

**ANALISIS INDEKS KESEHATAN HUTAN MANGROVE KOTA
PASURUAN DENGAN METODE NDVI (*NORMALIZED DIFFERENCE
VEGETATION INDEX*) MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT**

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh

WENY RATIH RELASARI

NIM. H94219065

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Weny Ratih Relasari
NIM : H94219065
Program Studi : Ilmu Kelautan
Angkatan : 2019

menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "ANALISIS INDEKS KESEHATAN HUTAN MANGROVE KOTA PASURUAN DENGAN METODE NDVI (*NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX*) MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 30 Juni 2023
Yang menyatakan,



(Weny Ratih Relasari)
NIM. H94219065

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi

Nama : Weny Ratih Relasari

Nim : H94219065

Judul : ANALISIS INDEKS KESEHATAN HUTAN MANGROVE KOTA PASURUAN DENGAN METODE NDVI (*NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX*) MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 27 Juni 2023

Dosen Pembimbing I



(Andik Dwi Muttaqin, ST., MT.)
NIP. 19824102014031001

Dosen Pembimbing II



(Rizqi Abdi Perdanawati, M.T.)
NIP. 198809262014032002

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi Weny Ratih Relasari ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 07 Juli 2023

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I



(Andik Dwi Muttakin, ST., MT.)

NIP. 19824102014031001

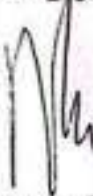
Penguji II



(Rizqi Abdi Perdanawati, M.T.)

NIP. 198809262014032002

Penguji III



(Noverma, M.Eng)

NIP.198111182014032002

Penguji IV



(M. Yunan Fahmi, MT)

201409004

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya



(Drs. M.cepul Hamdani, M.Pd.)

NIP. 196507312000031002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Weny Ratih Relasari
NIM : H94219065
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Ilmu Kelautan
E-mail address : Wenyratih@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Analisis Indeks Kesehatan Hutan Mangrove Kota Pasuruan dengan Metode NDVI

(Normalized Difference Vegetation Index) Menggunakan Citra Landsat

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 12 Juli 2023

Penulis

(Weny Ratih Relasari)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

ANALISIS INDEKS KESEHATAN HUTAN MANGROVE KOTA PASURUAN DENGAN METODE NDVI (*NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX*) MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT

Indeks kesehatan mangrove merupakan metode pemantauan kondisi vegetasi mangrove berdasarkan tiga parameter berupa kerapatan pancang, tutupan kanopi dan rata-rata diameter tegakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan luasan hutan mangrove Kota Pasuruan dan mengevaluasi kondisi kesehatan hutan mangrove Kota Pasuruan. Penelitian ini dilakukan dengan metode penginderaan jauh menggunakan citra landsat temporal untuk mengetahui perubahan lahan mangrove. Perhitungan skor MHI didasarkan pada data lapang yang dikombinasikan dengan identifikasi indeks vegetasi menggunakan algoritma NDVI. Hasilnya mangrove pada rentang tahun 2008 hingga tahun 2013 mengalami kenaikan luas dari 169,759 ha atau sebanyak 37% menjadi 231,889 ha. Tahun 2018 luas mangrove Kota Pasuruan menurun sebanyak 20% sehingga luasnya menjadi 186,669 ha dan meningkat kembali sebanyak 37% atau seluas 69,846 ha pada tahun 2023 menjadi 256,515 ha. Berdasarkan analisis indeks vegetasi menggunakan metode NDVI seluas 105,171 ha atau sebesar 41% dari total luas keseluruhan merupakan kerapatan kanopi tinggi. Kerapatan rendah sebesar 29% dan kerapatan sedang sebesar 30%. Skor MHI pada kerapatan kanopi rendah adalah 34,59% yang masuk dalam kategori buruk. Sedangkan untuk kelas kerapatan rendah dan tinggi adalah 52,52% dan 68,40% yang masuk pada kategori sedang dan tinggi. Hubungan antara NDVI dengan MHI dijelaskan menggunakan uji koefisien determinasi yang menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,781. Skor indeks kesehatan mangrove Kota Pasuruan dominan pada kategori sedang.

Kata kunci : MHI, NDVI, Perubahan luas lahan mangrove

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

ABSTRACT

ANALYSIS OF MANGROVE FOREST HEALTH INDEX IN PASURUAN CITY USING NDVI (NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX) METHOD WITH LANDSAT IMAGERY

Mangrove health index is a method for monitoring the vegetation condition of mangrove forests based on three parameters: sapling density, canopy cover, and average tree diameter. This study aims to analyze the changes in the extent of mangrove forests in Pasuruan City and evaluate the health condition of these forests. The research was conducted using remote sensing methods with temporal Landsat imagery to understand the changes in mangrove land cover. The calculation of the Mangrove Health Index (MHI) was based on field data combined with vegetation index identification using the NDVI algorithm. The results showed that the mangrove forests in Pasuruan City increased from 169,759 ha (37% of the total area) in the period from 2008 to 2013 to 231,889 ha. However, in 2018, the mangrove area decreased by 20% to 186,669 ha, and then increased again by 37% (69,846 ha) in 2023, reaching a total of 256,515 ha. Based on the vegetation index analysis using the NDVI method, approximately 105,1781 ha (41% of the total area) exhibited high canopy density, while low density accounted for 29% and moderate density accounted for 30%. The MHI score for low canopy density was 34.59%, indicating a poor category. As for the low and high density classes, the percentages were 52.52% and 68.40%, respectively, falling into the moderate and high categories. The relationship between NDVI and MHI was explained using the coefficient of determination (R^2), which yielded a value of 0.781. The mangrove forest health index score in Pasuruan City was predominantly in the moderate category.

Keywords: MHI, NDVI, mangrove land cover change

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO.....	v
HALAMAN PESEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	4
1.3 Tujuan penelitian	4
1.4 Manfaat penelitian	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ekosistem Mangrove	5
2.2 <i>Mangrove Health Index</i> (MHI).....	7
2.3 Penginderaan Jauh	9
2.4 Penelitian Terdahulu	15
BAB III	21
METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Tahapan Penelitian.....	22
3.4 Pengumpulan Data	24
3.5 Metode Pengolahan Data.....	27
3.6 Analisis Data	30
3.7 Analisis dan Pembahasan	34
3.8 Kesimpulan.....	34
BAB IV	35
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35

4.1	Perubahan Hutan Mangrove Kota Pasuruan.....	35
4.2	Kerapatan Hutan Mangrove Kota Pasuruan Tahun 2023 berdasarkan NDVI	50
4.3	Analisis Mangrove Health Index.....	53
4.4	Korelasi Nilai NDVI dengan Skor MHI.....	62
BAB V.....		64
PENUTUP.....		64
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....		65



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Kategori Kerusakan Mangrove	8
Tabel 2. 2. Spesifikasi Band Landsat 7 ETM+.....	11
Tabel 2. 3. Spesifikasi Band Landsat 8 OLI.....	12
Tabel 2. 4. Kombinasi Band Landsat 8 OLI.....	13
Tabel 2. 5. Penelitian Terdahulu.....	15
Tabel 3. 1. Alat	21
Tabel 3. 2. Bahan.....	22
Tabel 3. 3 Data yang Digunakan Beserta Teknik Pengumpulannya	24
Tabel 3. 4. Kategori Kesehatan Hutan Mangrove berdasarkan <i>Mangrove Health Index (MHI)</i>	34
Tabel 4. 1. Kesesuaian Citra dengan <i>Ground Check Point</i>	36
Tabel 4. 2 Perubahan tutupan lahan mangrove Kota Pasuruan 2008-2013.....	43
Tabel 4. 3 Perubahan tutupan lahan mangrove Kota Pasuruan 2013-2018.....	44
Tabel 4. 4 Perubahan tutupan lahan mangrove Kota Pasuruan 2018-2023.....	47
Tabel 4. 5 perubahan luas hutan mangrove dari tahun 2008, 2013, 2018 dan 2023	48
Tabel 4. 7 Hasil Pengkelasan NDVI Mangrove Kota Pasuruan.....	51
Tabel 4. 9 Lokasi Pengambilan Transek	53
Tabel 4. 10 data parameter dan skor MHI pada kelas kerapatan rendah.....	56
Tabel 4. 11 data parameter dan skor MHI pada kelas kerapatan sedang.....	58
Tabel 4. 12 data parameter dan skor MHI pada kelas kerapatan tinggi	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Peta Lokasi Penelitian.....	21
Gambar 3. 2 Diagram Alur Penelitian.....	23
Gambar 3. 3. Skema pembagian plot menjadi 4-9 kuadran untuk pengambilan data tutupan tergantung kerapatan tajuk komunitas mangrove.....	25
Gambar 3. 4. Skema pengambilan data diameter tegakan menggunakan metode <i>Girth at Breast Height</i>	26
Gambar 4. 1 diagram batang perubahan luas mangrove Kota Pasuruan 2008-2023	40
Gambar 4. 2. Peta vegetasi mangrove Kota Pasuruan 2008	42
Gambar 4. 3. Peta vegetasi mangrove Kota Pasuruan 2013	45
Gambar 4. 4. Peta vegetasi mangrove Kota Pasuruan 2018	46
Gambar 4. 5. Gambar 4. 5. Peta vegetasi mangrove Kota Pasuruan 2023.....	49
Gambar 4. 6. Gambar 4. 6. Peta NDVI Mangrove Kota Pasuruan Tahun 2023 ...	52
Gambar 4. 7. Peta Lokasi Pengambilan Transek.....	54
Gambar 4. 8 buah <i>Excoecaria agallocha</i>	55
Gambar 4. 9 daun <i>Avicennia marina</i>	55
Gambar 4. 11 semai <i>Rhizophora</i> sp. pada Stasiun Panggungrejo.....	56
Gambar 4. 10 Bambu penyangga semai mangrove sisa rehabilitasi yang sudah terdapat semainya.....	56
Gambar 4. 14 buah <i>Xylocarpus mulloccensis</i>	58
Gambar 4. 13 Tumbuhan <i>Achantus ilicifolius</i>	58
Gambar 4. 12 buah <i>Xylocarpus rumphii</i>	58
Gambar 4. 15 Daun dan bungan <i>Avicennia eucaliptyfolia</i>	59
Gambar 4. 16 Tumbuhan <i>Rhizophora apiculata</i>	59
Gambar 4. 17 buah dan daun <i>Avicennia alba</i>	60
Gambar 4. 18 tumbuhan <i>Rhizophora mucronata</i>	60
Gambar 4. 20 daun <i>Xylocarpus muloccensis</i>	61
Gambar 4. 19 daun <i>Excoecaria agallocha</i>	61
Gambar 4. 21 diagram batang hubungan nilai NDVI terhadap Nilai MHI.....	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Hutan mangrove adalah salah satu vegetasi tropis dan sub tropis yang dikategorikan sebagai hutan basah karena mangrove umumnya ditemukan pada daerah intertidal atau yang terpengaruh oleh pasang surut air laut seperti estuari, delta sungai dan wilayah yang mengalami sedimentasi (Meng et al., 2021; Rafiq et al., 2020). Flora hutan mangrove terdiri dari tumbuhan dengan jenis yang berbeda-beda namun memiliki kesamaan pada kemampuan adaptasinya. Untuk tumbuh pada daerah intertidal mangrove harus mempunyai toleransi terhadap salinitas yang tinggi dan oksigen terlarut yang rendah serta memiliki struktur akar yang mampu bertahan pada kondisi ekstrem (Irwanto et al., 2020; Rafiq et al., 2020).

