



Deteksi Perubahan Luasan Mangrove Teluk Ambon dalam Menggunakan Citra Satelit Multitemporal

Detection of Changes in Ambon Bay Mangrove Area Using Multitemporal Satellite Imagery

Saiful Alimudi^{1*}, Morgan Ohiwal², Nunun Ainun P.S, Banun Kaliky¹, Hartono Nurlette³, La Ode Wahidin⁴

¹Program Studi Ilmu Perikanan Tangkap, Fakultas Perikanan dan Kehutanan, Universitas Muhammadiyah Maluku

²Program Studi Kehutanan, Fakultas Perikanan dan Kehutanan, Universitas Muhammadiyah Maluku

³Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kehutanan, Universitas Muhammadiyah Maluku

⁴Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian Perikanan dan Biologi, Universitas Bangka Belitung

Correspondence :

*alimudi@unimku.ac.id

Keywords :

NDVI
 Mangrove
 Teluk Ambon dalam
 Remote Sensing

Article Information :

Submitted: October, 2023

Accepted: October, 2023

Published: October, 2023

DOI: [10.35308/jlik.v5i2.8436](https://doi.org/10.35308/jlik.v5i2.8436)

Abstract

Mangrove ecosystem mapping using satellite technology has been developed, and it provides benefits for monitoring and observation. Remote sensing technology provides research efficiency and can be used as a policy benchmark in sustainable ecosystem management. The inside part of Ambon bay has mangrove areas that are spread almost evenly across the coastal territory. However, there is a big puzzle regarding industrial and human impacts in several locations. The aim of this research is to determine the difference wide area of Ambon Bay mangroves in the year of 2013 and 2023 through a multi-temporal satellite imagery approach (citrlandsat 8 and sentinel 2B) with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) method and field surveys. A strong correlation (r) 0.81 was seen between the canopy cover and the NDVI in Landsat-8 satellite imagery, and (r) 0.84 for sentinel 2B imagery. The research results showed that the Landsat-8 image mangrove vegetation mapping with 5 classes had a total cover of 40.24 Ha, and the cover mapping of 4 classes Sentinel 2B had a total of 44.35 Ha.

PENDAHULUAN

Hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang sering dijumpai pada kawasan peralihan laut dan darat. Kawasan ini juga sering

disebut sebagai daerah transisi yang yang dipengaruhi oleh aktivitas darat dan laut. (Suyadi et al., 2021; Tomlinson, 2009). Hutan mangrove juga didefenisikan sebagai kawasan yang berlokasi pada

zona pasang surut dan memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan lingkungan pesisir, mempunyai sistem perakaran khas yang disebut akar nafas/pneumatofor yang berfungsi untuk beradaptasi dengan kondisi tanah yang rendah oksigen atau anaerob (Patty et al., 2022; Tomlinson, 2009). Indonesia memiliki kawasan hutan mangrove terbesar (23%) di dunia dan terdapat 67% jenis mangrove di dunia ada di Indonesia (Giri et al., 2011; Noor et al., 2007).

Hutan mangrove merupakan ekosistem pesisir yang berperan penting secara ekologi dan mendukung perekonomian masyarakat pesisir (Karimah, 2017). Kawasan mangrove juga menyediakan keanekaragaman hayati yang sering disebut sebagai plasma nuftah yang berfungsi menunjang keberlangsungan biota yang berasosiasi (Patty et al., 2022). Secara ekologi mangrove berfungsi sebagai barrier alami untuk melindungi garis pantai dari abrasi dan mencegah intrusi air laut ke darat serta sebagai penyerap karbon (Donato et al., 2011). Mangrove berfungsi sebagai kawasan mencari makan, tempat bertelur, daerah asuhan dan tempat mencari makan bagi biota laut (Isdianto et al., 2021).

Ekosistem mangrove menjadi salah satu kawasan rentan akibat pemanfaatan dan aktivitas manusia. Dampak utama pada kawasan mangrove yaitu logging dan deforestasi. Hasil penelitian menunjukkan 27% - 40% kawasan mangrove mengalami degradasi dengan frekuensi 5% setiap tahun (Donato et al., 2011; Noor et al., 2007). Umumnya kawasan mangrove berubah fungsi lahan menjadi kawasan tambak, permukiman/perumahan dan kawasan perkantoran, infrastruktur serta lahan pertanian. (Noor et al., 2007; Suyadi, 2020) menjelaskan bahwa Maluku merupakan salah satu kawasan provinsi yang mengalami peningkatan logging sebesar 51%.

Perkembangan teknologi memberikan dampak positif bagi pengetahuan, dimana penggunaan teknologi mampu mempermudah

pengambilan data serta penghematan waktu di lokasi penelitian. Salah satu teknologi yang dimanfaatkan untuk mengetahui sebaran dan luasan ekosistem mangrove adalah penginderaan jauh citra satelit. Teknologi penginderaan jauh satelit khususnya untuk observasi wilayah mangrove sudah sangat familiar dilakukan. Berbagai kawasan mangrove telah diketahui dengan menggunakan metode serta analisis citra satelit yang beragam tak terkecuali kawasan mangrove di area Maluku.

