

## ANALISIS PERKEMBANGAN KERAPATAN HUTAN MANGROVE DI KOTA SEMARANG DENGAN METODE *NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX* TAHUN 2017 - 2022

Hafiizh Mega Kusuma<sup>\*)</sup>, Abdi Sukmono, Fauzi Janu Amarrohman

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788

\*Email: [hafiizhmk@gmail.com](mailto:hafiizhmk@gmail.com)

### ABSTRAK

Dinamika lingkungan di Pesisir Utara Kota Semarang mengakibatkan perubahan luas dan kerapatan *mangrove* pada kawasan tersebut. Hutan *mangrove* merupakan ekosistem pesisir yang memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan dan ekonomi. Namun, kerusakan dan degradasi hutan *mangrove* menjadi permasalahan serius sehingga diperlukan adanya pengelolaan yang tepat untuk menjaga keberadaan *mangrove*. Ekosistem *mangrove* merupakan salah satu objek yang dapat diidentifikasi menggunakan teknologi penginderaan jarak jauh. Teknologi tersebut dapat memantau perkembangan luas dan kerapatan *mangrove* menggunakan perhitungan algoritma indeks vegetasi. Pada penelitian ini, data citra satelit yang digunakan yaitu citra Sentinel-2A multitemporal tahun 2017 dan tahun 2022. Sedangkan algoritma indeks vegetasi yang digunakan adalah *Normalized Difference Vegetation Index*. Algoritma tersebut bertujuan untuk mengetahui luas dan tingkat kerapatan *mangrove* khususnya di Pesisir Utara Kota Semarang. Klasifikasi yang digunakan untuk mengetahui tutupan lahan pada daerah tersebut yaitu menggunakan klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood*. Uji Akurasi yang digunakan untuk keakuratan tutupan lahan yaitu menggunakan plugin AcATaMa didapatkan *Overall Accuracy* sebanyak 90% pada citra tahun 2017 dan 92% pada citra tahun 2022. Berdasarkan hasil pengolahan luas *mangrove* pada citra sentinel-2A, luas *mangrove* selama tahun 2017 – 2022 mengalami penurunan. Luas *mangrove* berdasarkan hasil klasifikasi tahun 2017 dan tahun 2022 sebesar 960,953 dan 809,539 hektar. Selain itu hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat korelasi (R) antara nilai NDVI dengan validasi data kerapatan *mangrove* yang cukup kuat yaitu 0,6225. Kelas kerapatan *mangrove* terbagi menjadi 3 yaitu kerapatan jarang, sedang, dan rapat. Selama 5 tahun kerapatan jarang berkurang sebanyak 2,831 ha, kerapatan sedang bertambah sebanyak 184,320 ha dan kerapatan rapat berkurang sebanyak 275,476 ha. Sehingga terjadi penurunan kerapatan *mangrove* dari tahun 2017 ke tahun 2022, terutama pada kelas kerapatan rapat seluas 275,476 ha yang berubah menjadi kelas kerapatan sedang seluas 184,324 ha.

**Kata Kunci:** Kerapatan, Luas, *Mangrove*, NDVI, Sentinel-2

### ABSTRACT

*Environmental dynamics on the North Coast of Semarang City has resulted in changes in the area and density of mangroves in the area. Mangrove forest is a coastal ecosystem that has an important role in maintaining environmental and economic balance. However, the damage and degradation of mangrove forests is a serious problem, so proper management is needed to maintain the existence of mangroves. Mangrove ecosystem is one of the objects that can be identified using remote sensing technology. This technology can monitor the development of the area and density of mangroves using a vegetation index calculation algorithm. In this study, the multitemporal Sentinel-2A imagery data used for 2017 and 2022. The vegetation index algorithm used is the Normalized Difference Vegetation Index. This algorithm aims to determine the extent and density of mangroves, especially in the North Coast of Semarang City. The classification used to determine land cover in the area is using the Maximum Likelihood guided classification. The accuracy test used for land cover accuracy is using the AcATaMa plugin to obtain an Overall Accuracy of 90% in 2017 images and 92% in 2022 images. Based on the results of mangrove area processing on Sentinel-2A imagery, mangrove area during 2017 – 2022 has decreased. The mangrove area based on the classification results for 2017 and 2022 is 960,953 and 809,539 hectares. In addition, the results showed that there was a strong correlation (R) between the NDVI value and validation of the mangrove density data, namely 0.6225. Mangrove density class is divided into 3 namely rare, medium, and dense density. During 5 years the rare density decreased by 2,831 ha, the medium density increased by 184.320 ha and the dense density decreased by 275,476 ha. So that there is a decrease in mangrove density from 2017 to 2022, especially in the dense density class of 275.476 ha which changes to a medium density class of 184.324 ha.*

**Keywords:** Area, Density, *Mangrove*, NDVI, Sentinel-2

<sup>\*)</sup> Penulis Penanggung Jawab

## I. Pendahuluan

### I.1 Latar Belakang

Hutan *mangrove* merupakan tumbuhan berkayu yang tumbuh di persinggungan antara daratan dan lautan di garis lintang iklim tropis dan subtropis (Khatiresan & Bingham, 2001). Hutan *mangrove* memiliki peranan penting dalam geomorfologi tropis, ekologi dan pantai subtropis. Ekosistem *mangrove* memiliki fungsi sebagai habitat untuk fauna laut, termasuk kepiting muda, ikan dan udang (Nardin, et al., 2016). Selain itu, hutan *mangrove* juga berfungsi untuk melindungi hunian dan infrastruktur manusia, yang bertindak sebagai penghalang alami terhadap erosi pantai, dan melindungi daerah pedalaman dari bencana alam seperti angin topan, badai, dan tsunami.

Kawasan hutan *mangrove* yang berada di bagian utara Kota Semarang diantaranya yakni Kelurahan Mangunharjo, Tugurejo, dan Trimulyo. Selain dijadikan sebagai tempat wisata, hutan *mangrove* ini juga digunakan sebagai salah satu solusi dalam upaya menyelamatkan pesisir pantai yang semakin tergerus akibat kepentingan bisnis. Sejak tahun 1990-an hutan *mangrove* kawasan pesisir utara Jawa tersebut terus mengalami permasalahan lingkungan. Desa yang berada di pesisir pantai utara mengalami abrasi pantai, perembesan dari air laut yang membawa dampak air sumur menjadi air payau, banjir serta pencemaran kali karena limbah industri yang berasal dari seluruh pabrik daerah hulu DAS.

