kalimantan, 1,03 persen di Jawa, 0,18 persen di Bali dan Nusa Tenggara, dan 69,43 persen terdapat di wilayah Papua. Berdasarkan data Kementerian Kehutanan pada tahun 2013, hutan mangrove di Indonesia tersebar pada beberapa provinsi di berbagai gugusan kepulauan. Luasan hutan mangrove di Indonesia merupakan hutan mangrove terluas yang ada di Asia dan bahkan di dunia. Namun, luas hutan mangrove di Indonesia telah mengalami penurunan 30-50% pada setengah abad terakhir ini karena pembangunan daerah pesisir, perluasan pembangunan tambak, abarasi air laut, dan penebangan yang berlebihan. (Karimah, 2017).

Hutan mangrove merupakan sumberdaya alam daerah tropis yang mempunyai manfaat besar baik secara ekologi maupun ekonomi. Ekosistem mangrove memiliki peran yang sangat penting dalam dinamika ekosistem pesisir dan laut, terutama perikanan pantai (Ramena dkk., 2020). Pengelolaan hutan mangrove merupakan hal yang penting dalam mengupayakan pelestarian lingkungan di kawasan pesisir. Fungsi ekosistem mangrove salah satunya berkaitan dengan fungsi fisik yakni sebagai mitigasi bencana dalam meredam gelombang dan angin, pelindung pantai dari abrasi dan tsunami, penahan lumpur dan sedimen, serta pencegah intrusi air laut ke daratan. Fungsi lain yakni sebagai habitat berbagai jenis satwa dan sebagai obyek daya tarik wisata alam dan atraksi ekowisata (Utomo dkk., 2017).

Saat ini, berbagai aktivitas yang dilakukan manusia tanpa terkecuali di wilayah pesisir Kabupaten Berau seperti konversi lahan, pembangunan pesisir, dan adanya perubahan iklim menyebabkan degradasi serta hilangnya ekosistem mangrove secara masif. Untuk menjaga berbagai fungsi vital dari ekosistem mangrove, pemantauan kondisi mangrove secara rutin menjadi sangat penting. Salah satunya dapat melalui kegiatan pemetaan dan studi perubahan kerapatan vegetasi mangrove. Kerapatan vegetasi merupakan persentase

suatu spesies vegetasi atau tumbuhan yang hidup di suatu luasan tertentu. Kerapatan vegetasi dapat dianalisis dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Metode yang banyak digunakan saat ini untuk menganalisis tingkat kerapatan vegetasi di antaranya metode *Forest Canopy Density* (FCD) dan Indeks Vegetasi. FCD merupakan salah satu metode dalam menghitung kerapatan vegetasi dengan menunjukkan kerapatan kanopi pohon yang terdiri dari berbagai macam unsur yaitu hasil pengolahan *Vegetation Density* (VD) dan *Scaled Shadow Index* (SSI) (Sukmono dkk., 2020). Sementara itu, indeks vegetasi atau *Normalized Difference Vegetation Indeks* (NDVI) adalah indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman. Indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis antara band merah dan band *Near Infrared* (NIR) atau infra merah dekat yang telah lama digunakan sebagai indikator keberadaan dan kondisi vegetasi (Innadya dkk., 2022).