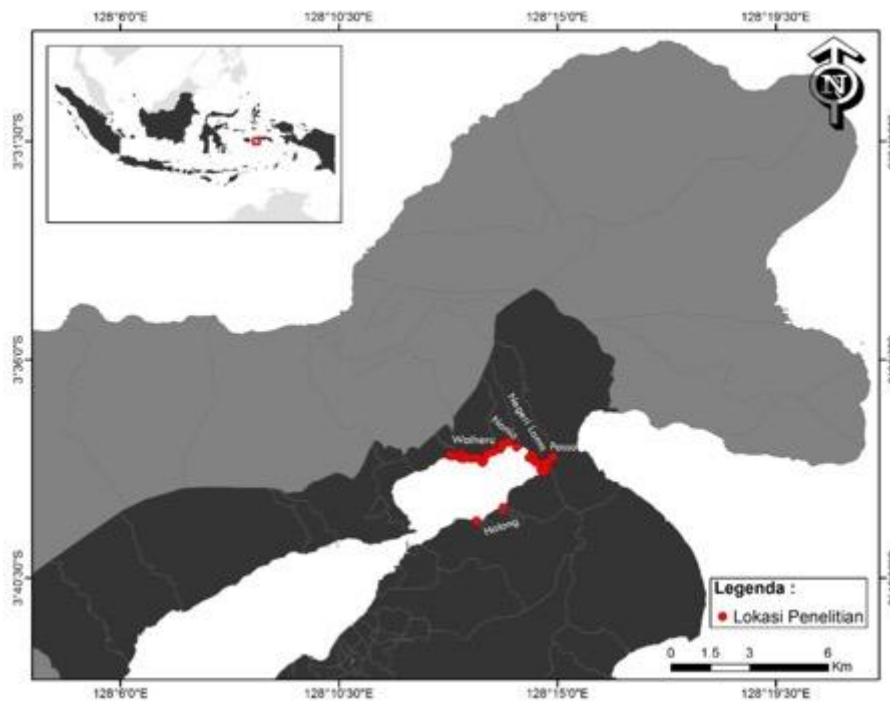
Penelitian pemanfaatan citra satelit untuk ekosistem mangrove di Maluku dan sekitarnya sudah lazim dilakukan diantaranya (Papilaya, 2013) Teluk Ambon dalam, (Waas & Nababan, 2016) kawasan pulau Saparua, (Alimudi et al., 2017) kawasan pulau Buano seram bagian barat, (Pieter, 2017) Teluk Ambon dalam, (Wouthuyzen et al., 2018) kepulauan lease Maluku, (Suyadi, 2020) kawasan Seram timur Maluku dan (Deventer & Samuel, 2022) teluk Ambon dalam. Masing-masing penelitian menggunakan metode beragam dengan tujuan untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan ekosistem mangrove.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui laju perubahan luasan mangrove di kawasan teluk ambon dalam pada tahun 2013 dan tahun 2023 melalui teknik penginderaan jauh citra satelit dengan pendekatan metode NDVI.

METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada kawasan teluk Ambon dalam selama 2 hari yaitu pada tanggal 19 – 20 Maret. Penelitian ini berfokus pada data citra satelit multitemporal (Landsat-8 perekaman 2013 dan citra Sentinel-2B perekaman 2023) untuk melihat laju perubahan kerapatan ekosistem mangrove di teluk Ambon dalam. Data multitemporal tahun 2013 (landsat 8) dan 2023 (Sentinel 2B) digunakan untuk melihat laju perubahan kawasan mangrove selama 1 dekade.



Gambar 1. Lokasi penelitian teluk Ambon dalam, Maluku

Alat dan Bahan

Alat serta bahan yang digunakan selama riset tantara lain:

Tabel 1. Alat dan Bahan

| Alat | Deskripsi |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------|
| PC/Laptop | Untuk mengolah data citra satelit |
| Spead Boat | Untuk mengakses ke lokasi penelitian |
| GPS | Mengambil titik koordinat di lokasi penelitian |
| Kamera | Dokumentasi kegiatan di lokasi penelitian |
| Software | Untuk mengolah data, diantaranya Envi 5.3 dan Arcgis 10.8 |
| Plastik zipper | Untuk mengoleksi sampel di lokasi penelitian |
| Bahan | Deskripsi |
| Citra Satelit Sentinel 2B | Data Akuisisi 2023 |
| Citra Satelit Landsat-8 | Data Akuisisi 2013 |

Pengumpulan dan Analisis Data

Penelitian ini menerapkan metode penginderaan jauh dan sisitem informasi geografis (GIS). Dimana pendekatan metode yang digunakan adalah adalah *Normalized Differenced Vegetation Indeks* (NDVI) untuk menganalisis bentuk kerapatan mangrove pada pesisir teluk Ambon dalam secara kuantitatif deskriptif melalui pendekatan citra satelit. Iniformasi perubahan kerapatan mangrove dapat diketahui melalui data temporal dengan perbedaan tahun perekaman hasil citra satelit terntentu yaitu data tahun perekaman 2013 dan tahun 2023 (Dharma et al., 2022; Iskandar et al.,

2012). Untuk mengetahui nilai kerapatan vegetasi, digunakan band kanal merah dan band *near infrared* (NIR) (Que et al., 2019). Persamaan NDVI untuk menentukan indeks vegtasi melalui persamaan berikut:

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

Keterangan:

NDVI : Normalized difference vegetation index

NIR : nilai saluran spectral near infrared

RED : nilai saluran spectral red

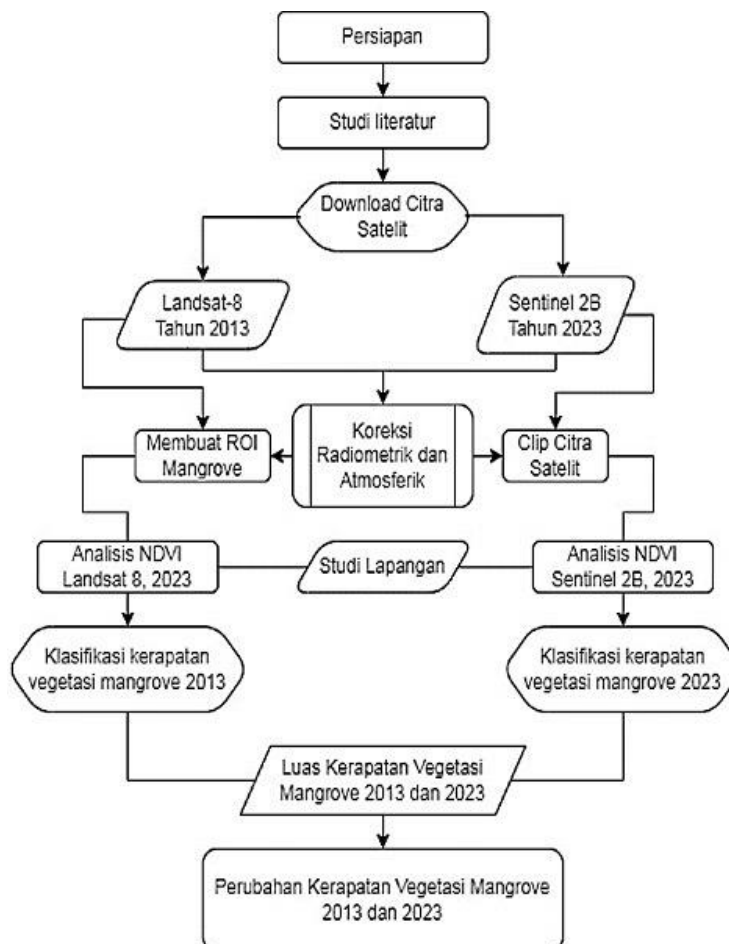
Melalui pendekatan metode NDVI ini tingkat vegetasi kerapatan hutan mangrove dapat diketahui

(Aftriana et al., 2013). Beberapa tahapan dilakukan sebelum pengambilan data lapangan, diantaranya pembuatan peta observasi yang meliputi kawasan mangrove teluk Ambon dalam yang bertujuan untuk melihat ekistensi secara umum vegetasi hutan mangrove serta kondisi pendukung lainnya di lokasi pengamatan, secara umum proses alur penelitian dapat dilihat pada gambar 2. Sebanyak 34 titik dipilih menggunakan pendekatan metode purposive random sampling (Gambar 2).

Penelitian ini menggunakan 2 jenis cita satelit multi temporal, yaitu seri cita landsat-8 tahun 2013 dan cita satelit sentinel 2B tahun 2023. Data kedua cita satelit ini digunakan untuk mengetahui informasi perubahan luasan mangrove dari tahun 2013-2023 dengan pendekatan nilai NDVI cita satelit. Informasi mengenai karakteristik band landsat-8 dan sentinel dapat dilihat pada tabel-2 dan tabel-3. Jika dilihat pada informasi tabel-2 dan 3, karakteristik cita satelit landsat-8 dan sentinel 2B memiliki perbedaan dalam penggunaan

band untuk metode NDVI. Cita landsat-8 menggunakan gabungan antara band 4 (band red) dan band 5 (band NIR), sedangkan untuk cita sentinel menggunakan band 4 (band red) dan band 8 (band NIR).

Sebelum memperoleh hasil nilai rentang NDVI pada kedua cita satelit tersebut terlebih dahulu dilakukan koreksi atmosferik pada masing-masing cita satelit. Fungsi utama dari koreksi atmosferik ini adalah memperbaiki nilai *pixel value* pada cita satelit yang diakibatkan oleh gangguan atmosfer (Ardiansyah & Buchori, 2014). Koreksi atmosferik ini menggunakan metode DOS (*Dark object subtraction*) yang memanfaatkan *tools* tambahan dari aplikasi Qgis yaitu *Semi-automatic classification plugin*. Selanjutnya dibuat *Region of interest* (ROI) untuk memudahkan proses analisis perubahan kerapatan vegetasi mangrove. Pembuatan ROI ini memanfaatkan perangkat lunak Arcmap 10.1 dengan bantuan seri cita multitemporal dari landsat-8 tahun 2013 dan cita sentinel 2B tahun 2023.



Gambar 2. Bagan Alur Penelitian

Pemotongan citra berdasarkan ROI bertujuan untuk membatasi kawasan area kajian mangrove teluk Ambon dalam dan mempermudah dalam proses analisis NDVI kawasan mangrove. Tahapan formulasi NDVI pada kedua citra satelit berbeda pada penggunaan jenis bandnya, hal ini disebabkan

pada ke dua jenis citra satelit memiliki perbedaan dalam penentuan band Red dan NIR. Pada citra satelit Landsat-8 formulasi penggunaan band untuk NDVI adalah band 4 dan band 5, sedangkan pada citra satelit sentinel adalah band 4 dan band 8.