Berdasarkan uraian tersebut, Kondisi kawasan pesisir utara Jawa, khususnya pada Kelurahan Mangunharjo, Tugurejo, dan Trimulyo saat ini terus memprihatinkan karena wilayah tersebut tidak dijaga dengan baik. Bencana banjir yang terjadi tidak hanya diakibatkan oleh perubahan iklim, melainkan keadaan wilayah tersebut mengalami degradasi lingkungan. Kawasan hutan *mangrove* wilayah pesisir utara Jawa tersebut hampir habis karena adanya konversi terhadap daerah hutan *mangrove* menjadi daerah pemukiman, pertambangan, dan daerah industri atau pabrik, sementara itu fungsi utama dari hutan *mangrove* adalah mampu menciptakan ekosistem pantai menjadi layak huni terhadap kehidupan organisme di wilayah perairan (Ermiliansa, Samekto, & Purnaweni, 2013). Melihat kondisi hutan *mangrove* di wilayah tersebut terus mengalami kerusakan, maka diperlukan suatu kajian terkait dengan kondisi dan perubahan hutan *mangrove* yang terjadi. Salah satu metode yang mampu memecahkan permasalahan tersebut yaitu dengan bantuan teknologi penginderaan jauh. Penggunaan teknologi penginderaan jauh dianggap efektif karena memiliki beberapa kelebihan seperti: datanya yang dapat diunduh secara gratis dan mudah didapatkan, memiliki resolusi temporal (perulangan) yang berfungsi untuk monitoring suatu permasalahan di wilayah tertentu, cakupan yang luas dan dapat menjangkau daerah terpencil, serta bentuk data yang digital sehingga mampu digunakan dalam berbagai keperluan dan diperlihatkan sesuai keinginan (Suwargana, 2008).

Dalam penelitian ini, penulis akan mengkaji kondisi perkembangan kerapatan vegetasi ekosistem *mangrove* berdasarkan hasil pengolahan metode NDVI (*Normalized Difference Vegetation Indeks*) teknik penginderaan jauh,

menggunakan citra Sentinel-2A. Selain itu, dalam penelitian ini hasil dari nilai NDVI akan divalidasi dengan data lapangan menggunakan lensa *fisheye* yang sudah terinstall dalam aplikasi *smartphone* dan diolah didalam aplikasi komputer yaitu *Gap Light Analyzer* (GLA). Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat mengetahui kondisi kerapatan vegetasi ekosistem *mangrove* serta mengetahui perbedaan hasil dari citra pada tahun 2017 dan tahun 2022 yang didasarkan pada pengolahan penginderaan jauh menggunakan citra resolusi menengah. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu menjadi data acuan, evaluasi program dan sebagai masukan informasi kepada pemerintah maupun masyarakat dalam upaya memonitor kerapatan tumbuhan *mangrove* yang ada di wilayah Semarang.

### I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perkembangan luas tumbuhan *mangrove* dengan metode NDVI tahun 2017 dan tahun 2022?
2. Bagaimana perkembangan kerapatan tumbuhan *mangrove* dengan metode NDVI tahun 2017 dan tahun 2022?

### I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui perkembangan luas tumbuhan *mangrove* dengan metode NDVI tahun 2017 dan tahun 2022.
2. Mengetahui perkembangan kerapatan tumbuhan *mangrove* metode NDVI tahun 2017 dan tahun 2022.

### I.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

1. Wilayah penelitian ini dibatasi pada beberapa kelurahan yaitu hanya pada kelurahan Jerakah, Karanganyar, Kemijen, Mangkang Kulon, Mangkang Wetan, Mangunharjo, Randugarut, Tambakharjo, Tambakrejo, Tanjungmas, Tawang Sari, Terboyo Kulon, Terboyo Wetan, Trimulyo, Tugurejo.
2. Data citra penelitian yang digunakan yaitu Sentinel 2 pada tahun 2017 dan 2022 dengan resolusi spasial 10 meter (pada band 2, 3, 4 dan 8) dan 20 meter (pada band 8A dan 11).
3. Metode yang digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui luasan *mangrove* dan kerapatan *mangrove* menggunakan metode Normalized Difference Vegetation Indeks (NDVI).
4. Metode yang digunakan untuk mengetahui klasifikasi tutupan lahan menggunakan klasifikasi terbimbing maximum likelihood.
5. Penelitian ini mengklasifikasikan kerapatan *mangrove* menggunakan metode NDVI untuk mengetahui nilai kerapatan kanopi *mangrove*.
6. Parameter kerapatan tumbuhan *mangrove* berdasarkan penginderaan jauh yaitu hanya kerapatan *mangrove*, luasan *mangrove*, nilai NDVI.
7. Objek yang digunakan pada penelitian ini yaitu semua varietas *mangrove* yang tersebar pada wilayah Kota Semarang.

## II. Tinjauan Pustaka

### II.1 Ekosistem *Mangrove*

*Mangrove* merupakan suatu komunitas tumbuhan atau

sekelompok pohon dan semak belukar yang hidup di zona pantai intertidal. Terdapat sekitar 80 spesies bakau yang berbeda. Seluruh pohon bakau ini tumbuh pada tanah yang rendah akan oksigen, dimana air bergerak lambat sehingga memungkinkan sedimen halus terakumulasi. (NOAA, 2021). Hutan *mangrove* merupakan hutan yang tumbuh di daerah pantai dengan perairan yang tenang dan terlindungi oleh hampasan ombak dan keberadaannya bergantung kepada kehadiran aliran air sungai dan aliran air laut. Hutan *mangrove* berkembang berbatasan dengan darat ketika jangkauan air pasang tertinggi, oleh sebab itu ekosistem ini merupakan area transisi yang keberadaannya juga dipengaruhi oleh faktor darat dan laut. Sebagian besar flora hutan *mangrove* berupa jenis pohon yang keanekaragamannya tidak banyak dan mudah dikenali apabila dibandingkan dengan hutan pada daerah darat, sementara itu sebagian besar fauna yang hidup merupakan kelompok hewan yang tidak mempunyai tulang belakang dan hidup didalam ekosistem *mangrove* (Pramudji, 2000).