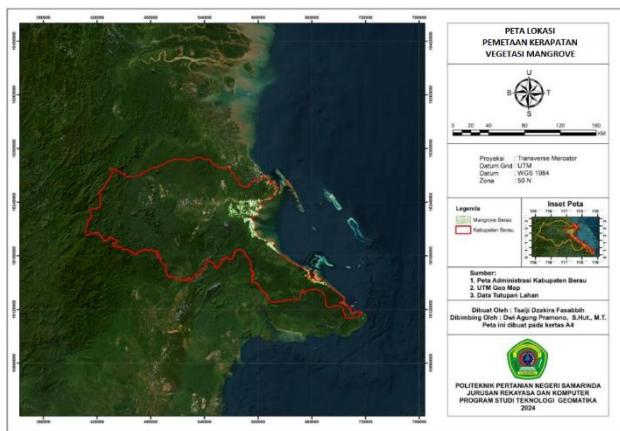
Pemetaan luasan hutan mangrove dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dapat memberikan gambaran peta sebaran luasan hutan mangrove pada suatu daerah (Putra dkk., 2022). Keunggulan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh yakni dapat menganalisis kerapatan vegetasi pada cakupan wilayah luas tanpa membutuhkan waktu lama serta dengan biaya terjangkau. Ketersediaan data citra dari waktu ke waktu juga menjadi keunggulan sehingga dapat dilakukan analisis perubahan yang terjadi selama rentang waktu tertentu (Barus dkk., 2023). Pemanfaatan penginderaan jauh memberikan alternatif serta mempermudah manusia untuk mengetahui kondisi mangrove secara berkala (Safitri dkk., 2023). Fahreza, dkk. (2022), melakukan analisis pemanfaatan citra sentinel-2 dengan menggunakan metode NDVI untuk perubahan kerapatan vegetasi mangrove di Kabupaten Indramayu. penelitian ini membuat *area of interest* (AOI) dari kawasan mangrove yang ada di Kabupaten Indramayu. Dengan adanya AOI kawasan mangrove ini memudahkan dalam menganalisis perubahan kerapatan vegetasi.

Berdasarkan uraian terkait pentingnya keberadaan ekosistem mangrove di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pemetaan perubahan kerapatan vegetasi mangrove di Kabupaten Berau memanfaatkan teknologi penginderaan jauh, yakni metode NDVI melalui pengolahan data citra Sentinel-2 tahun 2019 sampai tahun 2023. Hal ini menjadi salah satu langkah konkret dalam mencegah meningkatnya deforestasi hutan mangrove di wilayah Kabupaten Berau yang perlu dijaga kelestariannya. Adanya data mengenai perubahan kerapatan dan luas vegetasi mangrove di Kabupaten Berau dari waktu ke waktu juga dapat menjadi informasi penting untuk rencana kegiatan rehabilitasi serta reboisasi vegetasi mangrove yang rusak akibat berbagai aktivitas manusia.

## 2. METODE

### 2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Pemetaan Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kabupaten Berau Tahun 2019 - 2023 Menggunakan Metode NDVI, ini mencakup total luasan huatan mangrove di Kabupaten Berau sebesar 51.659,30 ha. Data tersebut diambil dari tutupan lahan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2022 di wilayah Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara. Peta lokasi penelitian tersaji pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### 2.2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yakni Laptop dan Aplikasi ArcMap Desktop 10.3. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian di antaranya data spasial format .shp wilayah administrasi Kabupaten Berau dari situs Ina geoportal, Citra Sentinel-2A Tahun 2019-2023 dari situs copernicus.eu, dan data spasial format .shp kawasan mangrove di Kabupaten Berau dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

### 2.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan identifikasi masalah. Pada tahap ini dilakukan perumusan masalah, penetapan batasan masalah, penentuan lokasi penelitian, menentukan tujuan dan hasil yang diharapkan, serta menentukan metode yang sesuai untuk menyelesaikan permasalahan yang ditemukan.

Tahap selanjutnya adalah studi pustaka. Pada tahap ini dilakukan *literatur review* untuk mendapatkan referensi yang terkait dengan topik dan metode yang digunakan dalam penelitian. Selanjutnya, tahap pengumpulan data. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yakni data spasial format .shp wilayah administrasi Kabupaten Berau dari situs Ina geoportal, Citra Sentinel-2A Tahun 2019-2023

dari situs copernicus.eu, dan data spasial format .shp kawasan mangrove di Kabupaten Berau dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Seluruh data tersebut kemudian dianalisis untuk menghasilkan informasi perubahan kerapatan vegetasi mangrove.