Tabel 2. Spesifikasi Citra landsat-8

| Band | Panjang Gelombang | Resolusi Spasial (M) |
|------------------------------|-------------------|----------------------|
| Band 1- Coastal aerosol | 0.43-0.45 | 30 |
| Band 2 - Blue | 0.45-0.51 | 30 |
| Band 3 – Green | 0.53-0.59 | 30 |
| Band 4 – Red | 0.64-0.67 | 30 |
| Band 5 – Near Infrared (NIR) | 0.85-0.88 | 30 |
| Band 6 – SWIR-1 | 1.57-1.65 | 30 |
| Band 7 - SWIR-2 | 2.11-2.29 | 30 |
| Band 8 – Panchromatic | 0.50-0.68 | 15 |
| Band 9 – Cirrus | 1.36-1.38 | 30 |
| Band 10 – TIRS-1 | 10.60-11.19 | 100 * (30) |
| Band 11 – TIRS -2 | 11.50-12.51 | 100 * (30) |

Sumber: (Isdianto et al., 2021)

Tabel 3. Spesifikasi Citra Sentinel 2B

| Band | Panjang Gelombang | Resolusi Spasial (M) |
|------------------------------|-------------------|----------------------|
| Band 1- Coastal aerosol | 0.443 | 60 |
| Band 2 - Blue | 0.490 | 10 |
| Band 3 – Green | 0.560 | 10 |
| Band 4 – Red | 0.665 | 10 |
| Band 5 – Vegetation Red Edge | 0.705 | 20 |
| Band 6 – Vegetation Red Edge | 0.740 | 20 |
| Band 7 - Vegetation Red Edge | 0.783 | 20 |
| Band 8 – NIR | 0.842 | 10 |
| Band 8A – Narrow NIR | 0.865 | 20 |
| Band 9 – Water Vapour | 0.945 | 60 |
| Band 10 – SWIR – Cirrus | 1.375 | 60 |
| Band 11 – SWIR | 1.610 | 20 |
| Band 12 – SWIR | 2.190 | 20 |

Sumber: (Dharma et al., 2022)

Tahapan selanjutnya melakukan klasifikasi NDVI berdasarkan jenis band pada kedua jenis satelit. Pada tahapan ini dilakukan rentang 5 kelas dari (sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi) untuk jenis citra landsat-8, sedangkan untuk citra sentinel 2B dilakukan 4 rentang kelas di mulai dari (rendah, sedang,

tinggi, sangat tinggi). Hasil NDVI tahun 2013 dan 2023 kemudian dianalisis untuk mengetahui setiap kelas kawasan mangrove.

PEMBAHASAN

Indeks Vegetasi dan Kerapatan Mangrove

Hasil analisis NDVI hutan mangrove pada kawasan teluk Ambon dalam berkisar antara - 0,16 – 0,63 untuk citra landsat-8 tahun 2013

(gambar 3). Hasil kerapatan NDVI landsat-8 tahun 2013 dapat terlihat pada tabel 4. Sedangkan untuk citra Sentinel 2B tahun 2023,

kisaran nilai NDVI yang diperoleh adalah -1 – 0,61 (gambar 4). Pesentase tutupan dari citra sentinel 2B dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 4. Presentase Kerapatan Hutan mangrove Citra Landsat-8 tahun 2013.

| Kerapatan Mangrove | Luas/Ha | Persentase % |
|--------------------|--------------|--------------|
| Sangat rendah | 0,06 | 0 |
| Rendah | 1,56 | 4 |
| Sedang | 1,65 | 4 |
| Tinggi | 3,28 | 8 |
| Sangat tinggi | 33,68 | 84 |
| Jumlah | 40,24 | 100 |

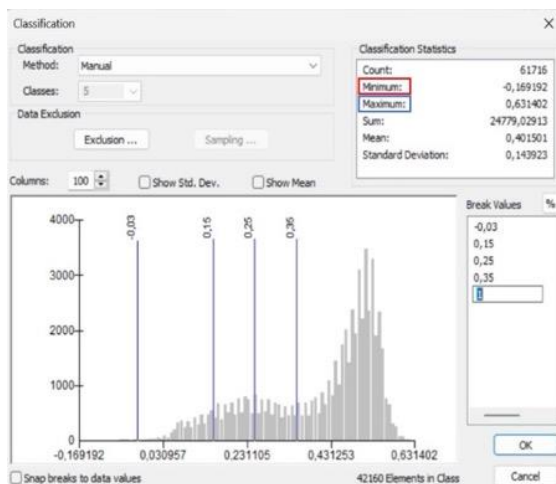
Tabel 5. Presentase Kerapatan Hutan mangrove Citra Sentinel 2B tahun 2023.

| Kerapatan Mangrove | Luas/Ha | Persentase % |
|--------------------|--------------|--------------|
| Rendah | 0,40 | 1 |
| Sedang | 2,97 | 7 |
| Tinggi | 10,54 | 24 |
| Sangat tinggi | 30,34 | 68 |
| Jumlah | 44,25 | 100 |