**II.2 Degradasi Mangrove**

Terdapat beberapa faktor utama yang menjadi penyebab kerusakan hutan *mangrove* (Muchtar, 2022) yaitu:

- 1) Faktor Manusia  
Faktor manusia merupakan faktor yang mendominasi dari penyebab kerusakan tumbuhan *mangrove* dalam hal pemanfaatan lahan yang berlebihan.
- 2) Faktor Alam  
Faktor-faktor alami seperti banjir, hama, kekeringan, terjangan gelombang tsunami, dan lain sebagainya.  
Beberapa faktor manusia yang mendorong rusaknya tumbuhan *mangrove* diantaranya :

- 1) Laju pertumbuhan penduduk yang semakin padat serta laju pembangunan khususnya di wilayah pesisir menyebabkan berkurangnya lahan untuk *mangrove* tumbuh. Perubahan hutan *mangrove* menjadi menjadi kawasan industri, permukiman, pelabuhan, hotel, dan lain-lain akan memberikan keuntungan yang lebih besar untuk para pemodal.
- 2) Kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai fungsi hutan *mangrove*. Akibatnya hutan *mangrove* akan tereksplotasi dengan mudah. Terlebih lagi tidak adanya penyuluhan dan pelatihan yang mengajak masyarakat pesisir terkait dengan manfaat dan fungsi ekosistem *mangrove*.
- 3) Terjadinya tumpang tindih, konflik kepentingan antara sektoral dan daerah menyebabkan perselisihan tanggung-jawab serta prosedur perizinan pada kegiatan pembangunan pesisir dan laut.
- 4) Terbatasnya kesediaan data dan informasi terkait dengan tipologi ekosistem pesisir, lingkungan sosial budaya, keanekaragaman hayati, peluang ekonomi, dan peran serta keluarga. Dukungan untuk penataan ruang kawasan pesisir, perlindungan kawasan, rehabilitasi, serta pembinaan dan pemanfaatan secara lestari belum dapat maksimal karena sumberdaya hutan *mangrove* masih terbatas.

**II.3 Kerapatan Vegetasi Mangrove**

Kerapatan vegetasi *mangrove* merupakan persentase suatu spesies vegetasi *mangrove* yang hidup pada suatu luasan tertentu. Kerapatan vegetasi *mangrove* pada

wilayah pesisir utara Kota Semarang dapat ditentukan dengan cara mengamati luasan tajuk tumbuhan *mangrove*. Tajuk pohon atau kanopi vegetasi merupakan representasi dari jumlah total luasan daun yang mempunyai peranan penting dalam fotosintesis, transpirasi, dan penyerapan radiasi matahari. Untuk mengukur tingkat kerapatan kanopi tumbuhan *mangrove* dapat menggunakan teknologi penginderaan jauh. Tingkat kelas kerapatan vegetasi yang termuat dalam keputusan menteri lingkungan hidup No. 201 tahun 2004 mengenai kriteria kerusakan *mangrove*. Oleh sebab itu, pengklasifikasian mengenai kerapatan vegetasi *mangrove* yang didasarkan pada tutupan atau luasan kanopi dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Klasifikasi kerapatan vegetasi

Kriteria		Tutupan Kanopi	Kerapatan (pohon/ha)
Baik	Sangat Rapat	≥ 75%	≥ 1500
	Sedang	≥ 50% - < 75%	≥ 1000 - < 1500
Rusak	Jarang	< 50%	< 1000

**II.4 Algoritma NDVI**

Algoritma *Normalized Difference Vegetation Indeks* (NDVI) merupakan indikator grafis sederhana yang digunakan untuk menganalisis pengukuran penginderaan jauh dan dapat menaksir intensitas dan densitas vegetasi. NDVI merupakan salah satu metode indeks vegetasi lama yang tidak terkait dengan instrumen-instrumen tertentu, sehingga dapat membuat perbandingan antara instrumen/satelit yang berbeda dari periode waktu yang lebih luas (Montoya, 2021).

Aplikasi penginderaan jarak jauh multispektral *mangrove* melibatkan perkiraan jumlah, distribusi vegetasi, dan kerapatan. Ketiga perkiraan ini didasari oleh reflektansi kanopi vegetasi. Nilai reflektansi dari suatu objek tentu berbeda dengan reflektansi objek yang lain. Objek vegetasi yang terdapat pada panjang gelombang inframerah dekat memiliki nilai reflektansi tinggi, sementara itu pada gelombang merah, objek vegetasi memiliki nilai reflectansi rendah. Perpaduan antara kedua kanal ini menghasilkan data yang mempunyai nilai sensitif terhadap kehijauan vegetasi. Vegetasi *mangrove* hanya dapat tumbuh pada daerah pesisir sehingga pengideraan jauh terhadap *mangrove* dapat dilakukan. Persamaan NDVI pada proses pengolahan dapat dilihat pada persamaan II.1

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

NIR : Nilai radiasi infra-merah dekat dari pixel

RED : Nilai radiasi cahaya merah dari pixel

**II.5 Komposit Band RGB Sentinel-2**

Interpretasi visual tumbuhan *mangrove* menggunakan citra satelit penginderaan jauh dapat dilakukan melalui pemilihan komposit RGB yang tepat (Marini, Manopo, & Angraini, 2017). Tetapi pada prosesnya membutuhkan waktu yang tidak sebentar karena banyak kombinasi potensial atau kemungkinan dari tiga pita komposit.