Secara umum mangrove memiliki dua fungsi yaitu fungsi ekologi dan fungsi sosial ekonomi (Pattimahu et al., 2020). Fungsi ekologi ekosistem mangrove diantaranya yaitu berperan mencegah erosi, penahan gelombang dan badai, mencegah terserapnya air laut serta menjadi agen penyerap karbon yang baik (del Valle et al., 2020). Mangrove juga dapat dimanfaatkan sebagai wahana rekreasi, edukasi dan riset serta memiliki peran dalam pemeliharaan biodiversitas (Pattimahu et al., 2020; Wang et al., 2018). Sedangkan secara sosial ekonomi ekosistem mangrove dapat dimanfaatkan untuk kegiatan akuakultur dan bagian tubuh tumbuhan tersebut dapat diolah untuk mendapatkan nilai ekonominya (Pattimahu et al., 2020; Trialfhianty et al., 2022).

Mangrove yang terletak pada dekat ekuator, menurut del Valle et al. (2020), memiliki ciri pada kepadatan biomassa di atas permukaan tanah yang tidak dipengaruhi oleh musim. Sejak tahun 1980-an mangrove di dunia telah terdegradasi sebanyak 35% (Curnick et al., 2019). Pada tahun 2011, menurut Giri et al., luas hutan mangrove Indonesia adalah 3.112.989 ha atau

sebesar 22,6% dari keseluruhan hutan mangrove dunia. Luas hutan mangrove di Indonesia sempat mengalami penurunan menjadi 23,324.29 ha pada tahun 2012 (Hamilton & Friess, 2018), 2.314.300 ha pada tahun 2014 (Hamilton & Casey, 2016) dan menjadi 3.361.216 ha pada tahun 2017 menurut Satu Peta Mangrove Nasional. Mangrove Indonesia kemudian mengalami peningkatan kembali, menurut PPID MenLHK (2021), menjadi 3.364.080 ha. Dari total jumlah tersebut seluas 637.000 ha mangrove dalam kondisi kritis yang saat ini sedang direhabilitasi dengan sasaran seluas 620.000 ha mangrove pulih pada tahun 2024 nanti (KLHK, 2021). Banyaknya elemen yang bersinggungan dengan mangrove sehingga perubahan kondisi hutan mangrove akan mempengaruhi elemen-elemen tersebut. Berubahnya kondisi ekosistem mangrove akan berpengaruh terhadap biodiversitas yang berdampak pada penurunan ekonomi masyarakat dan pemerintah karena penurunan hasil tangkap, perubahan bentuk alam, hingga berubahnya iklim global (Doni Nurdiansah & I Wayan Eka Dharmawan, 2021; Maulidiyah et al., 2019).

Perubahan pada hutan mangrove umumnya disebabkan oleh krisis iklim dan aktivitas manusia seperti perubahan tata guna lahan, urbanisasi, perubahan daerah aliran sungai, eksploitasi sumberdaya alam yang berlebihan serta pembangunan di wilayah pesisir (Jennerjahn et al., 2017; Razali et al., 2019). Aktifitas manusia yang menyebabkan perubahan kondisi bumi ini telah dijelaskan oleh Allah SWT dalam Al-Qur'an surat Ar-Rum ayat 41 sebagai berikut:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ
يَرْجِعُونَ

Artinya: Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar) (QS. Surah Arrum 30:41)

Penurunan kualitas lingkungan menurut Parmawati (2019), menyebabkan peningkatan pengeluaran negara sebagai akibat dari penurunan produktivitas lingkungan sehingga berdampak pada penurunan laju pembangunan. Studi kasus perhitungan valuasi ekonomi ekosistem mangrove di Desa Kebun Ayu Kabupaten Lombok Barat menunjukkan nilai manfaat tidak langsung mangrove sebagai *Breakwater* dan pemelihara biodiversitas adalah sebesar Rp 1.161.136.240 (Hasibuan, Muda, 2013). Artinya apabila ekosistem mangrove pada lokasi tersebut hilang untuk mendapatkan fungsi yang sama maka estimasi dana yang perlu dikeluarkan adalah senilai dengan nominal yang telah disebutkan.

Kota Pasuruan merupakan salah satu wilayah yang berada di Jawa Timur. Kota Pasuruan terdiri dari kecamatan Bugulkidul, Gadingrejo, Panggungrejo dan Purworejo dengan luas total wilayahnya adalah 35,29 km² (BPS Kota Pasuruan, 2019). Kota Pasuruan berbatasan dengan Kabupaten Pasuruan pada sisi timur, selatan dan barat sedangkan pada bagian utara berbatasan dengan Selat Madura dimana di sepanjang garis pantainya ditumbuhi oleh mangrove.

Pemantauan kesehatan hutan merupakan metode pemantauan dengan menilai dan melaporkan status terkini mengenai perubahan dan tren kesehatan hutan jangka panjang (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2015). Pemantauan kondisi hutan mangrove dengan *Mangrove Health Index* dilakukan dengan parameter penilaian berupa persentase tutupan kanopi hutan mangrove, diameter pohon, serta kerapatan pancang. Pemantauan kesehatan hutan mangrove biasa dilakukan dengan metode penginderaan jauh seperti penilaian kesehatan hutan mangrove di Teluk Pangpang, Banyuwangi (Kawamuna et al., 2017), Taman Nasional Karimunjawa (Prasetya et al., 2017), Segara Anakan, Cilacap (Akbar et al., 2020), Taman Hutan Raya, Ngurah Rai, Bali (Nurhaliza et al., 2021) dan di Kabupaten Probolinggo (Maulidiyah et al., 2019).

Al- Quran Surat Hud ayat 61 memerintahkan manusia untuk memakmurkan, mengembangkan dan mengeksploitasi kekayaan milik Allah :

وَالِي تَمُودَ أَخَاهُمْ صَالِحًا قَالَ يَا قَوْمِ اعْبُدُوا اللَّهَ مَا لَكُمْ مِنْ إِلَهٍ غَيْرُهُ ۖ هُوَ أَنْشَأَكُمْ مِنَ الْأَرْضِ
وَاسْتَعْمَرَكُمْ فِيهَا فَاسْتَغْفِرُوهُ ثُمَّ تَوَلَّوْا إِلَيْهِ وَإِنَّ رَبِّيَ قَرِيبٌ مُجِيبٌ

Artinya : Dan kepada Tsamud (Kami utus) saudara mereka Shaleh. Shaleh berkata: "Hai kaumku, sembahlah Allah, sekali-kali tidak ada bagimu Tuhan selain Dia. Dia telah menciptakan kamu dari bumi (tanah) dan menjadikan kamu pemakmurnya, karena itu mohonlah ampunan-Nya, kemudian bertobatlah kepada-Nya, Sesungguhnya Tuhanku amat dekat (rahmat-Nya) lagi memperkenankan (doa hamba-Nya) (QS. Surah Hud 11:61)

Berdasarkan ayat tersebut manusia mengemban amanah untuk mengembangkan potensi yang ada di bumi. Dalam rangka mengembangkan potensi yang ada tentunya kita terlebih dahulu perlu mengetahui kondisi objek yang akan dikembangkan. Hutan mangrove dengan beragam manfaat untuk ekosistem di sekitarnya perlu untuk dilestarikan. Sebagai langkah awal untuk melestarikan hutan mangrove adalah dengan mengetahui kondisinya.