Setelah tahap pengumpulan data, tahap selanjutnya yaitu pengolahan data penelitian menggunakan aplikasi ArcMap 10.3. Tahapan pengolahan data meliputi proses penggabungan citra dan proses pemotongan/ clip citra Sentinel-2A dan data kawasan mangrove menggunakan data spasial batas administrasi wilayah Kabupaten Berau format .shp. Selanjutnya dilakukan proses pemisahan tutupan awan pada citra atau juga dikenal dengan istilah *cloud masking*. Data tutupan awan ini digunakan untuk mengeliminasi tutupan lahan mangrove yang pada citra tertutup oleh awan sehingga nilai kerapatan vegetasi mangrove yang dimiliki kurang sesuai. Dilakukan analisis tingkat kerapatan vegetasi dengan metode NDVI memanfaatkan band 8 (*near-infrared*) dan band 4 (*red*) pada citra Sentinel-2A. Setelah proses analisis tingkat kerapatan vegetasi, dilanjutkan dengan proses pengubahan data dari raster ke polygon, penghitungan luasan masing-masing tingkat kerapatan vegetasi, hingga penyajian peta kerapatan vegetasi mangrove.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan klasifikasi Departemen Kehutanan Dirjen Rehabilitasi Lahan dan Perhutan Sosial (2005), kerapatan vegetasi mangrove di Kabupaten Berau diklasifikasikan menjadi 3 kelas, yakni jarang, sedang, dan lebat. Klasifikasi ini dilakukan dengan membagi nilai NDVI ke dalam rentang tertentu sesuai dengan tingkat kerapatan vegetasi dari -1 sampai +1. Kelas kerapatan vegetasi jarang dengan rentang nilai NDVI  $-1 \leq 0,32$ . Kerapatan vegetasi sedang dengan nilai NDVI  $0,33 \leq 0,42$ . Sedangkan kerapatan vegetasi lebat dengan nilai NDVI  $0,43 \leq 1,00$ . Penggunaan metode ini memberikan hasil yang akurat dan dapat dimanfaatkan dalam mengukur kerapatan vegetasi mangrove. Metode NDVI bekerja dengan memanfaatkan perbedaan reflektansi spektral antara pita merah dan pita NIR (*Near Infrared*), yang mengidentifikasi tingkat kehijauan vegetasi. Vegetasi yang lebih lebat akan memantulkan lebih banyak cahaya di pita NIR dan menyerap lebih banyak cahaya di pita merah, menghasilkan nilai NDVI yang lebih tinggi.

Hasil analisis klasifikasi NDVI kawasan mangrove wilayah Kabupaten Berau untuk kelas kerapatan jarang, pada tahun 2019 mencapai 3.625,58 hektar atau sebesar 7% dari luas keseluruhan kawasan mangrove di

Kabupaten Berau. Pada tahun 2020 menjadi 5.272,89 hektar atau mencakup 10% kawasan. Tahun 2020 seluas 3.026,35 hektar atau mencakup 7% kawasan. Tahun 2021 menjadi 6.635,93 hektar atau mencakup 13% kawasan. Pada tahun 2022 meningkat menjadi 6.635,93 hektar atau mencakup 13% kawasan, lalu terus meningkat menjadi 9.866,54 hektar atau mencakup 19% dari luas keseluruhan kawasan mangrove pada tahun 2023.

Sementara itu, hasil analisis untuk kawasan mangrove kelas kerapatan sedang, pada tahun 2019 mencapai 2.143,92 hektar atau mencapai 4% kawasan. Pada tahun 2020 menjadi 4.171,73 hektar atau sebesar 8% dari keseluruhan kawasan. Pada tahun 2021 terjadi penurunan luasan menjadi 2.286,24 hektar atau mencakup 4% kawasan. Pada tahun 2022 kembali meningkat menjadi 13.168,60 hektar atau mencakup 25% kawasan dan menjadi 13.180,16 hektar atau mencakup 26% dari total keseluruhan kawasan mangrove pada tahun 2023.