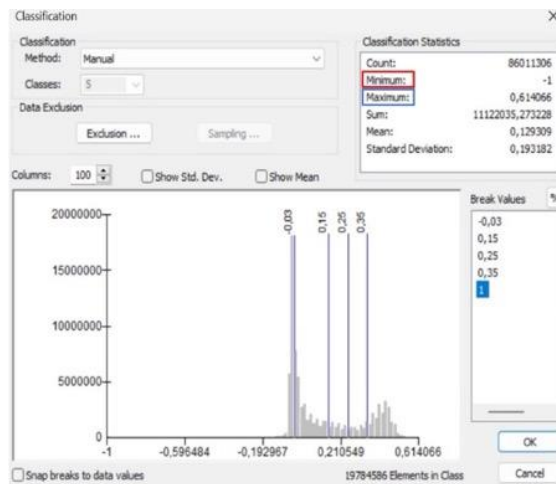
Hasil tabel persentasi menunjukkan adanya perubahan luasan area tutupan mangrove, dimana pada tahun 2013 total tutupan lahan mangrove adalah 40,24 Ha dan bertambah 4,01 Ha menjadi 44,25 Ha pada tahun 2023. Hal ini menjelaskan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir terjadi peningkatan luas tutupan mangrove. Namun jika dilihat dari hasil penelitian yang dilakukan oleh (Pieter, 2017) dengan pendekatan citra satelit landsat-8, luasan mangrove teluk Ambon dalam pada tahun 2017 sebesar 57,37 Ha. Hal ini mengindikasikan bahwa kawasan hutan mangrove

di teluk Ambon dalam mengalami tekanan dan degradasi. Untuk itu peran serta masyarakat sangat penting dalam menjaga keberlangsungan ekosistem mangrove pada kawasan pesisir.

Berdasarkan hasil klasifikanya, semakin besar nilai NDVI maka semakin tinggi nilai kerapatannya suatu vegetasi(Irawan & Sirait, 2017). Hasil grafik interval hasil NDVI tahun 2013 dan 2023 disajikan pada gambar 3 dan 4. Pada kedua grafik citra satelit, terlihat rentan nilai minimum -maximum pada masing-masing citra satelit.



Gambar 3. Grafik interval NDVI 2013



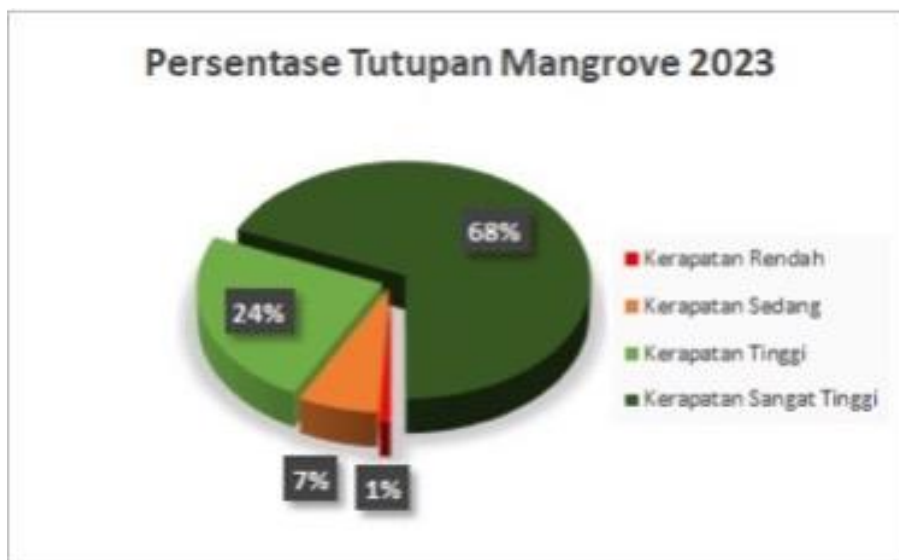
Gambar 4. Grafik interval NDVI 2023

Secara sederhana indeks vegetasi ini adalah suatu modifikasi matematis yang menggabungkan beberapa saluran band sekaligus dan memperoleh citra baru yang informatif dalam menyajikan fenomena vegetasi (Arnanto, 2015). Dari hasil pendekatan NDVI pada kedua jenis citra satelit, diperoleh diagram

persentase NDVI, dimana hasil persentase dapat terlihat cukup signifikan dengan perubahan kerapatan pada rentan sangat rendah menjadi rendah pada 10 tahun terakhir. Selain itu peningkatan nilai kerapatan juga terjadi pada kerapatan tinggi, terlihat pada gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Presentase NDVI 2013