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana perubahan luasan hutan mangrove Kota Pasuruan dari tahun 2008 hingga 2023?
2. Bagaimana kondisi kesehatan hutan mangrove Kota Pasuruan?

1.3 Tujuan penelitian

1. Untuk menganalisis perubahan luasan hutan mangrove Kota Pasuruan.
2. Untuk mengevaluasi kondisi kesehatan hutan mangrove Kota Pasuruan.

1.4 Manfaat penelitian

Penelitian ini merupakan pemantauan perkembangan kondisi hutan mangrove di Kota Pasuruan. Hasil penelitian ini akan berupa pembaruan data kondisi mangrove di Kota Pasuruan yang dapat digunakan sebagai acuan dalam penentuan arah kebijakan pengembangan hutan mangrove Kota Pasuruan yang tepat sehingga didapatkan hasil yang optimal maupaun dalam penelitian sejenis kedepannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Mangrove

Mangrove merupakan kelompok tumbuhan yang didominasi tumbuhan berkayu dengan taksonomi yang beragam serta tumbuh di zona intertidal pesisir tropis dan sub tropis sehingga memiliki kemampuan toleransi terhadap kadar garam (Polidoro et al., 2010). Bentuk adaptasi mangrove terhadap salinitas zona intertidal adalah dengan mengeluarkan garam yang terserap melalui kelenjar pada daunnya, mentransfer garam pada daun tua atau dengan menyimpan pada batang dan kulit batangnya (Kathiresan & Bingham, 2001). Selain itu bentuk akar mangrove memiliki proporsi ruang gas yang lebih tinggi saat tergenang air sehingga mampu mengeluarkan garam dalam tubuhnya (Srikanth et al., 2016).

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang paling produktif di bumi (Kathiresan & Bingham, 2001). Posisi ekosistem mangrove yang berada di muara sungai sehingga menjadi tempat berakhirnya nutrien yang terbawa oleh aliran sungai serta mendapatkan tambahan nutrien dari laut yang terbawa pada saat air pasang (Rahman et al., 2020). Secara umum mangrove memiliki dua fungsi yaitu fungsi ekologi dan fungsi sosial ekonomi (Pattimahu et al., 2020). Fungsi ekologi ekosistem mangrove diantaranya yaitu berperan mencegah erosi, penahan gelombang dan badai, mencegah terserapnya air laut ke dalam tanah karena struktur akar dan kanopi tumbuhan mangrove yang dapat menahan gelombang, angin kencang dan badai (del Valle et al., 2020). Mangrove juga memiliki peran dalam pemeliharaan biodiversitas dengan menjadi *spawning ground* (tempat memijah), *nursery ground* (tempat pengasuhan) serta *feeding ground* (tempat mencari makan) sehingga keberadaan mangrove mempermudah kegiatan perikanan tangkap maupun perikanan budidaya (Pattimahu et al., 2020; Wang et al., 2018). Kemampuan mangrove dalam menyerap karbon juga dianggap paling baik diantara hutan jenis yang lain. Meskipun persentase luasan mangrove hanya sebesar 0,5% dari total kawasan pesisir namun ia dapat menyerap lebih dari 10% karbon pada ekosistem terestrial (Meng et al., 2021). Mangrove juga dapat dimanfaatkan

sebagai wahana rekreasi, edukasi dan riset (Wang et al., 2018). Sedangkan secara sosial ekonomi mangrove biasa dimanfaatkan untuk membuat arang, bahan bangunan, sebagai bahan pangan dan obat, ekstraksi kandungan taninnya dan sebagai bahan baku pada industri kertas (Pattimahu et al., 2020; Trialfhianty et al., 2022).

2.1.1 Mangrove berdasarkan pola zonasi

Menurut Rahman et al., (2020) berdasarkan zona tumbuhnya mangrove dikategorikan menjadi empat jenis sebagai berikut:

1. Mangrove terbuka

Mangrove terbuka adalah mangrove yang berada pada zona terdepan yaitu zona yang langsung berhadapan dengan laut. Umumnya jenis mangrove yang berada pada bagian paling depan adalah jenis *Sonneratia alba* untuk substrat berpasir. Sedangkan untuk substrat berlumpur didominasi oleh *Avicennia Marina* dan *Rhizophora mucronata*.

2. Mangrove tengah

Mangrove tengah tumbuh di belakang mangrove terbuka. Jenis mangrove yang mendominasi zona ini diantaranya adalah *Bruguiera*, *Excoecaria*, *Rizophora* dan *Xylocarpus*.

3. Mangrove payau

Mangrove payau umumnya tumbuh di sepanjang perairan sungai yang berair payau. Jenis mangrove yang mendominasi zona ini adalah *Nypa* dan *Sonneratia*. Mangrove payau merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kandungan bahan organik pada ekosistem mangrove (Ismoyo et al., 2017).

4. Mangrove daratan

Mangrove daratan tumbuh di belakang mangrove payau. Zona ini umumnya ditumbuhi oleh *Ficus microcarpus*, *Intsia bijuga*, *Lumnitzera racemosa*, *Nypa fruticans*, *Pandanus* sp, dan *Xylocarpus moluccensis*.

2.1.2 Mangrove berdasarkan kelompok vegetasi

Vegetasi adalah sekumpulan beberapa jenis tumbuhan yang hidup bersama pada suatu tempat (Rahim & Baderan, 2017). Berdasarkan vegetasi penyusunnya mangrove dikategorikan menjadi tiga jenis yaitu:

1. Mangrove mayor

Mangrove mayor merupakan komponen utama yang mampu membentuk tegakan murni dan memiliki karakter sistem perakaran yang unik dengan mekanisme fisiologi khusus berupa melakukan sekresi kelebihan garam sehingga dapat beradaptasi dengan lingkungannya (Rofi'i et al., 2022).

2. Mangrove minor

Mangrove pendukung yang tumbuh di sekeliling habitat mangrove sejati, dan jarang berbentuk tegakan murni (Rofi'i et al., 2022)

3. Mangrove asosiasi

Mangrove asosiasi adalah vegetasi yang tumbuh ke arah darat di belakang zona mangrove sejati, tumbuhan yang toleran terhadap salinitas, yang dimana hal tersebut tidak ditemukan secara eksklusif di hutan mangrove dan hanya merupakan vegetasi transisi ke daratan atau lautan, akan tetapi dapat berinteraksi dengan mangrove sejati *Acanthus spinosus*, *Chromolaena odorata*, *Crassocephalum sp*, *Calotropis gigantean*, *Ipomea pes-caprae*, *Ricinus communis*, *Excoecaria agallocha*, *Scaevola taccada*, *Spinifex littoreus*, *Terminalia catappa*, *Derris trifoliata* dan *Nypa fruticans* (Rahim & Baderan, 2019).

2.2 Mangrove Health Index (MHI)

Indeks kesehatan mangrove merupakan representasi kondisi mangrove dan lingkungannya (Putra Adinegoro et al., 2022). Kesehatan hutan mangrove memiliki dampak terhadap ekosistem lamun dan terumbu karang karena kemampuan akar mangrove dalam menyaring material berukuran makroskopis dari sungai ke laut sehingga perairan habitat lamun dan terumbu karang tidak keruh. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mangrove diantaranya adalah kesesuaian suhu, salinitas, kondisi substrat, ketersediaan

nutrisi, pencahayaan, kondisi geografis serta predasi (Prinasti et al., 2020; Siegers, 2015; Taqwa et al., 2017)

Kerusakan hutan mangrove akan berdampak terhadap tekanan antropogenik ekosistem pesisir lainnya sehingga diperlukan pengelolaan ekosistem mangrove yang mencakup pemantauan kondisi ekosistemnya (Dharmawan & Pramudji, 2017). Berdasarkan Kriteria Baku Dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove (2004), kondisi mangrove dikategorikan berdasarkan luas tutupan dan kerapatan tumbuhan mangrove yang diklasifikasikan menjadi dua kelompok yang tersaji dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Ketegori kondisi hutan berdasarkan persentase tutupan dan kerapatan pohon

Kriteria		Penutupan (%)	Kerapatan (pohon/ha)
Baik	Sangat padat	≥ 75	≥ 1500
	sedang	$\geq 50 - <75$	$\leq 1000 - <1500$
rusak	jarang	<50	<1000

Menurut (Dharmawan et al., 2020) pemantauan kondisi mangrove menggunakan *Mangrove Health Index* (MHI) memiliki tiga parameter yaitu tutupan kanopi, diameter batang dan kerapatan pancang.

2.2.1 Tutupan kanopi

Tutupan kanopi menunjukkan produktivitas komunitas mangrove, tingkat penetrasi cahaya dan area kosong pada hutan yang mempengaruhi pertumbuhan semai pada area tertentu (Dharmawan et al., 2020). Persentase tutupan kanopi dipengaruhi oleh sebaran ukuran diameter batang, ketinggian pohon, gelombang dari laut, cahaya matahari dan predasi (Taqwa et al., 2017). Semakin rapat tutupan mangrove maka semakin tinggi pula produksi serasah yang kaya unsur hara (Siegers, 2015).