Pita untuk vegetasi spektral yang digunakan hanya di band 4 dan 8A, sementara itu pita SWIR yang digunakan hanya band 11. Penggunaan 6 band diantaranya yaitu band 2

(blue), band 3 (green), band 4 (red), band 8 (Near Infra-Red 1), band 8A (Near Infra-Red 2), dan band 11 (SWIR 1) menunjukkan hasil yang optimal dan efektif, serta terbukti dapat membedakan hutan mangrove dengan vegetasi lainnya (Purwanto & Asriningrum, 2019)

**II.6 Klasifikasi Terbimbing Maximum Likelihood**

Metode yang paling umum digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan penginderaan jauh adalah dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood*. Pertimbangan yang dilakukan oleh metode ini yaitu faktor peluang dari satu piksel kedalam suatu kelas atau kategori yang diinginkan (Sampurno & Thoriq, 2016). Peluang ini dapat disebut juga dengan istilah *Prior Probability*, peluang ini dapat dikalkulasi dengan dengan menjumlahkan persentase tutupan lahan pada citra yang ingin diklasifikasi. Apabila peluang ini tidak diketahui maka besar peluang tersebut dinyatakan seragam. Tutupan lahan yang akan dikelaskan pada penelitian ini terbagi menjadi 5 kelas, yaitu vegetasi mangrove, vegetasi bukan mangrove, badan air, area terbangun, dan area pertanian.

**II.7 Model Regresi Linear**

Regresi Linier merupakan suatu metode statistika yang digunakan untuk mencari hubungan antara variabel terikat (y) dengan satu atau lebih variabel bebas (x). Model regresi ini merupakan salah satu model analisis sederhana menggunakan jenis data interval atau rasio (Patra, 2020). Berikut adalah formula regresi linier sederhana dapat dilihat pada persamaan II.2

$$Y = a + bx \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

Y : variabel terikat

x : variabel bebas

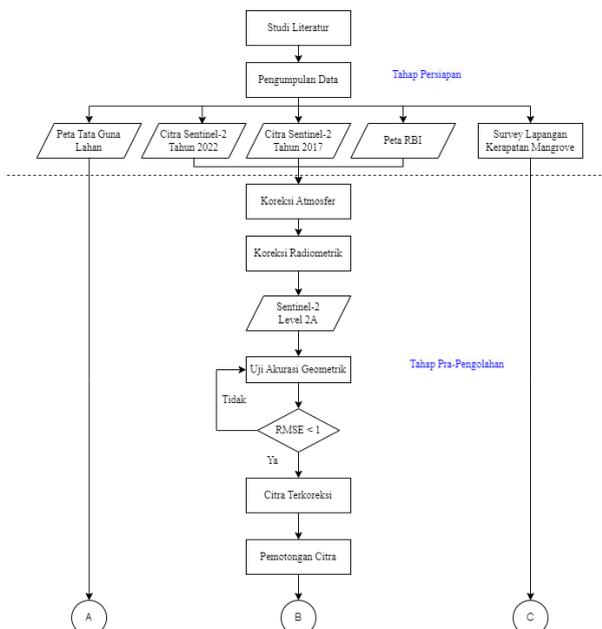
a : konstanta

b: koefisien variabel x

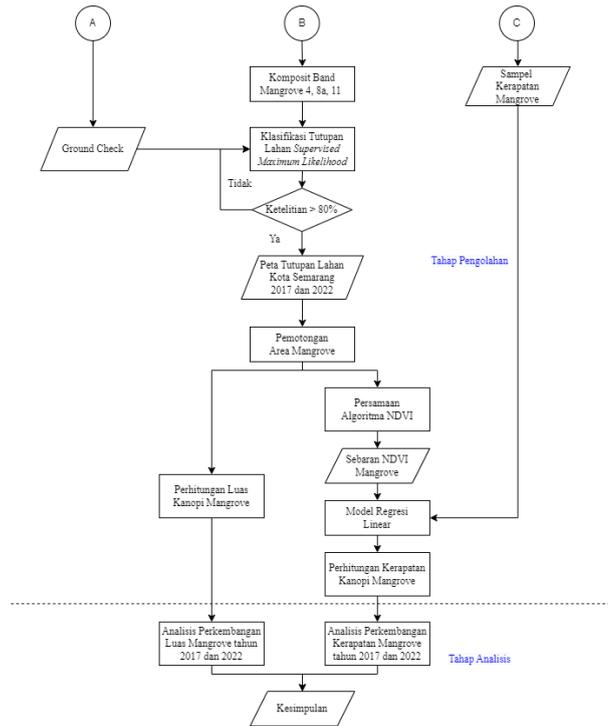
**III. Pelaksanaan Penelitian**

**III.1 Diagram Alir Penelitian**

Berikut merupakan diagram alir penelitian yang akan dilakukan, dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

**III.2 Alat dan Data Penelitian**

Penelitian ini dapat berjalan dengan baik jika peralatan dan bahan data yang tersedia dengan baik.

**III.2.1 Alat**

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari perangkat keras yaitu berupa laptop dan *smartphone*, sedangkan perangkat lunak yang digunakan yaitu Microsoft Office, Microsoft Excel, *Software QGIS*, ArcGIS, SNAP, Gap Light Analyzer, dan *Fisheye Lens*.

**III.2.2 Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan secara detail pada tabel Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Data Penelitian

No.	Data	Sumber
1	Citra Sentinel 2A	ESA
2	Peta RBI skala 1:25.000	Ina Geoportol
3	Peta Tata Guna Lahan skala 1:25.000	BAPPEDA Kota Semarang
4	Validasi Data Lapangan	Survey Lapangan

**III.3 Pengolahan Data Penelitian**

Tahap pertama pada proses penelitian ini adalah tahapan persiapan. Tahapan ini berisi beberapa rangkaian kegiatan seperti studi literatur, survey pendahuluan, perizinan, dan akuisisi data.

Selanjutnya tahapan pra-pengolahan yang digunakan untuk menyiapkan citra yang akan diolah. Pada tahapan ini terjadi proses koreksi atmosfer, koreksi radiometrik, dan koreksi geometrik yang dilakukan oleh *sen2cor*. Kemudian dilakukan uji akurasi geometrik, subset citra, dan pemotongan citra pada area studi. Pada penelitian ini data citra sentinel-2A yang digunakan terdiri dari 2 citra dengan tahun yang berbeda, yaitu citra pada tanggal 25 Desember 2017 dan 9 Desember 2022.