Gambar 6. Presentase NDVI 2023

Hasil persentase pada kedua jenis citra satelit menunjukkan perubahan signifikan khususnya pada total luasan area hutan mangrove. Selain itu, hasil pemetaan kawasan hutan mangrove pada daerah teluk Ambon dengan pendekatan citra satelit sangat

dipengaruhi oleh berbagai faktor, dan salah satu faktor yang sangat berpengaruh adalah resolusi spasial yang dimiliki oleh kedua jenis citra satelit. Dimana resolusi spasial citra landsat adalah 30-meter dan sentinel adalah 10-meter. Perbedaan

resolusi spasial ini dapat berdampak pada hasil tutupan areal mangrove

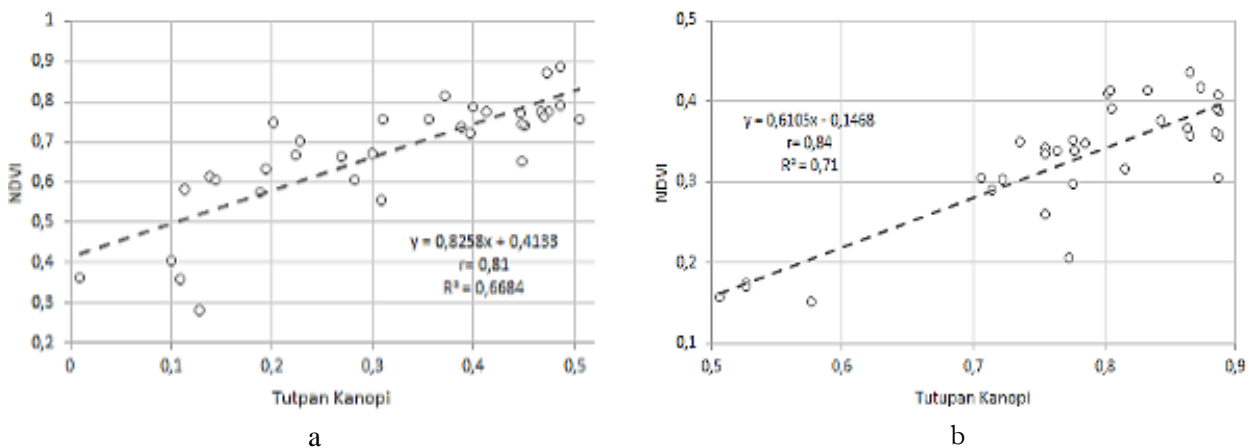
Hubungan Korelasi tutupan kanopi dan NDVI mangrove teluk Ambon

Hasil regresi tutupan kanopi dan NDVI citra landsat 8 diperoleh persamaan $y = 0,8258x + 0,4133$ dengan koefisin korelasi (r) 0,81, sedangkan untuk citra Sentinel 2B persamaan yang diperoleh $y = 0,6105x - 0,1468$ dan koefisien korelasi (r) 0,84. Hal ini menjelaskan terdapat keterkaitan erat antara tutupan kanopi dengan NDVI yang terlihat pada

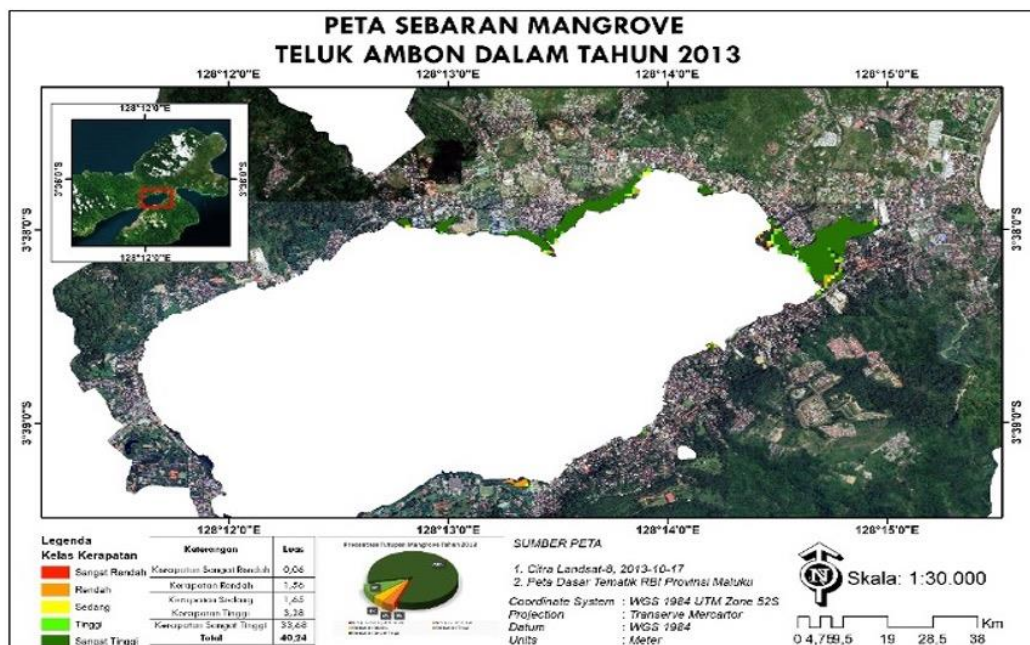
nilai (R^2) pada citra landsat 8 sebesar 0,66 dan cira Sentinel 2B 0,71. Hubungan pesentase tutupan kanopi dan NDVI disajikan pada gambar 7.