2.2.2 Diameter batang

Diameter batang menggambarkan umur tegakan dalam suatu komunitas yang terdiri dari tiga kelas yaitu pohon dengan cabang berdiameter minimal 5 cm, pancang (diameter < 5 m dan bercabang) dan semai (tinggi $< 1,5$ m dan tidak bercabang) (Dharmawan et al., 2020).

Pertumbuhan primer pohon adalah pertumbuhan pada ujung-ujung batang sehingga menyebabkan penambahan tinggi pohon. Pertumbuhan sekunder berlangsung pada kambium pohon sehingga menghasilkan lingkaran yang terbentuk secara periodik sehingga disebut dengan lingkaran tahun (Suranto, 2011).

2.2.3 Kerapatan pancang

Kerapatan pancang menunjukkan kealamian hutan mangrove. Hutan mangrove yang alami didominasi oleh pohon sedangkan hutan mangrove sekunder/rehabilitasi/hasil penanaman yang baru berumur 5 tahun cenderung didominasi oleh pancang (Dharmawan et al., 2020).

2.3 Penginderaan Jauh

Penginderaan Jauh adalah ilmu, seni dan teknik untuk memperoleh informasi suatu objek, daerah, dan fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa harus kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji. Metode penginderaan jauh memiliki kelebihan dibandingkan pemetaan secara konvensional karena dapat melihat kondisi permukaan bumi tanpa mendatangi keseluruhan lokasi sehingga mempercepat pemetaan (Bashit et al., 2019). Teknologi penginderaan jauh menawarkan alternatif yang murah, cepat dan tidak bersifat merusak (Karimzadeh & H. Tangestani, 2022). Meskipun begitu penginderaan jauh tidak dapat menggantikan pekerjaan lapangan atau data yang diambil dari penelitian lapangan dan laboratorium, namun metode ini dapat memberikan data pelengkap berdasarkan perspektif penginderaan jauh yang penting untuk metode-metode eksplorasi yang umum digunakan saat ini (Hoffmann & Sander, 2007).

Secara garis besar penginderaan jauh dibagi menjadi dua, yakni penginderaan jauh sistem fotografik dan penginderaan jauh sistem non fotografik. Sistem penginderaan jauh fotografik ini berupa foto udara, sedangkan non fotografik ini berupa citra satelit. Beberapa fungsi penginderaan jauh diantaranya dapat digunakan untuk deteksi persebaran mineral bumi, identifikasi resiko zona rentan bahaya alam, sebaran dan luas hutan mangrove di wilayah pesisir.

2.3.1 Citra

Citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu objek (Andika & Darwis, 2021). Terdapat berbagai jenis citra dimana masing-masing citra memiliki spesifikasi yang berbeda. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh sifat orbit satelit, kepekaan sensor terhadap gelombang elektromagnetik, objek, jalur transmisi yang digunakan serta sumber tenaga radiasinya sehingga berpengaruh pada resolusi dan pixelnya (Ardiansyah & Buchori, 2014).

2.3.2 Landsat

Sejak tahun 1972 Satelit Landsat telah memberikan citra multispektral bumi secara terus menerus. Citra ini telah digunakan pada beberapa disiplin ilmu untuk identifikasi permukaan tanah Bumi dan dampak manusia terhadap lingkungan. Data Landsat telah digunakan dalam berbagai aplikasi keamanan pemerintah, publik, swasta, dan nasional seperti pengelolaan tanah dan air, penelitian perubahan global, eksplorasi minyak dan mineral, peramalan hasil pertanian, pemantauan polusi, deteksi perubahan permukaan tanah, dan pemetaan kartografi (USGS, 2022).

Pada 27 September 2021 Landsat telah meluncurkan satelit terbarunya yaitu Landsat 9. Landsat 9 membawa sensor yang hampir sama dengan L8 - OLI-2, dan TIRS-2. Data OLI-2 memiliki kuantisasi 14-bit, dan peningkatan pada TIRS-2 meningkatkan kualitas kegunaan data termalnya.

1. Landsat 7

Landsat 7 (L7) diluncurkan 15 April 1999 dan mengalami hilang sensor *Scan Line Corrector* (SLC) ETM Plus (ETM+) pada Mei 2003 sehingga sekitar 22 % data hilang pada setiap adegannya. Sejak saat itu, L7 memperoleh data dalam mode "SLC-off". Semua data L7 SLC-off memiliki kualitas radiometrik dan geometrik yang sama dengan data yang dikumpulkan sebelum kegagalan SLC (USGS, 2022).

Tabel 2. 2. Spesifikasi *Band* Landsat 7 ETM+

Sensor	Saluran	Nama Saluran	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi (m)	Fungsi
Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +)	1	<i>Blue</i>	0.441 - 0.514	30	Diferensiasi tanah/ tumbuhan, zona pesisir
	2	<i>Green</i>	0.519 - 0.601		vegetasi
	3	<i>Red</i>	0.631 - 0.692		Diferensiasi spesies tumbuhan
	4	<i>Near Infrared</i>	0.772 - 0.898		biomassa
	5	<i>Near Infrared</i>	1.547 - 1.749		Diferensiasi salju/awan
	6	<i>TIR</i>	10/31 - 12.36	120	termal
	7	<i>Shortwave infrared (SWIR) 2</i>	2.064 - 2.345	30	lithology
	8	<i>Panchromatic</i>	0.515 - 0.896	15	

2. Landsat 8

Dalam rangka menjalankan misi kontinuitas data Landsat 7, pada tanggal 11 Februari 2013 dilakukan peluncuran satelit Landsat terbaru yaitu Landsat 8. Satelit terbaru ini menawarkan citra yang lebih jelas dengan resolusi spasial yang lebih baik dibandingkan kebanyakan instrumen penginderaan pada wilayah laut dan sensitivitas yang lebih

besar terhadap kecerahan dan warna daripada Landsat sebelumnya (Knutson, 2009).

Satelit ini memiliki dua sensor yaitu OLI (*Operational Land Imager*) dan TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). Landsat 8 mengorbit pada altitude 705 km dengan sudut inklinasi 98.2°. Satelit ini mengitari bumi setiap 99 menit atau sekitar 14,5 kali orbit dalam 1 hari dan melintasi ekuator pada pukul 10.00 am (+/- 15 menit). Ukuran scene Landsat 8 adalah 170 km × 185 km. Landsat 8 perlu mengorbit sebanyak 233 siklus yang ditempuh dalam waktu 16 hari untuk menjangkau seluruh permukaan bumi (USGS, 2019)

Tabel 2. 3. Spesifikasi *Band* Landsat 8 OLI

Sensor	Saluran	Nama Saluran	Panjang Gelombang (µm)	Resolusi (m)
Operational Land Imager (OLI)	1	<i>Coastal/Aerosol</i>	0.433-0.453	30
	2	<i>Blue</i>	0.450-0.515	
	3	<i>Green</i>	0.525-0.600	
	4	<i>Red</i>	0.630-0.680	
	5	<i>Near Infrared</i>	0.845-0.885	
	6	<i>Short-wave infrared (SWIR)1</i>	1.560-1660	
	7	<i>Shortwave infrared (SWIR) 2</i>	2.100-2.300	
	8	<i>Panchromatic</i>	0.500-0.680	15
	9	<i>Cirrus</i>	1.360-1.390	30
Thermal Infrared	10	<i>Longwave Infrared (LWIR)1</i>	10.30-11.30	100

Sensor	Saluran	Nama Saluran	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi (m)
<i>sensor (TIRS)</i>	11	<i>Longwave Infrared (LWIR)2</i>	11.50-12.50	
	BQA	<i>Quality Assessment</i>		

Dari band-band tersebut apabila digabungkan dapat digunakan untuk mendeteksi komponen yang ada pada permukaan bumi yang dicitrakan. Landsat 8 sendiri secara resmi meluncurkan kombinasi band sehingga menghasilkan data-data tertentu.

Tabel 2. 4. Kombinasi *Band* Landsat 8 OLI

Fungsi	Kombinasi
<i>Natural Color</i>	432
<i>False Color (Urban)</i>	764
<i>Color Infrared (Vegetation)</i>	543
<i>Agriculture</i>	652
<i>Atmospheric Penetration</i>	765
<i>Healty Vegetation</i>	562
<i>Land/Water</i>	564
<i>Natural With Atmospheric Removal</i>	753
<i>Shortwave Infrared</i>	754
<i>Vegetation Analysis</i>	654

3. Landsat 9

Landsat 9 diluncurkan dengan misi mengumpulkan dan mengarsipkan data multispektral beresolusi menengah (sekitar 30 meter (m) resolusi spasial) dan data citra termal beresolusi sedang (sekitar 120 m jarak sampel tanah) yang memberikan cakupan musiman daratan

global untuk periode terus menerus tidak kurang dari lima tahun, tanpa kegagalan titik tunggal yang kredibel.

Satelit ini dianggap cukup konsisten dengan data dibandingkan Landsat sebelumnya, dalam hal akuisisi geometri, kalibrasi, karakteristik cakupan, karakteristik spektral, kualitas produk keluaran, dan ketersediaan data untuk mengizinkan studi perubahan permukaan tanah selama periode multidecadal (USGS, 2022).