Lebih lanjut, hasil analisis kawasan mangrove dengan tingkat kerapatan lebat mencapai 40.589,64 hektar atau sebesar 79% dari keseluruhan kawasan mangrove pada tahun 2019, lalu berkurang menjadi 37.613,98 hektar atau mencakup 73% kawasan pada tahun 2020. Kemudian menjadi 40.984,23 hektar atau mencakup 79% kawasan pada tahun 2021. Selanjutnya kembali terjadi penurunan yang signifikan menjadi 28.297,44 hektar atau mencakup 55% kawasan tahun 2022, dan menjadi 25.161,77 hektar atau mencakup 48% kawasan pada tahun 2023. Luas dan persentase masing-masing kelas kerapatan vegetasi dari tahun 2019 hingga 2023 tersaji pada Tabel 1 dan 2 berikut.

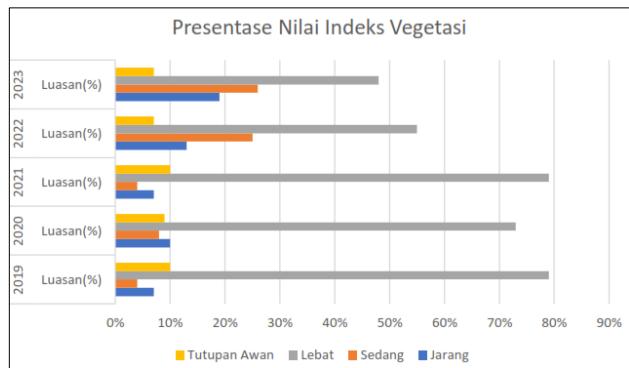
Tabel 1 Luas Kerapatan Vegetasi Mangrove Tahun 2019 – 2023 di Kabupaten Berau

Klasifikasi	Luas (Hektar)				
	2019	2020	2021	2022	2023
Jarang	3.625,58	5.272,89	3.026,35	6.635,93	9.866,54
Sedang	2.143,92	4.171,73	2.286,24	13.168,60	13.180,16
Lebat	40.589,64	37.613,98	40.984,23	28.297,44	25.161,77
Tutupan Awan	5.300	4.600,69	5.362,48	3.557,33	3.450,82
Total	51.659,30	51.659,30	51.659,30	51.659,30	51.659,30

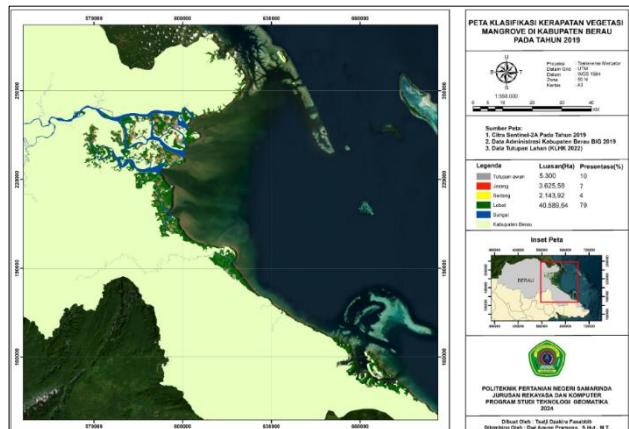
Tabel 2 Persentase Luasan Kerapatan Vegetasi Mangrove Tahun 2019 – 2023 di Kabupaten Berau

Klasifikasi	Persentase Luasan (Persen)				
	2019	2020	2021	2022	2023
Jarang	7%	10%	7%	13%	19%
Sedang	4%	8%	4%	25%	26%
Lebat	79%	73%	79%	55%	48%
Tutupan Awan	10%	9%	10%	7%	7%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

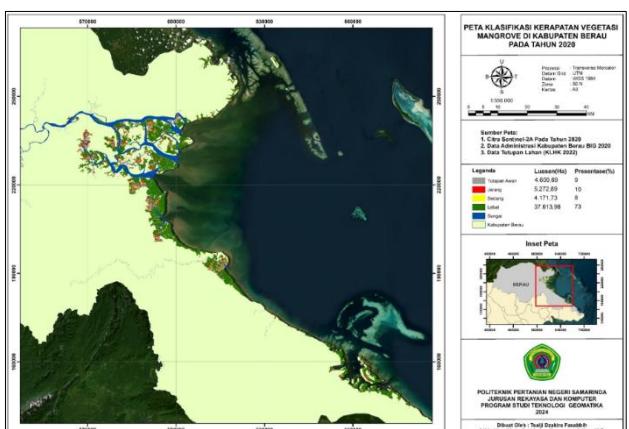
Kerapatan vegetasi mangrove di Kabupaten Berau dari tahun 2019 hingga 2023 juga disajikan dalam grafis yang tersaji pada Gambar 2 dan pada Gambar 3 hingga Gambar 7 berikut.