Setelah kedua citra tersebut mengalami proses pra-

pengolahan, selanjutnya adalah tahapan pengolahan. Tahap pertama pada pengolahan ini adalah dengan melakukan kombinasi band pada kanal RGB yaitu band 4, 8a dan 11. Kombinasi band ini perlu dilakukan agar wilayah *mangrove* pada citra dapat terlihat secara jelas dan dapat dibedakan dengan vegetasi lainnya. Selanjutnya dilakukan klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood*, klasifikasi ini digunakan untuk mengetahui beberapa tutupan lahan dengan cara mengambil *training area* secara manual pada vegetasi *mangrove*, vegetasi bukan *mangrove*, badan air, area terbangun, dan area pertanian. Klasifikasi ini akan dilakukan uji akurasi menggunakan plugin AcATaMa yang tersedia pada software QGIS untuk mengetahui keakuratan hasil klasifikasinya.

Hasil proses klasifikasi tutupan lahan digunakan untuk memotong area *mangrove* citra Sentinel-2. Area *mangrove* tersebut dilakukan perhitungan NDVI untuk mengetahui persebaran nilai indeks vegetasinya. Validasi data lapangan yang dilakukan yaitu dengan mengambil foto menggunakan lensa *fisheye* yang terpasang pada kamera *smartphone* menghadap keatas. Pengambilan sampel dilakukan secara acak pada area studi dengan jarak minimal 100 meter dengan titik lainnya. Jumlah sampel yang diambil pada penelitian ini yaitu sebanyak 22 titik sampel. Selanjutnya untuk mendapatkan model regresi linear sederhana dilakukan proses pengolahan perhitungan hasil validasi data menggunakan *software* Gap Light Analyzer untuk mendapatkan persentase kanopi *mangrove*. Persentase kanopi *mangrove* tersebut dikelaskan menjadi 3 yaitu kelas kerapatan jarang (<50%), sedang (>50% - <75%) dan rapat (>75%).

Selanjutnya dilakukan tahap analisis untuk mengetahui bagaimana perkembangan luas dan kerapatan *mangrove* pada area studi pada tahun 2017 dan tahun 2022 dengan membandingkan hasil kedua citra tersebut. Selain itu dilakukan pula analisis perkembangan luas dan kerapatan *mangrove* setiap kelurahan pada area studi.

**IV. Hasil dan Pembahasan**

**IV.1 Hasil Uji Akurasi Tutupan Lahan**

Matriks Konfusi digunakan untuk melihat akurasi penelitian pada *Supervised Classification* dapat menggunakan Plugin pada QGIS yaitu AcATaMa. Matriks kesalahan ini merupakan hasil dari proses pengkelasan dengan pembuatan area sampel dimana dari matriks bisa dilihat kekurangan ataupun kelebihan jumlah piksel pada tiap-tiap kelas. Berikut merupakan tabel matriks kesalahan berdasarkan sampel tutupan lahan terlihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Hasil Uji Akurasi Tutupan Lahan Tahun 2017

<i>Overall Accuracy</i>	0,86
<i>Standard deviation</i>	0,04434

Tabel 4 Hasil Uji Akurasi Tutupan Lahan Tahun 2022

<i>Overall Accuracy</i>	0.88
<i>Standard deviation</i>	0.03774

Tingkat ketelitian sebagai kriteria terpenting klasifikasi tutupan lahan yaitu *Overall Accuracy* yang dilakukan lulus uji akurasi yaitu telah lebih dari 80%. Berdasarkan tabel dan tabel, didapatkan hasil *Overall Accuracy* tutupan lahan citra tahun 2017 sebesar 0,86 atau 86% dengan standar deviasi sebesar 0,04434. Sedangkan hasil *Overall Accuracy* tutupan lahan citra tahun 2022 yaitu sebesar 0,88 atau 88% dengan standar deviasi sebesar 0,03774. Maka hasil uji akurasi yang telah dilakukan pada citra tahun 2017 dan tahun 2022 dianggap benar karena perhitungan konfusi matriks  $\geq 80\%$ .

**IV.2 Hasil Pengolahan Tutupan Lahan**

Berikut merupakan tampilan hasil klasifikasi tutupan lahan Wilayah Kota Semarang menggunakan *Maximum Likelihood Classification*. Pada hasil pengolahan berikut, warna hijau mewakili area *mangrove*, warna biru mewakili area badan air, warna kuning mewakili area terbangun, warna ungu mewakili area pertanian, dan warna hijau muda mewakili vegetasi lain. Berikut klasifikasi tutupan lahan tahun 2017 dan tahun 2022 dijelaskan secara rinci pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Klasifikasi tutupan lahan tahun 2017 dan 2022

Kelas Tutupan Lahan	Luas Tahun 2017 (ha)	Luas Tahun 2022 (ha)
<i>Mangrove</i>	893,028	809,539
Vegetasi Lain	1058,587	1074,210
Badan Air	1625,731	1625,389
Area Terbangun	2330,156	2392,220
Pertanian	440,690	445,100



Gambar 3 Diagram Luas Tutupan Lahan Kota Semarang Tahun 2017 dan 2022

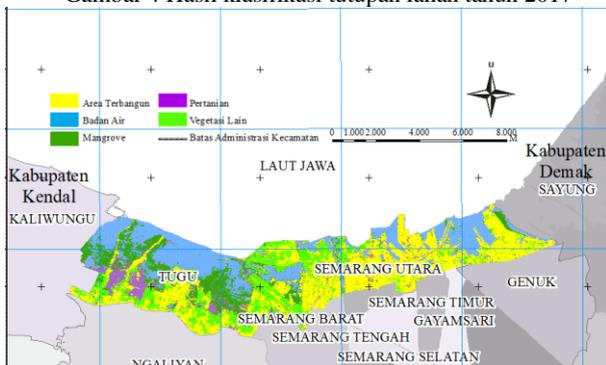
Berdasarkan Tabel 5 hasil dari pengolahan tutupan lahan tahun 2017 pada area *mangrove* didapatkan luas sebesar 893,028 ha, pada area badan air memiliki luas sebesar 1625,731 ha, area terbangun memiliki luas sebesar 2330,156 ha, area pertanian memiliki luas sebesar 440,690 ha, dan wilayah vegetasi lain memiliki luas sebesar 1058,587 ha. Sedangkan hasil dari pengolahan tutupan lahan tahun 2022 pada area *mangrove* didapatkan luas sebesar 809,539 ha, pada area badan air memiliki luas sebesar 1625,389 ha, area terbangun memiliki luas sebesar 2392,220 ha, area pertanian memiliki luas sebesar 445,100 ha, dan wilayah vegetasi lain memiliki luas sebesar 1074,210 ha.

Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa selama 5 tahun, terjadi perkembangan tiap-tiap kelas tutupan lahan. Wilayah *mangrove* terjadi penurunan luas sebesar 83,488 ha, area tutupan lahan vegetasi lain terjadi peningkatan luas sebesar 15,623 ha, area tutupan lahan badan air terjadi

penurunan luas sebesar 0,342 ha, tutupan lahan area terbangun terjadi peningkatan luas sebesar 62,064 ha, dan area tutupan lahan pertanian terjadi peningkatan luas sebesar 4,410 ha. Perubahan luas mangrove terjadi karena terdapat pembangunan pada area mangrove menjadi area terbangun, pengaruh dari pasang surut air laut (lama, durasi, rentang), gelombang dan arus, serta iklim (cahaya, curah hujan, suhu, dan angin)



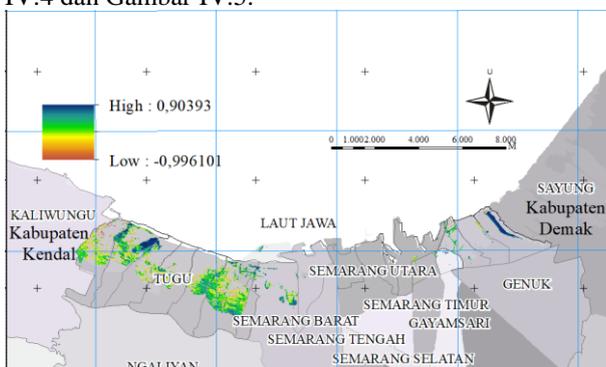
Gambar 4 Hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2017



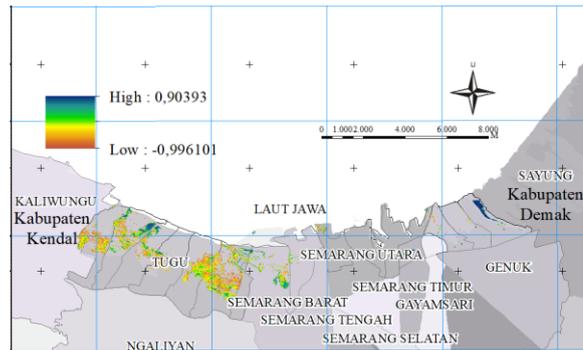
Gambar 5 Hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2022

### IV.3 Hasil Pengolahan NDVI

Dari hasil persebaran vegetasi mangrove, maka untuk menentukan sebaran nilai NDVI mangrove perlu dilakukan overlay dengan luasan mangrove hasil Supervised Classification. Berikut merupakan peta sebaran nilai NDVI mangrove di wilayah pesisir utara Semarang tahun 2017 dengan data tertinggi sebesar 0,90393 dan terendah sebesar -0,996101. Sedangkan pada hasil perhitungan NDVI mangrove tahun 2022 mendapatkan data tertinggi 0,67864 dan terendah sebesar -0,171401 dapat dilihat pada Gambar IV.4 dan Gambar IV.5.



Gambar 6 Hasil Pengolahan NDVI Mangrove Tahun 2017

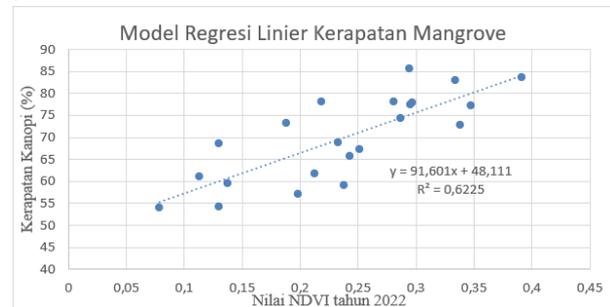


Gambar 7 Hasil Pengolahan NDVI Mangrove Tahun 2022

### IV.4 Hasil Pemodelan Kerapatan Vegetasi Mangrove

Pemodelan kerapatan vegetasi dilakukan dengan menggunakan regresi linier sederhana antara data kerapatan vegetasi mangrove di lapangan sebagai variabel bebas (x) dengan nilai hasil pengolahan NDVI citra sentinel-2 sebagai variabel terikat (y). Model regresi linier sederhana ini dilakukan setelah mendapatkan data validasi kerapatan mangrove di lapangan berupa persentase kanopi mangrove yang telah diolah dalam aplikasi Gap Light Analyzer.

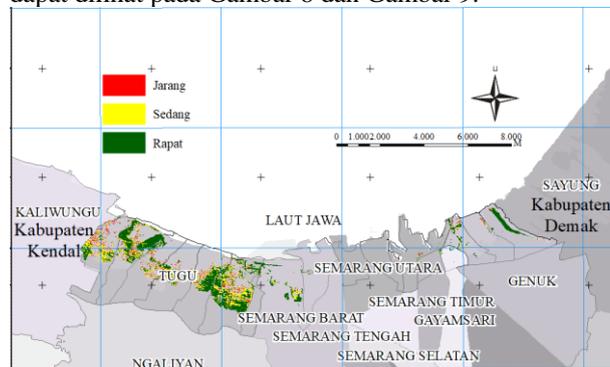
Persamaan regresi linear sederhana antara data kerapatan kanopi mangrove di lapangan sebagai variabel bebas (y) dengan nilai NDVI sebagai variabel terikat (x) yaitu  $y = 91,601x + 48,111$  dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,6225 dapat dilihat pada Gambar 8.