Hasil Interpretasi citra satelit Multitemporal

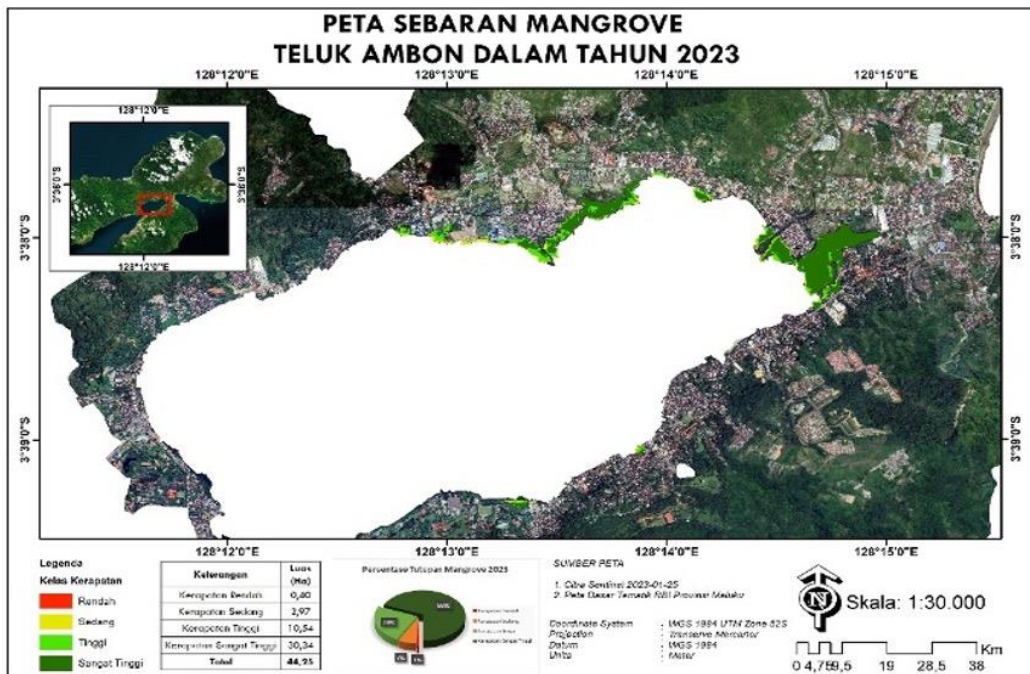
Hasil analisis NDVI citra satelit Landsat 8 tahun 2013 menghasilkan total luasan kawasan hutan mangrove teluk Ambon dalam sebesar 40,24 Ha. Kondisi hutan mangrove relatif baik dijumpai pada beberapa kawasan seperti daerah Waheru, Nania, Negeri Lama dan Passo .



Gambar 7. Grafik hubungan korelasi tutupan kanopi dan NDVI pada citra (a) landsat 8 dan (b) citra Sentinel 2B



Gambar 8. Peta sebaran mangrove tahun 2013



Gambar 9. Peta sebaran mangrove tahun 2023

Hasil tutupan sebaran mangrove tahun 2013 menggunakan citra Landsat 8 dan tutupan mangrove tahun 2023 menggunakan citra sentinel dapat terlihat pada gambar 8 dan 9. Karakteristik mangrove pada kawasan teluk ambon dalam merupakan kawasan mangrove yang membentuk spot-spot kecil mangrove patches (Suyadi, 2020). Berdasarkan hasil perolehan nilai NDVI tahun 2013 dan 2023, terlihat nilai kerapatan mangrove dikawasan teluk Ambon dalam lebih didominasi oleh

kerapatan tinggi dan sangat tinggi. Meskipun demikian pada beberapa lokasi masih terdapat kerusakan yang dominan diakibatkan oleh manusia diantaranya pembuangan sampah dan buang limbah air panas pada kawasan PLTD desa Poka. Selain itu terdapat juga perubahan alih fungsi lahan mangrove menjadi kawasan perkantoran di daerah Waheru. Salah satu contoh kawasan yang mengalami tekanan dan kerusakan dan perubahan alih fungsi lahan terlihat pada gambar 10 berikut.



Gambar 10. Perubahan areal Mangrove di beberapa kawasan teluk Ambon dalam

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pemetaan melalui pendekatan NDVI dengan menggunakan citra multitemporal Landsat-8 dan Sentinel 2B terbukti memberikan informasi tutupan luasan mangrove berdasarkan rentang nilai kerapatan. Indeks kerapatan NDVI yang dibuat adalah 5 kelas untuk Landsat-8 dan 4 kelas untuk Sentinel 2B. Hasil NDVI tahun 2013 menggunakan citra Landsat diperoleh luas tutupan sebesar 40,23 Ha dan tahun 2023 dengan citra Sentinel 2B sebesar 44,25. Diperlukan penelitian lanjutan untuk memetakan jenis sebaran mangrove di teluk Ambon dalam dengan pendekatan citra beresolusi tinggi seperti

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pak Edi Marinda yang telah membantu pengawalan pengambilan data pada teluk ambon dalam, serta pihak Universitas dalam hal ini LPPM Universitas Muhammadiyah Maluku yang telah memberikan hibah penelitian kepada penulis serta pihak-pihak lain yang telah membantu dalam penenlitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aftriana, C. V., Parman, S., & Sanjoto, T. B. (2013). Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi Kota Semarang Menggunakan Aplikasi Penginderaan Jauh. *Geo Image (Spatial-Ecological-Regional)*, 2(2), 14–22.
- Alimudi, S., Susilo, S. B., & Panjaitan, J. P. (2017). Deteksi Perubahan Luasan Mangrove Menggunakan Citra Landsat Berdasarkan Metode Obia Di Teluk Valentine Pulau Buano Seram Bagian Barat. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 8(1), 139–146. <http://glovis.usgs.gov/>.
- Ardiansyah, D. M., & Buchori, I. (2014). Pemanfaatan Citra Satelit Untuk Penentuan Lahan Kritis Mangrove Di Kecamatan