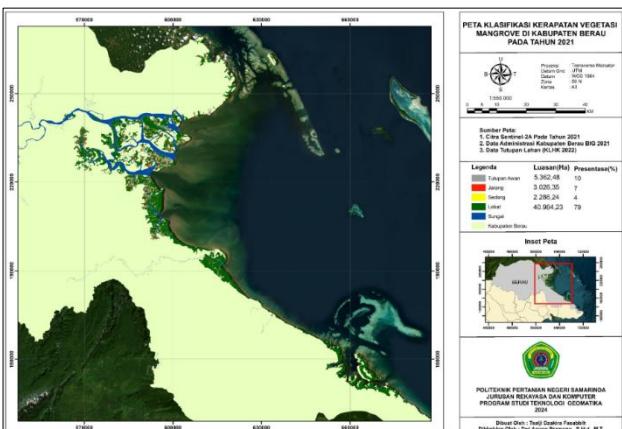
Gambar 2 Grafik Persentase Luasan Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kabupaten Berau Tahun 2019 – 2023.



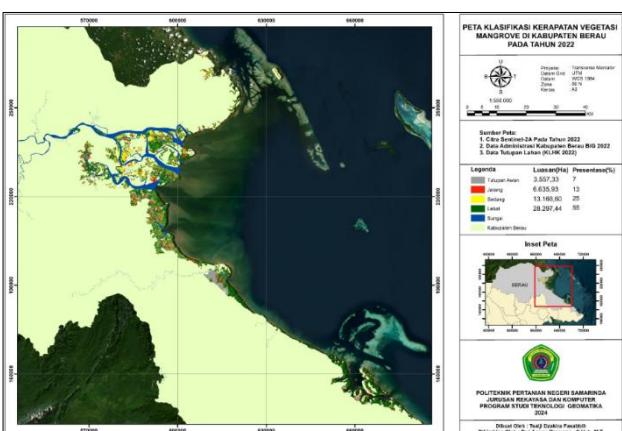
Gambar 3 Peta Sebaran Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kabupaten Berau Tahun 2019



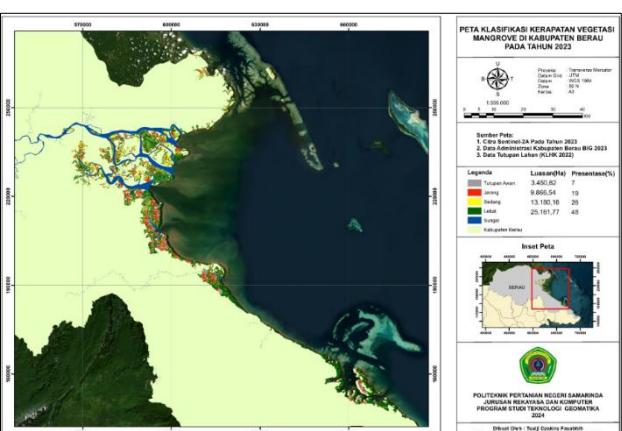
Gambar 4 Peta Sebaran Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kabupaten Berau Tahun 2020



Gambar 5 Peta Sebaran Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kabupaten Berau Tahun 2021



Gambar 6 Peta Sebaran Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kabupaten Berau Tahun 2022



Gambar 7 Peta Sebaran Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kabupaten Berau Tahun 2023