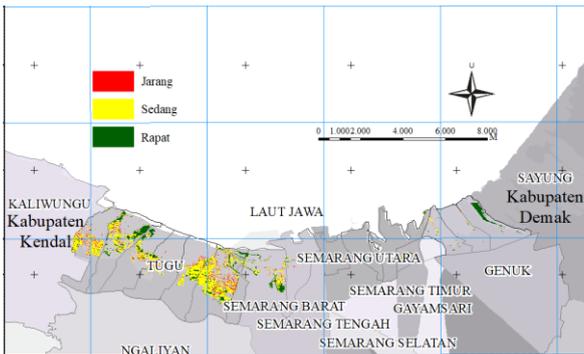
Gambar 8 Model regresi linier kerapatan mangrove

### IV.5 Hasil Pengolahan Kerapatan Mangrove

Berikut merupakan hasil pengolahan kerapatan mangrove kota Semarang pada tahun 2017 dan tahun 2022 dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 9 Hasil Pengolahan Kerapatan Mangrove tahun 2017



Gambar 10 Hasil Pengolahan Kerapatan Mangrove tahun 2022

Tabel 6 Hasil perhitungan luas mangrove berdasarkan kelas kerapatan tahun 2017 dan 2022

Tahun	Kelas Kerapatan	Luas (ha)
2017	Jarang	79,927
	Sedang	209,094
	Rapat	440,553
2022	Jarang	77,096
	Sedang	393,418
	Rapat	165,078



Gambar 11 Diagram luas mangrove berdasarkan kerapatan tahun 2017 dan 2022

Berdasarkan Tabel 6 pada tahun 2017 terdapat tiga kelas kerapatan yakni kelas jarang, kelas sedang dan kelas rapat. Pada kelas kerapatan jarang didapatkan luas sebesar 79,927 ha atau sekitar 10,96%, pada kelas kerapatan sedang didapatkan luas sebesar 209,094 ha atau sekitar 28,66% dan pada kelas kerapatan rapat didapatkan luas sebesar 440,553 ha atau sekitar 60,38%. Jadi total luas kerapatan mangrove pada tahun 2017 adalah sebesar 729,575 ha. Pada tahun 2022 terdapat tiga kelas kerapatan yakni kelas jarang, kelas sedang dan kelas rapat. Pada kelas kerapatan jarang didapatkan luas sebesar 77,096 ha atau sekitar 12,13%, pada kelas kerapatan sedang didapatkan luas sebesar 393,418 ha atau sekitar 61,90% dan pada kelas kerapatan rapat didapatkan luas sebesar 165,078 ha atau sekitar 25,97%. Jadi total luas kerapatan mangrove pada tahun 2022 adalah sebesar 635,592 ha. Sehingga dari tahun 2017 hingga tahun 2022, area mangrove Kota Semarang telah mengalami penurunan luas sebesar 93,983 hektar.

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa terjadi penurunan luas pada kelas kerapatan jarang yaitu sebesar

2,831 ha. Pada kelas kerapatan sedang mengalami peningkatan luas sebesar 184,320 ha. Serta pada kelas kerapatan rapat mengalami penurunan luas sebesar 275,476 ha. Perubahan yang terjadi pada perkembangan kerapatan mangrove yaitu terjadi penurunan kerapatan mangrove dari tahun 2017 ke tahun 2022, terutama pada kelas kerapatan rapat seluas 275,476 ha yang berubah menjadi kelas kerapatan sedang seluas 184,324 ha. Penurunan luas tutupan lahan mangrove terjadi karena terdapat pengalihan fungsi lahan dari lahan yang sebelumnya merupakan lahan mangrove menjadi area terbangun dan lahan kosong.

**IV.6 Hasil pengolahan kerapatan mangrove area studi setiap kelurahan tahun 2017 dan 2022**

Berikut merupakan hasil pengolahan perhitungan kerapatan mangrove kota semarang tingkat kelurahan pada tahun 2017 dan tahun 2022 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 hasil pengolahan kerapatan mangrove area studi tiap kelurahan tahun 2017 dan 2022

No	Kelurahan	Luas Tahun 2017 (Ha)			Luas Tahun 2022 (Ha)		
		Jarang	Sedang	Rapat	Jarang	Sedang	Rapat
1	Jerakah	0,07	0,54	1,46	0,26	1,60	1,35
2	Karanganyar	6,66	19,04	49,55	5,68	49,28	9,55
3	Kemijen	0,05	0,72	1,34	0,14	1,93	2,47
4	Mangkang Kulon	21,11	41,03	29,93	16,42	60,98	3,55
5	Mangkang Wetan	9,56	14,92	22,16	5,12	24,44	15,49
6	Mangunharjo	11,75	31,44	102,42	10,61	55,85	40,75
7	Randugarut	4,99	15,60	15,57	4,01	17,92	6,34
8	Tambakharjo	1,57	8,70	28,78	3,77	26,80	24,58
9	Tambakrejo	0,01	0,40	2,00	0,00	0,04	0,05
10	Tanjungmas	0,57	1,05	3,27	0,11	0,65	0,94
11	Tawangsari	0,03	0,05	1,59	0,34	0,90	1,60
12	Terboyo Kulon	1,72	3,83	12,31	0,90	3,89	1,72
13	Terboyo Wetan	1,14	1,00	1,90	0,34	0,99	0,88
14	Trimulyo	0,65	0,52	31,68	0,12	0,66	24,98
15	Tugurejo	20,05	70,25	136,62	29,28	147,50	30,82
Total		79,93	209,09	440,55	77,10	393,42	165,08

Berdasarkan Tabel 7 kerapatan mangrove tersebar pada kelurahan yang berbeda-beda. Mangrove pada wilayah Kota Semarang terdapat pada 15 kelurahan yang ada di Kota Semarang. Beberapa perubahan luas setiap kerapatan mangrove yang ada pada setiap kelurahan terlihat jelas baik penurunan atau peningkatan luas kerapatan mangrove dalam kurun waktu 5 tahun tersebut. Pada kelas kerapatan jarang beberapa kelurahan mengalami peningkatan atau penurunan yang seimbang yakni pada kelurahan Mangkang Kulon, Mangkang Wetan, Tambakharjo, dan Tugurejo. Kelurahan Mangkang Kulon mengalami penurunan luas dari 21,109 ha menjadi 16,420 ha. Kelurahan Mangkang Wetan mengalami penurunan luas dari 9,559 ha menjadi 5,123 ha. Kelurahan Tambakharjo mengalami peningkatan luas dari 1,570 ha menjadi 3,766 ha. Kelurahan Tugurejo mengalami peningkatan luas dari 20,047 ha menjadi 29,277 ha. Pada kelas kerapatan sedang beberapa kelurahan mendominasi peningkatan luas daripada penurunannya