2.3.3 NDVI

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) adalah perhitungan citra yang digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan yang didapatkan dari sifat optik klorofil yang dapat menyerap dan memantulkan spektrum merah. NDVI pada dasarnya menghitung seberapa besar penyerapan radiasi matahari oleh tanaman terutama bagian daun. Nilai NDVI merupakan perbedaan reflektansi dari kanal inframerah dekat dan kanal cahaya tampak (merah) (Cahyono et al., 2018). Berdasarkan penelitian terdahulu NDVI efektif dalam mengklasifikasikan tutupan lahan, macam-macam tutupan lahan, *leaf area index*, biomassa, konsentrasi klorofil pada daun dan *stress* pada tumbuhan (Huang et al., 2021).

Selain NDVI terdapat beberapa metode lain yang dapat digunakan untuk melakukan analisis indeks vegetasi diantaranya seperti EVI (*Enhanced Vegetation Index*), ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*) yang merupakan metode pengembangan dari NDVI. Pengembangan tersebut dilakukan untuk memberikan koreksi pantulan cahaya dari tanah, hamburan cahaya biru pada atmosfer serta optimalisasi tingkat kesensitifan nilai vegetasi pada wilayah dengan biomassa tinggi (Luvi et al., 2021).

Berdasarkan perbandingan 24 algoritma yang digunakan untuk identifikasi indeks vegetasi yang dilakukan oleh Muhsoni et al., (2018) menunjukkan bahwa NDVI memiliki akurasi tertinggi dibandingkan metode yang lainnya.

2.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu diperlukan sebagai pengantar studi untuk memperkaya pengetahuan peneliti mengenai berbagai metode serta hasil penelitian serupa yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian terdahulu dapat digunakan sebagai dasar acuan dalam pelaksanaan penelitian serta dapat digunakan untuk keperluan analisis dengan membandingkan temuan pada penelitian yang sedang dijalankan. Penelitian terdahulu disajikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5. Penelitian Terdahulu

Judul	<i>Mangrove Health Index as Part of Sustainable Management in Mangrove Ecosystem at Karimunjawa National Marine Park Indonesia</i>
Jurnal	Advance Science Letters Vol. 23, 3277-3282
Nama Penulis	Johan Danu Prasetya, Ambariyanto, Sypriharyono dan Frida Purwanti
Tahun	2017
Tujuan	Menganalisis sebaran dan keanekaragaman mangrove yang digunakan untuk mengetahui indeks nilai tunggal berdasarkan data ekologi yang disebut <i>Mangrove Health Index</i> .
Metode	<p>Parameter yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah kerapatan tegakan, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman dan total jenis mangrove.</p> <p>Pemetaan tutupan dan sebaran mangrove dilakukan menggunakan metode penginderaan jauh menggunakan citra satelit Geo-Eye. Data diameter batang, tinggi pohon dan jenis mangrove dihimpun secara langsung. Pengambilan data lapangan menggunakan metode transek plot dengan mengambil 9 titik sampling secara vertikal dengan garis pantai. Ukuran plot yang digunakan adalah 10 × 10 m, 5 × 5 m dan 1 × 1 m.</p> <p>Kerapatan mangrove dihitung dengan rumus Mueller-Dombois dan Ellenberg. Keragaman, keseragaman dan dominansi relatif dihitung menggunakan rumus Shannon-Wiener, Pielou dan Simpson.</p>

	Indeks kesehatan mangrove dihitung dengan mengalikan bobot parameter dengan skor masing-masing parameter kemudian dijumlahkan.
Hasil	MHI Taman Nasional Karimunjawa adalah 200 yang termasuk ke dalam kategori sedang.
Pembeda	Lokasi penelitian adalah Taman Nasional Karimunjawa. Citra yang digunakan adalah Geo-Eye. Parameter yang digunakan adalah kerapatan tegakan, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman dan total jenis mangrove.

Judul	Analisis Kesehatan Mangrove di Probolinggo Menggunakan Data Sentinel-2A
Jurnal	Natural B, 5 (2), 41-48
Nama Penulis	Rizky Maulidiyah, Bowo Eko Cahyono, Agung Tjahjo Nugroho
Tahun & Vol	2019
Tujuan	Memantau kondisi kesehatan mangrove di Probolinggo berdasarkan kerapatanutupan mangrove.
Metode	Pemantauan dilakukan dengan analisis data Citra Sentinel-2a menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Analisis dilakukan berdasarkan <i>digital number</i> yang didapatkan dari perhitungan persamaan NDVI (<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>) untuk selanjutnya dilakukan uji akurasi dengan metode <i>overall accuracy</i> .
Hasil	Luasan hutan mangrove Probolinggo adalah 367,04 ha. 75,75% dari total luas tersebut dalam keadaan baik, 1% dalam keadaan sangat baik, 14,85% memiliki kondisi normal, 2,43% dalam kondisi buruk dan 5,96% dalam kondisi sangat buruk. Akurasi penelitian ini berdasarkan uji akurasi <i>overall accuracy</i> memiliki keakuratan sebesar 96,57%.

Pembeda	Lokasi penelitian ini adalah Probolinggo. Citra yang digunakan adalah Sentinel-2A. Parameter yang digunakan adalah kehijauan.
---------	---

Judul	<i>Mangrove Vegetation Health Index Analysis By Implementing NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Classification Method On Sentinel-2 Image Data Case Study: Segara Anakan, Kabupaten Cilacap</i>
Jurnal	<i>IOP Conference Series: Earth and Environmental science</i> Vol. 584
Nama Penulis	M R Akbar, P A A Arisanto, B A Sukirno, P H Merdeka, M M Priadhi, S Zallesa
Tahun & Vol	2020
Tujuan	Mengetahui indeks kesehatan hutan mangrove pada tahun 2017 hingga tahun 2020 di Segara Anakan
Metode	Citra yang digunakan pada penelitian ini adalah Sentinel-2 Level 1 dari tahun 2017 hingga tahun 2020 yang diambil secara representatif tiap bulan dengan kriteria tutupan awan minimum. Analisis dilakukan dengan menerapkan persamaan NDVI.
Hasil	Kondisi mangrove di Segara Anakan berdasarkan kerapatannya mengalami peningkatan dari tahun 2017 hingga tahun 2018. Namun setelahnya terus mengalami penurunan hingga tahun 2020. Faktor antropogenik dan faktor alam seperti kenaikan permukaan air laut diduga menjadi penyebab penurunan kondisi kesehatan mangrove.
Pembeda	Citra yang digunakan adalah Sentinel-2. Parameter yang digunakan adalah kerapatan mangrove. Lokasi penelitian di Segara Anakan, Cilacap

Judul	Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi NDVI Pada Citra Sentinel-2 (Studi Kasus : Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi)
Jurnal	Jurnal Geodesi Undip
Nama Penulis	Arizal Kawamuna, Andri Suprayogi, Arwan Putra Wijaya
Tahun & Vol	2017
Tujuan	Untuk mengetahui langkah-langkah mengolah citra Sentinel-2 menggunakan metode Supervised Classification dan metode <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> serta untuk mengetahui persebaran nilai NDVI Sentinel-2 untuk menganalisis kesehatan mangrove.
Metode	Citra yang digunakan pada penelitian ini adalah Sentinel-2. Penentuan luas mangrove menggunakan metode klasifikasi terbimbing sedangkan untuk menentukan tingkat kesehatan vegetasi mangrove menggunakan algoritma NDVI yang kemudian dilakukan validasi lapangan pada 32 titik sampling dari konfusi matrik yang kemudian dilakukan pengujian korelasi
Hasil	Hasil luas mangrove sebesar 1039,21 ha. Dari total luas tersebut, 246,62 ha atau 23,73% daerah luasan mangrove memiliki kondisi yang sangat baik dan 409,31 ha atau 39,39% daerah luasan mangrove memiliki kondisi yang baik. Kedua kondisi tersebut didominasi di kecamatan Tegaldlimo. Selain itu, luas 148,77 ha atau 14,32% merupakan daerah mangrove dengan kondisi normal, 19,62 ha atau 1,89% merupakan daerah mangrove dengan kondisi buruk dan 214,89 ha atau 20,6% merupakan daerah mangrove dengan kondisi sangat buruk, ketiga kondisi tersebut didominasi di kecamatan Muncar.

Pembeda	Citra yang digunakan adalah Sentinel-2. Parameter yang digunakan adalah luasan hutan mangrove.
---------	--

Judul	<i>Monitoring Area and Health Changes of Mangrove Forest Using Multitemporal Landsat Imagery in Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali Province</i>
Jurnal	<i>IOP Conference Series: Earth and Environmental science</i> Vol. 637
Nama Penulis	A P Nurhaliza, A Damayanti dan M Dimiyati
Tahun	2021
Tujuan	Memantau perubahan luasan hutan mangrove, kesehatan hutan mangrove dan perubahan kualitas perairan hutan mangrove baik secara spasial maupun temporal menggunakan teknologi penginderaan jauh.
Metode	Perubahan luasan mangrove dianalisis dengan metode klasifikasi terbimbing. Citra yang digunakan adalah Landsat 7 (2010), Landsat 8 (2015 dan 2020). Kesehatan mangrove dianalisis berdasarkan kehijauan hutan mangrove yang diidentifikasi menggunakan metode NDVI. Parameter kualitas air yang digunakan pada penelitian ini adalah TSS yang dianalisis menggunakan algoritma Jaelani.
Hasil	Area mangrove pada rentang 2010-2015 mengalami peningkatan seluas 117.72 ha yang kemudian pada tahun 2020 menurun seluas 96.21 ha. Kesehatan hutan mangrove pada tahun 2010-2015 mengalami peningkatan sebesar 26.43% pada kategori sangat baik dan pada kaetori buruk dan sangat buruk mengalami penurunan. Sedangkan pada tahun 2015-2020 mengalami penurunan sebesar 26,45% pada kategori sangat baik dan pada kategori buruk dan sangat buruk mengalami peningkatan. Kualitas air dari 2010-2020 mengalami

	peningkatan meskipun belum memenuhi baku mutu yang ditentukan.
Pembeda	Lokasi penelitian ini adalah di Taman Hutan Raya, Ngurah Rai, Bali. Parameter kesehatan mangrove adalah kehijauan.