Tugu, Kota Semarang. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.14710/geoplanning.1.1-12>

- Arnanto, A. (2015). Pemanfaatan Transformasi Normalized Difference Vegetation Index(Ndvi) Citra Landsat Tm Untuk Zonasi Vegetasi Di Lereng Merapi Bagian Selatan. *Geomedia: Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian*, 11(2), 155–170. <https://doi.org/10.21831/gm.v11i2.3448>
- Deventer, R. T., & Samuel, P. F. (2022). Analisis Perubahan Luas Tutupan Lahan Mangrove di Teluk Ambon Dalam. *Journal of Information System, Graphics Hospitality and Technology*, 4(1), 7–12.
- Dharma, F., Aulia, A., Shubhan, F., & Ridwana, R. (2022). Pemanfaatan Citra Sentinel - 2 Dengan Metode NDVI Untuk Perubahan Kerapatan Vegetasi Mangrove Di Kabupaten Indramayu. *J Pendidikan Geografi Undiksha*, 10(2), 155–165.
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarto, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4(5), 293–297. <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J., & Duke, N. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 154–159. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x>
- Irawan, S., & Sirait, J. (2017). Perubahan Kerapatan Vegetasi Menggunakan Citra Landsat 8 Di Kota Batam Berbasis Web. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 10(2), 174. <https://doi.org/10.21107/jk.v10i2.2685>
- Isdianto, A., Pratama, L. W., Supriyadi, Saputra Dhira K, As'adi, M. A., Lutfhi Oktiyas Muzaky, & Haykal, M. F. (2021). Penggunaan Citra Landsat 8 Untuk Memetakan Luas Sebaran Hutan Mangrove Di Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(2). <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.00>

5.02.2

- Iskandar, M., Sanjoto, T. B., & Sutardji. (2012). Analisis Kerapatan Vegetasi Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh Sebagai Basis Evaluasi Kerusakan Hutan di Taman Nasional Gunung Gede pangrango. *Geo Image*, 1(1), 82–88.
- Karimah. (2017). Peran Ekosistem Hutan Mangrove Sebagai Habitat Untuk Organisme Laut. *Jurnal Biologi Tropis*, 17(2), 51–58.
- Noor, Y. R., Khazali, M., & Suryadiputra, I. N. . (2007). *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia* (Triana, W. Gumelar, & T. Vussr (eds.); kedua, Issue May). A Field Guide of Indonesian Mangrove.
- Papilaya, P. P. E. (2013). Pemilihan Kombinasi Band Citra Komposit Landsat 5 Tm Untuk Menganalisa Tutupan Lahan Hutan Mangrove Di Teluk Dalam Pulau Ambon. *Ekosains*, 2(1), 77–88.
- Patty, S., Nurdiansah, D., Rizqi, M., & Huwae, R. (2022). Analisis Sebaran dan Kerapatan Vegetasi Mangrove Menggunakan Citra Landsat 8 di Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 10(2), 251–260.
- Pieter, J. R. (2017). Kajian Vegetasi Mangrove Di Teluk Ambon Dalam Dengan Menggunakan Teknik Penginderaan Jarak Jauh. In *Universitas Pattimura Ambon*.
- Que, V. K. S., Prasetyo, S. Y. J., & Fibriani, C. (2019). Analisis Perbedaan Indeks Vegetasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan Normalized Burn Ratio (NBR) Kabupaten Pelalawan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8. *Indonesian Journal of Modeling and Computing*, 1–7.
- Suyadi. (2020). Characteristics of mangrove ecosystems in Weda Bay: Environment, Vegetation, and Aboveground Carbon Stocks. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 618(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/618/1/012021>
- Suyadi, Naroli, I., & Sitepu, A. B. (2021). Karakteristik Vegetasi Mangrove Dan Pemanfaatannya: Studi Kasus Di Seram Timur, Maluku. *Jurnal Kelautan Dan Perikanan Terapan*, 4(1), 37–45.
- Tomlinson, P. . (2009). *The botany of mangroves*. Cambridge University Press, Cambridge. Cambridge University Press.
- Waas, H. J. ., & Nababan, B. (2016). Pemetaan Dan Analisis Index Vegetasi Mangrove di Pulau Saparua, Maluku Tengah MAPPIN. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2(1), 1–23.
- Wouthuyzen, S., Fasmi Ahmad, D., Peningkatan Kompetensi Sumber Daya Manusia Oseanografi, L., & Pari, P. (2018). Oseanologi dan Limnologi di Indonesia Pemetaan Mangrove Kepulauan Lease, Provinsi Maluku Menggunakan Data Multi-Temporal dan Multi-Sensor Citra Satelit Landsat Mangrove Mapping Of The Lease Islands, Maluku Province Using Multi-Temporal And Multi-Sensor Of. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 3(1), 19–37.