yakni pada Kelurahan Karanganyar, Mangkang Kulon, Mangkang Wetan, Mangunharjo, Tambakharjo dan Tugurejo. Kelurahan Karanganyar mengalami peningkatan luas dari 19,043 ha menjadi 49,279 ha. Kelurahan Mangkang Kulon mengalami peningkatan luas dari 41,034 ha menjadi 60,979 ha. Kelurahan Mangkang Wetan mengalami peningkatan luas dari 14,917 ha menjadi 24,439 ha. Kelurahan Mangunharjo mengalami peningkatan luas dari 31,440 ha menjadi 55,851 ha. Kelurahan Tambakharjo mengalami peningkatan luas dari 8,701 ha menjadi 26,797 ha. Dan Kelurahan Tugurejo mengalami peningkatan luas dari 70,251 ha menjadi 147,504 ha. Sedangkan pada kelas kerapatan rapat, beberapa kelurahan mendominasi penurunan luas daripada peningkatannya yakni pada Kelurahan Karanganyar, Mangkang Kulon, Mangunharjo, Terboyo Kulon dan Tugurejo. Kelurahan Karanganyar mengalami penurunan luas dari 49,553 ha menjadi 9,546 ha. Kelurahan Mangkang Kulon mengalami penurunan luas dari 29,925 ha menjadi 3,547 ha. Kelurahan Mangunharjo mengalami penurunan luas dari 102,421 ha menjadi 40,752 ha. Kelurahan Terboyo Kulon mengalami penurunan luas dari 12,310 ha menjadi 1,723 ha. Dan Kelurahan Tugurejo mengalami penurunan luas dari 136,616 ha menjadi 30,819 ha.

## V. Kesimpulan dan Saran

### V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijabarkan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perkembangan luas *mangrove* pada tahun 2017 ke tahun 2022 mengalami penurunan. Luas *mangrove* pada tahun 2017 sebesar 893,027 ha sedangkan luas *mangrove* pada tahun 2022 sebesar 809,539 ha. Sehingga selama kurun waktu 5 tahun, tumbuhan *mangrove* di Kota Semarang mengalami penurunan luas sebanyak 83,488 ha.
2. Perkembangan kerapatan *mangrove* pada tahun 2017 ke tahun 2022 terus mengalami penurunan. Pada kerapatan *mangrove* jarang, terjadi penurunan luas sebesar 2,831 ha, pada kerapatan *mangrove* sedang terjadi peningkatan luas sebesar 184,320 ha, dan pada kerapatan *mangrove* rapat terjadi penurunan luas sebesar 275,476 ha. Secara garis besar, perubahan yang terjadi pada perkembangan kerapatan *mangrove* yaitu terjadi penurunan kerapatan *mangrove* dari tahun 2017 ke tahun 2022, terutama pada kelas kerapatan rapat seluas 275,476 ha yang berubah menjadi kelas kerapatan sedang seluas 184,324 ha. Penurunan luas tutupan lahan *mangrove* terjadi karena terdapat pengalihan fungsi lahan dari lahan yang sebelumnya merupakan lahan *mangrove* menjadi area terbangun dan lahan kosong.

### V.2 Saran

Berdasarkan proses pengolahan data, hasil pengolahan, dan seluruh kendala yang didapatkan pada penelitian ini, peneliti merekomendasikan beberapa saran yang dapat dilakukan untuk menghindari penelitian selanjutnya mengalami kendala yang sama yaitu:

1. Persiapan data awal yang lebih matang harus dilakukan. Penelitian ini menggunakan citra pasif

yaitu Sentinel-2, dimana pada citra tersebut terdapat awan yang menjadi kendala utama penelitian karena menutupi sebagian wilayah studi. Peneliti menyarankan bahwa penelitian selanjutnya dilakukan pada saat dimana cuaca terbebas dari awan yaitu pada musim kemarau sehingga citra yang didapatkan lebih optimal.

2. Penggunaan data citra dengan resolusi spasial yang lebih tinggi agar mempermudah klasifikasi tutupan lahan menjadi lebih akurat.
3. Pengambilan data validasi sebaiknya dilakukan lebih banyak agar model regresi linear yang dihasilkan memiliki nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang lebih baik.
4. Pengambilan data validasi sebaiknya memperhatikan pasang surut air laut agar hasil yang didapatkan setara

## DAFTAR PUSTAKA

- ESA. (2021, April 27). Sentinel-2. Retrieved from ESA:[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-2](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2)
- Khatiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). *Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems*. Academic Press.
- Montoya, S. (2021, Mei 4). How to calculate the NDVI Index from a Sentinel 2 Image. Retrieved from Hatari Labs: <https://www.hatarilabs.com/ih-en/how-to-calculate-the-ndvi-index-from-a-sentinel-2-image>.
- Muchtar, H. (2022, 5 18). *Mangrove*, Definisi, Degradasi, dan Kebijakan. Retrieved from Hardiwinoto: <https://hardiwinoto.com/mangrove-definisi-degradasi-dan-kebijakan/>.
- Nardin, W., Locatelli, S., Pasquarella, V., Rulli, M. C., Woodcock, C. E., & Fagherazzi, S. (2016). Dynamics of a fringe *mangrove* forest detected by Landsat images in the Mekong river delta, Vietnam. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41(14).
- NOAA. (2021, October 3). What is *mangrove* forest? Retrieved from National Ocean Service: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/mangroves.htm>
- Patra. (2020, Agustus 17). *Mengenal Analisis Regresi Linier dalam Penelitian*. Retrieved from Patrastatistika: <https://patrastatistika.com/analisis-regresi-linear/>
- Pramudji. (2000). Hutan *Mangrove* di Indonesia: Peranan Permasalahan dan Pengelolaannya. *Oseanografi LIPI*, 13-20.
- Sampurno, R. M., & Thoriq, A. (2016). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan*, 61-70.
- Suwargana, N. (2008). Analisis Perubahan Hutan *Mangrove* menggunakan Data Penginderaan Jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 64-74.
- Peraturan perundang-undangan:  
Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004 tentang Kriteria Kerusakan *Mangrove*.