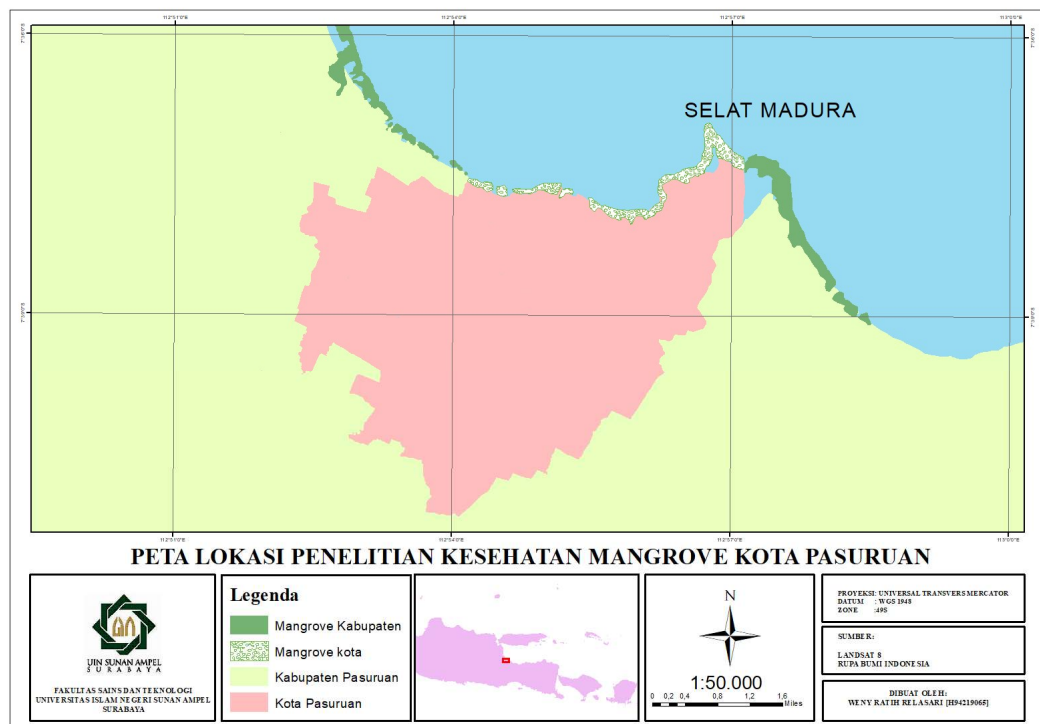
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian yang dilakukan meliputi pengolahan citra, analisis citra dan validasi data lapangan. Pengolahan data citra dilakukan di Laboratorium GIS & *Remote Sensing* Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya. Objek penelitian merupakan hutan mangrove Kota Pasuruan yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Alat digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3.1:

Tabel 3. 1. Alat

No.	Nama	Fungsi
1.	PC intel core i7	Perangkat pengolah data dan kata
2.	Arcgis 10.8	Perangkat lunak pengolah data citra
3.	QGIS 3.22.11	Perangkat lunak pengolah data citra

No.	Nama	Fungsi
4.	<i>Global Positioning system</i> (GPS)	Menandai lokasi penelitian
5.	<i>Roll meter</i>	Mengukur luas transek
6.	Tali Rafia	Membuat garis transek
7.	Kamera	Dokumentasi
8.	<i>Boots</i>	Keselamatan kerja saat pengambilan data lapangan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini diuraikan pada Tabel 3.2.

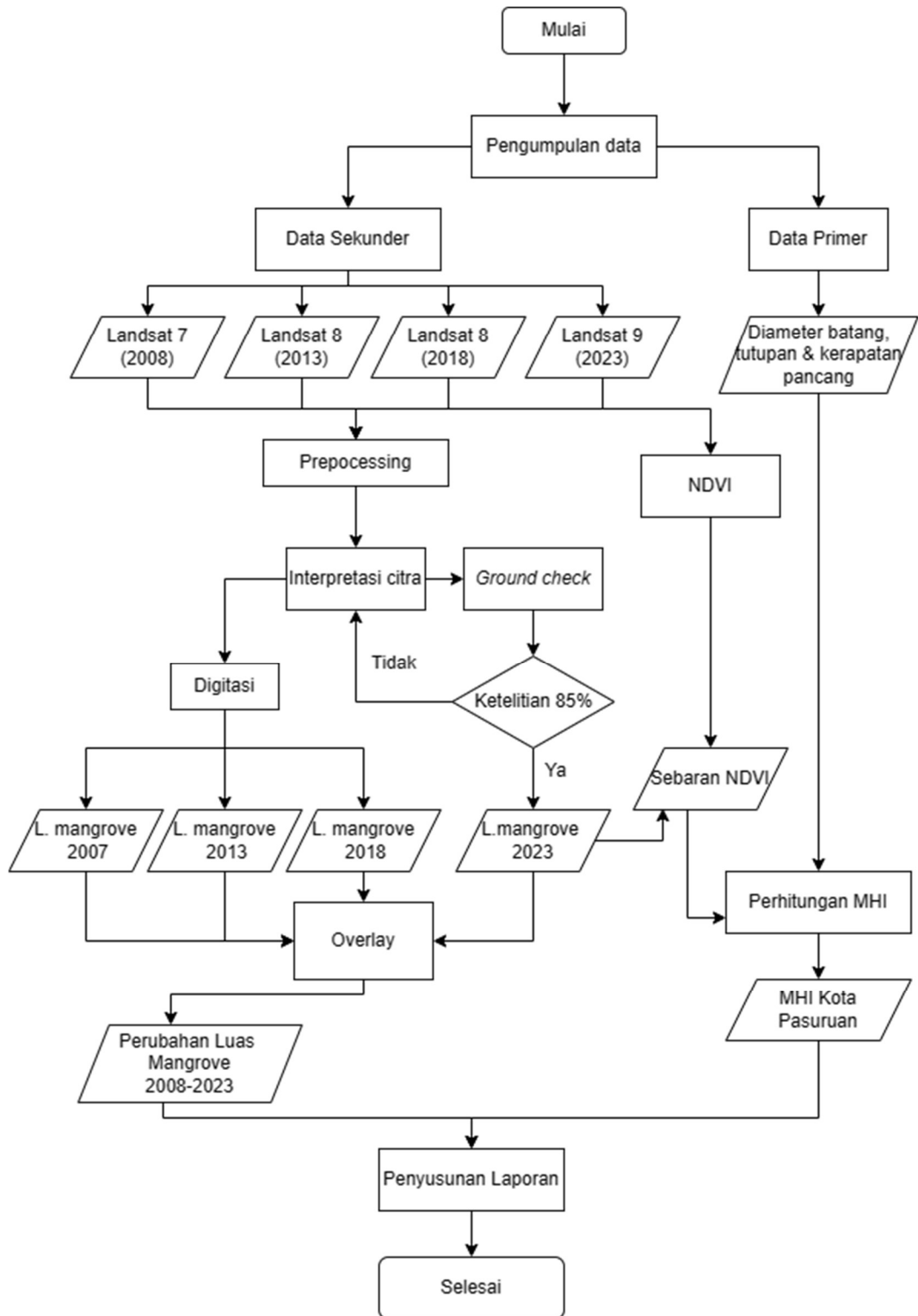
Tabel 3. 2. Bahan

No.	Nama	Fungsi
1.	Citra Landsat 7 +ETM 2008	Analisis luas hutan mangrove Kota Pasuruan pada tahun 2008
2.	Citra Landsat 8 OLI 2013	Analisis luas hutan mangrove Kota Pasuruan pada tahun 2013
3.	Citra Landsat 8 OLI 2018	Analisis luas hutan mangrove Kota Pasuruan pada tahun 2018
4.	Citra Landsat 8 OLI 2023	Analisis luas hutan mangrove Kota Pasuruan pada tahun 2023 dan analisis NDVI
5.	Citra Batas administrasi Kota Pasuruan	Menentukan batas pengolahan dan pengambilan data

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini merupakan gambaran langkah-langkah dalam menjawab rumusan masalah. Penelitian ini diawali dengan menghimpun data-data yang diperlukan untuk kemudian diolah dengan pengolahan yang disesuaikan dengan karakteristik masing-masing data kemudian dilakukan analisa pada hasil pengolahan. Berdasarkan rumusan masalah pada penelitian

ini maka penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian deskriptif. Sedangkan pendekatan yang digunakan pada penelitian ini ada pendekatan kuantitatif. Tahapan penelitian ini secara umum disajikan pada diagram alir berikut:



Gambar 3. 2 Diagram Alur Penelitian

3.4 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan pada penelitian ini terdaftar pada Tabel 3.3:

Tabel 3. 3 Data yang Digunakan Beserta Teknik Pengumpulannya

No.	Jenis Data	Teknik Pengumpulan Data
1	Peta Rupa Bumi Indonesia Jawa Timur	Mengunduh pada laman <u>Indonesia Geospatial Portal</u> .
2	Citra Landsat 7 ETM +, 8 OLI	Mengunduh pada laman <u>EarthExplorer (usgs.gov)</u>
3	Rata-rata diameter batang	Transek plot <i>Girth at Breast Height</i> (GBH)
4	Kerapatan pancang	Transek plot
5	Tutupan kanopi	Transek plot <i>Himespherical Photography</i>

Terdapat dua jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data spasial dan data lapangan. Data primer pada penelitian ini adalah data lapangan sedangkan data spasial merupakan data sekunder.