Berdasarkan tabel dan peta hasil klasifikasi NDVI dari tahun 2019 hingga 2023, terdapat perubahan signifikan dalam kerapatan vegetasi mangrove di Kabupaten Berau. Pada tahun 2019, area dengan kerapatan vegetasi lebat mendominasi dengan 79% dari total luasan wilayah mangrove yang diteliti. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas vegetasi mangrove di

Kabupaten Berau pada tahun tersebut berada dalam kondisi yang sangat baik dengan kerapatan yang tinggi. Kerapatan vegetasi yang tinggi sangat penting bagi ekosistem pesisir, karena mangrove yang lebat dapat memberikan berbagai manfaat ekologi, seperti penahan gelombang, penyedia habitat bagi berbagai spesies, dan penyerap karbon yang efektif.

Namun, data menunjukkan penurunan signifikan pada kawasan dengan kerapatan vegetasi lebat dari tahun ke tahun. Pada tahun 2023, area dengan kerapatan lebat hanya mencakup 48% dari total luasan. Penurunan ini sangat signifikan dan mengindikasikan adanya tekanan yang cukup besar pada ekosistem mangrove. Faktor-faktor yang mungkin menyebabkan penurunan ini antara lain perubahan iklim yang mengakibatkan kenaikan permukaan laut dan perubahan pola cuaca, serta aktivitas manusia seperti penebangan liar, konversi lahan untuk kepentingan pertanian atau pemukiman, dan pencemaran lingkungan.

Sebaliknya, kategori jarang dan sedang menunjukkan peningkatan yang konsisten selama periode ini. Pada tahun 2019, area dengan kerapatan vegetasi jarang hanya mencakup 7%, namun meningkat menjadi 19% pada tahun 2023. Peningkatan ini menunjukkan bahwa terdapat lebih banyak kawasan mangrove yang mengalami degradasi atau berada dalam kondisi kurang baik. Kategori sedang juga mengalami peningkatan dari 4% pada tahun 2019 menjadi 26% pada tahun 2023. Peningkatan dalam kategori jarang dan sedang ini menunjukkan bahwa lebih banyak area mangrove yang berada dalam kondisi transisi, yang mungkin menunjukkan proses degradasi atau regenerasi yang belum mencapai kondisi lebat. Perubahan ini menggambarkan dinamika yang kompleks dalam ekosistem mangrove di Kabupaten Berau. Penurunan area dengan kerapatan vegetasi lebat dan peningkatan area dengan kerapatan vegetasi jarang dan sedang dapat memiliki dampak signifikan terhadap fungsi ekosistem mangrove. Mangrove dengan kerapatan yang lebih jarang tidak dapat memberikan perlindungan pantai yang sama atau mendukung keanekaragaman hayati dengan efektif seperti mangrove yang lebat. Selain itu, penurunan kerapatan mangrove juga dapat mengurangi kapasitas penyimpanan karbon, yang penting untuk mitigasi perubahan iklim. Perubahan ini mengindikasikan perlunya intervensi yang tepat untuk mengelola dan melindungi ekosistem mangrove. Upaya konservasi dan rehabilitasi perlu ditingkatkan untuk memulihkan area mangrove yang mengalami degradasi dan untuk mencegah penurunan lebih lanjut pada area dengan kerapatan vegetasi lebat. Langkah-langkah seperti

penanaman kembali mangrove, pengaturan penggunaan lahan yang berkelanjutan, dan pengurangan aktivitas manusia yang merusak mangrove sangat penting untuk menjaga kesehatan ekosistem mangrove di Kabupaten Berau.

Adapun kendala dalam pengolahan data penelitian yakni adanya tutupan awan pada rekaman citra sehingga menyulitkan dalam proses identifikasi tingkat kerapatan vegetasi. Perlu dilakukan pengambilan sempel di lapangan untuk melihat informasi di bawah tutupan awan tersebut. Atau bisa dengan cara menghilangkan tutupan awan dengan penggabungan citra sentinel-2A pada tanggal perekaman yang berbeda dan minim tutupan awan.