1. Data spasial

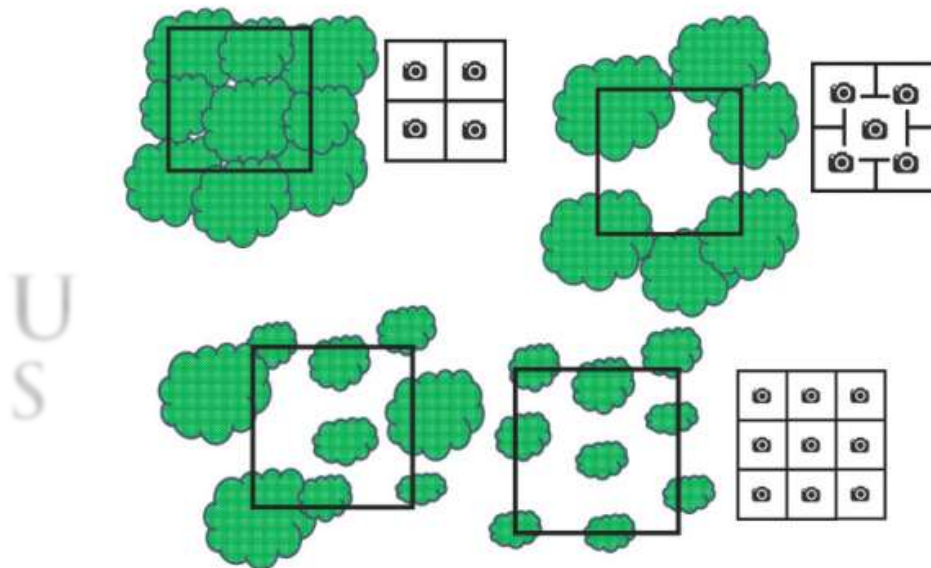
Data spasial adalah data yang memuat informasi keruangan seperti lokasi geografis suatu objek (Hajar et al., 2021). Data tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik, peta, gambar dalam format digital berupa raster dan vektor dengan nilai tertentu (Supuwingsih et al., 2022). Data spasial umumnya dilengkapi dengan data non spasialnya. Data non spasial adalah kelengkapan data spasial yang berupa tabel informasi mengenai objek pada data spasial seperti tekstur, warna dan keterangan lainnya (Supuwingsih et al., 2022).

Data spasial yang digunakan pada penelitian ini adalah Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dan Citra Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI dan Landsat 9 OLI. Pemilihan citra didasarkan pada kondisi tutupan awan. Citra RBI

pada penelitian ini digunakan untuk membuat *layout* final peta yang diunduh pada laman Indonesia Geospatial Portal. Citra Landsat digunakan untuk analisis perubahan luasan mangrove dan analisis kesehatan hutan mangrove diunduh melalui [EarthExplorer \(usgs.gov\)](http://EarthExplorer (usgs.gov)).

2. Data Lapangan

Pemantauan kondisi mangrove dengan metode *Mangrove Health Index* (MHI) menggunakan tiga parameter yaitu, tutupan kanopi, rata-rata diameter tegakan dan kerapatan pancang. Pengambilan ketiga data tersebut dilakukan dengan metode transek plot dengan berpedoman pada Buku Manual untuk Riset dan Monitoring Struktur dan Komunitas Mangrove oleh Dharmawan et al., (2020). Penentuan plot dilakukan dengan metode *stratified random sampling*. Metode *stratified random sampling* adalah pengambilan sampel dengan membagi populasi dalam beberapa strata yang selanjutnya akan dipilih secara acak lalu digabungkan untuk mengukur parameter populasi (Ulya et al., 2018). Strata dibagi berdasarkan kerapatan tutupan rendah, sedang dan tinggi yang didapatkan



dari pengolahan citra (Bindu et al., 2020).

Gambar 3. 3. Skema pembagian plot menjadi 4-9 kuadran untuk pengambilan data tutupan tergantung kerapatan tajuk komunitas mangrove

Penentuan jumlah plot mengikuti Pedoman Teknis Pengumpulan Dan Pengolahan Data Geospasial Mangrove, (2014). Untuk menentukan jumlah titik sample menggunakan rumus berikut:

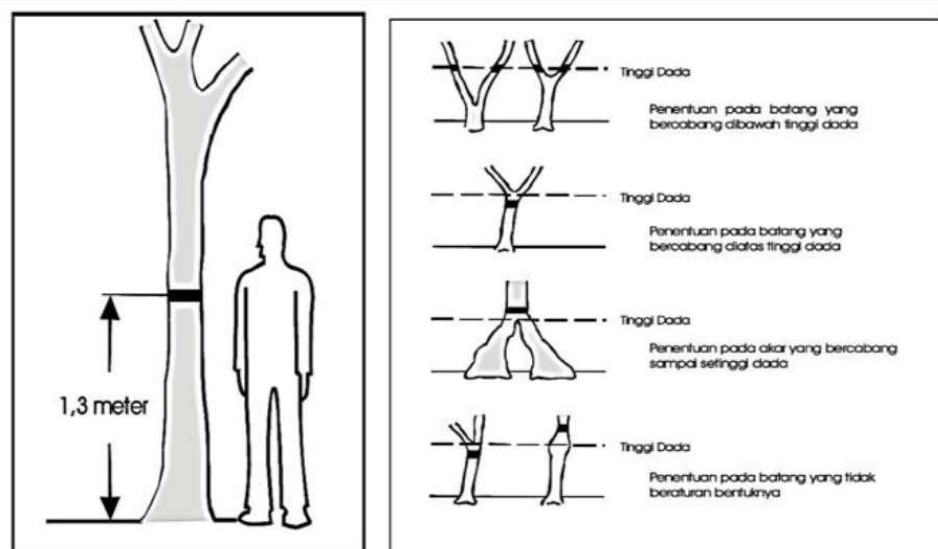
$$A = TSM + \left(\frac{\text{luas ha}}{1500} \right)$$

A: jumlah sampel minimum

TSM :Total sampel minimum

Jumlah sampel kerapatan tajuk minimum yang ditertuang dalam peraturan adalah 60% dari Total sampel minimum. Total sampel minimum ditentukan berdasarkan skala yang digunakan dalam peta. Untuk peta dengan skala 1:25000 total sampel minimum adalah 50 sedangkan untuk skala 1:50.000 total sampel minimum adalah 30.

Ukuran plot mengikuti Kepmen LH, (2004) mengenai Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove yaitu berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 10 m×10m. Setiap plot dibagi menjadi 4-9 kuadran mengikuti kondisi kerapatan plot seperti pada Gambar 3 (Dharmawan & Ulumuddin, 2021). Jumlah tegakan dihitung berdasarkan keliling tegakan yang digunakan untuk analisis kerapatan pohon dan pancang.



Gambar 3. 4. Skema pengambilan data diameter tegakan menggunakan metode *Girth at Breast Height*

Pengukuran diameter pohon menggunakan metode *Girth at Breast Height* (GBH). Metode ini mengukur lingkaran pohon pada ketinggian 1,3 meter dari atas permukaan tanah atau setinggi dada orang dewasa.

3.5 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan komputerisasi data spasial dan data non spasial serta data lapangan sehingga menghasilkan informasi geografis yang dapat menjawab rumusan masalah.