#### 4. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih untuk institusi Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, utamanya kepada seluruh tenaga pendidik dan tenaga kependidikan (PLP dan admin) pada Program Studi D3 Teknologi Geomatika. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

#### 5. REFERENSI

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Berau. (2024). *Kabupaten Berau dalam Angka*. Kabupaten Berau: BPS Kabupaten Berau.
- Barus, M. D., Sofyan A. P., A. B., Artati, Y., & Kharisma, G. N. (2023). The Effect of vegetation Density on The Total Suspended Solid (TSS) Concentration in The Aquatic Area of Pomalaa District. *Jurnal Geografi Volume 4 Nomor 2*, 110-120.
- Departemen Kehutanan Dirjen Rehabilitasi Lahan dan Perhutan Sosial. (2005). *Pedoman Inventarisasi dan Identifikasi Lahan Kritis Mangrove*. Jakarta: Departemen Kehutanan Dirjen Rehabilitasi Lahan dan Perhutan Sosial.
- Fahreza, F. D., Andara, A., Fauzan, F. S., Somantri, L., & Riki, R. (2022). Pemanfaatan Citra Sentinel-2 dengan Metode NDVI untuk Perubahan Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kabupaten Indramayu. *Jurnal Pendidikan Geografi Undhiksa Volume 10 Nomor 2*, 155-165.
- Hariyani, E. (2023, Mei 19). *Sonora.id*. Diambil kembali dari [Sonora.id](https://www.sonora.id/read/423789483/bupati-berau-ikuti-penanaman-mangrove-serentak-seluruh-indonesia): <https://www.sonora.id/read/423789483/bupati-berau-ikuti-penanaman-mangrove-serentak-seluruh-indonesia>
- Innadya, A., Pratama, S., Khotimah, H. K., Ridwana, R., & Somantri, L. (2022). Analisis Kerapatan Vegetasi untuk Perencanaan Wilayah di Desa Cihideung Kabupaten Bandung Barat Menggunakan Citra Sentinel-2A dengan Metode MSARVI. *Jurnal Planologi Volume 19 Nomor 2*, 196-206.
- Karimah. (2017). Peran Ekosistem Hutan Mangrove Sebagai Habitat Untuk Organisme Laut. *Jurnal Biologi Tropis Volume 17 Nomor 2*, 51-58.
- Putra, R. D., Napitupulu, H. S., Nugraha, A. H., Suhana, M. P., Ritonga, A. R., & Sari, T. E. (2022). Pemetaan Luasan Hutan Mangrove dengan Menggunakan Citra Satelit. *Jurnal Kelautan Tropis Volume 25 Nomor 1*, 20-30.
- Putri, D. S. (2023, Oktober 25). *SuaraKaltim.id*. Diambil kembali dari *SuaraKaltim.id*: <https://kaltim.suara.com/read/2023/10/25/201500/kondisi-geografis-kabupaten-berau-dari-luas-hingga-bentang-alamnya>
- Ramena, O. G., Wuisang, C. E., & Siregar, F. O. (2020). Pengaruh Aktivitas Masyarakat Terhadap Ekosistem Mangrove di Kecamatan Mananggu. *Jurnal Spasial Volume 7 Nomor 3*, 343-351.
- Safitri, F., Adrianto, L., & Nurjaya, I. W. (2023). Pemetaan Kerapatan Ekosistem Mangrove Menggunakan Analisis Normalized Difference Vegetation Index di Pesisir Kota Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis Volume 26 Nomor 2*, 399-406.
- Sukmono, A., Pratama, A. S., & Sabri, L. (2020). Analisa Perubahan Kerapatan Vegetasi pada DAS Blorong Menggunakan Metode Forest Canopy Density (FCD) dari Citra Landsat 8. *Elipsoida Volume 03 Nomor 1*, 92-97.
- Utomo, B., Budiastuti, S., & Muryani, C. (2017). Strategi Pengelolaan Hutan Mangrove di Desa Tanggul Tlare Kecamatan Kedung Kabupaten Jepara. *Jurnal Ilmu Lingkungan Volume 15 Nomor 2*, 117-123.