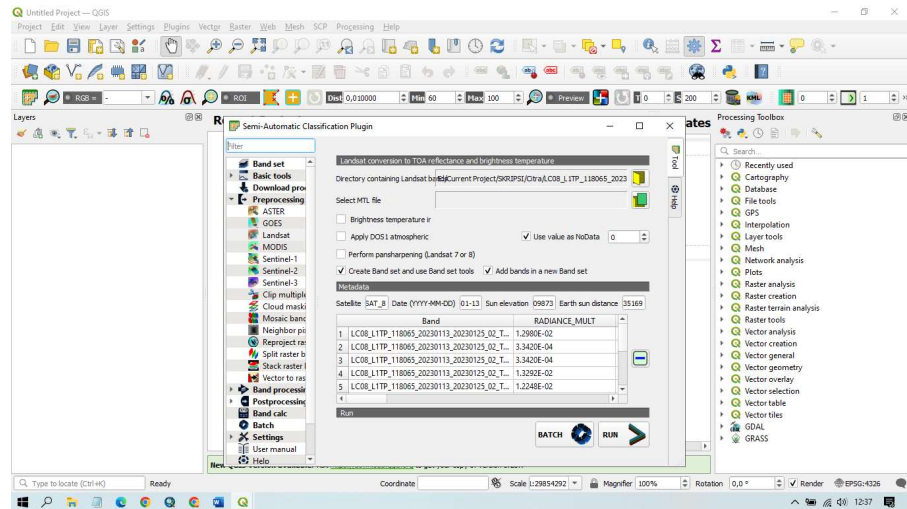
3.5.1 Preprocessing citra

1. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan untuk mengurangi gangguan pada citra yang disebabkan oleh kesalahan pada sistem optik, ketidakstabilan radiasi elektromagnetik pada atmosfer dan pengaruh sudut elevasi matahari. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengubah data pada citra yang disimpan dalam bentuk *Digital Number* (DN) menjadi *Radiance* (LTOA) atau *Reflectance* (ρ TOA)

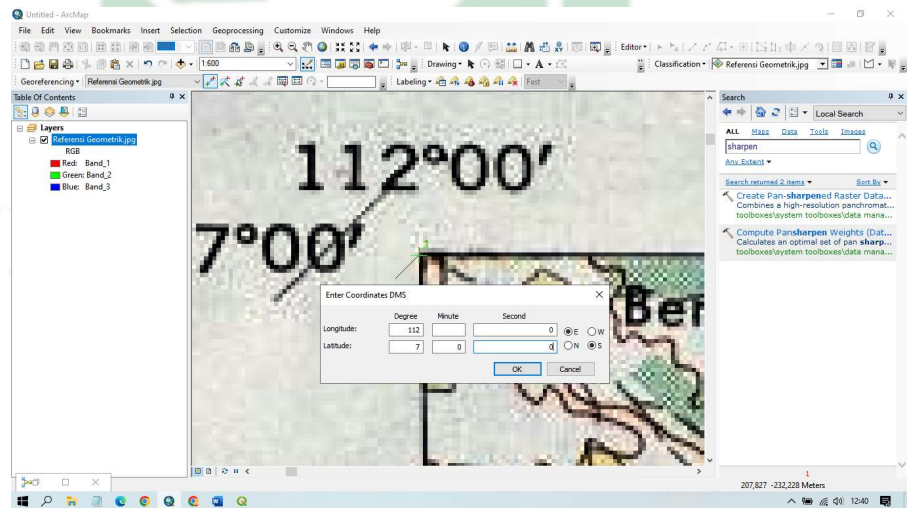
2. Koreksi Atmosferik

Tujuan dari koreksi atmosferik adalah menghilangkan kesalahan akibat dari hamburan atmosfer sehingga menyebabkan kesalahan radiansi (Akbari, 2016). Pada penelitian ini koreksi radiometrik dan koreksi atmosferik dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS 3.22.11 dengan metode klasifikasi semi otomatis (*Semi-Automatic Classification*).



3. Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik dilakukan untuk memposisikan citra agar koordinatnya sesuai dengan peta topografi dengan cara menyesuaikan minimal empat titik dengan topografi yang berbeda pada citra dengan titik pada citra terkoreksi (Sari & Saidah, 2021). Kesalahan geometrik pada citra disebabkan oleh adanya kesalahan internal serta eksternal saat perekaman citra seperti gerakan sensor dan rotasi bumi (Lukiawan et al., 2019).

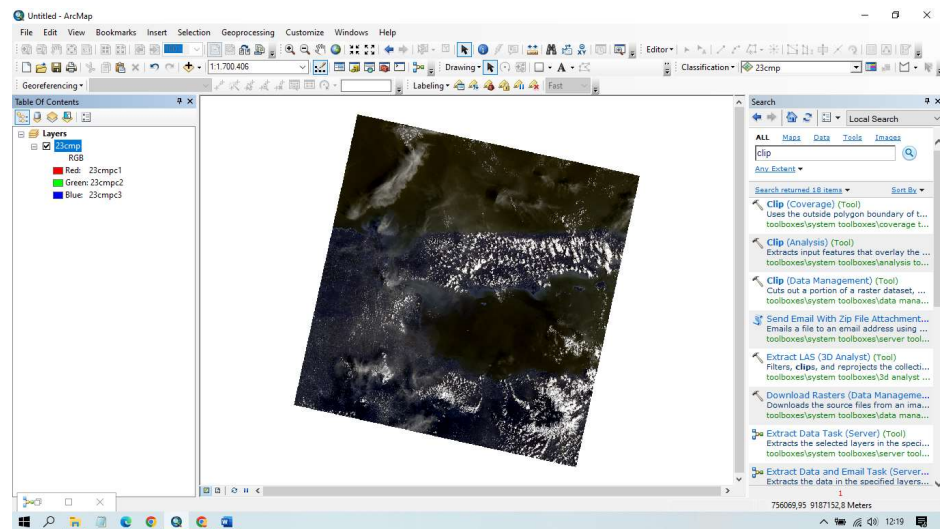


3.5.2 Interpretasi citra

1. Komposit band

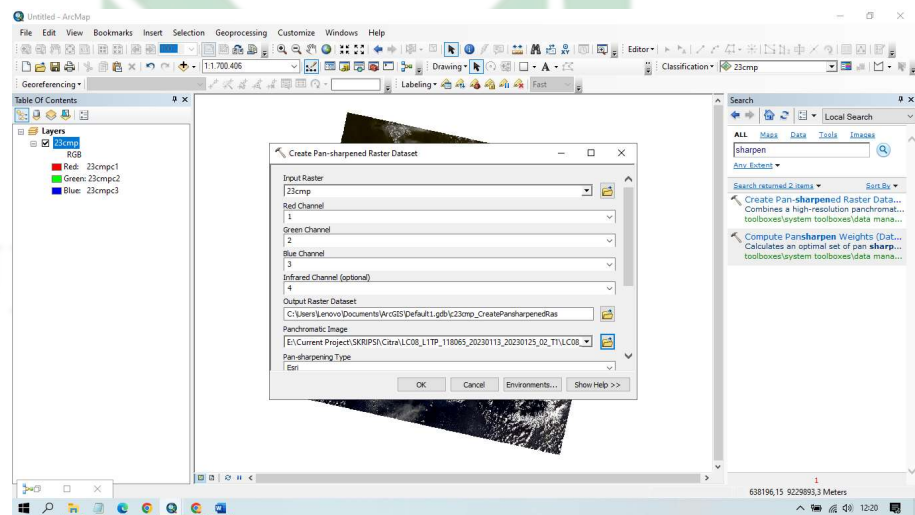
Komposit band atau penggabungan kanal-kanal citra dilakukan untuk mempermudah identifikasi tutupan lahan. Kombinasi band yang

digunakan pada citra Landsat 7 ETM+ adalah 5,4 dan 3 sedangkan pada Landsat 8 dan 9 OLI menggunakan kombinasi band 6, 5 dan 4.



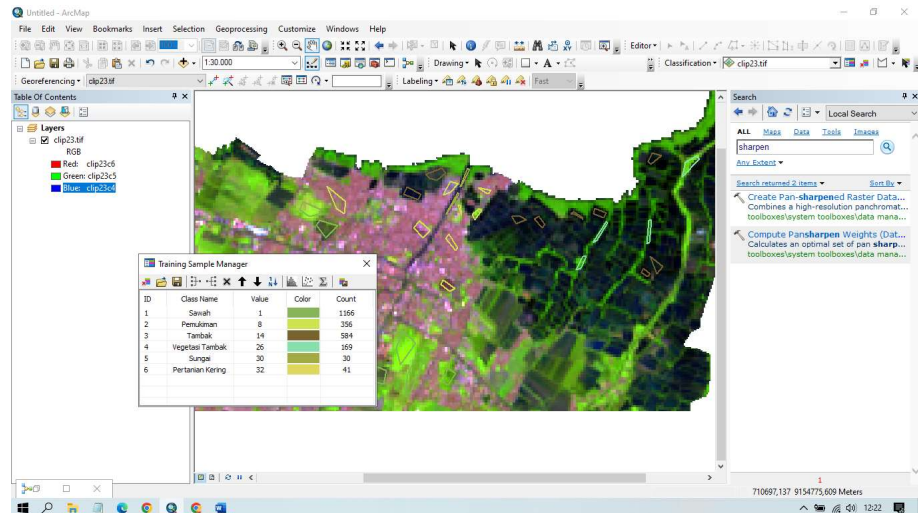
2. Penajaman Citra

Penajaman citra dilakukan untuk memperjelas citra yang telah digabungkan untuk mempermudah proses identifikasi tutupan lahan. Proses penajaman dilakukan dengan memasukkan *panchromatic band* yang pada Landsat 7, 8 dan 9 merupakan band ke 8.



3. Klasifikasi terbimbing

Klasifikasi digital citra merupakan pengelompokan piksel dengan karakteristik spektral yang sama diasumsikan sebagai kategori yang sama. Klasifikasi terbimbing dilakukan berdasarkan arahan peneliti berdasarkan *training area*.



3.5.3 Uji Akurasi *Ground check*

Pengambilan data lapangan dilakukan untuk mengkonfirmasi ketepatan hasil pengolahan data citra terhadap kondisi lapangan sebenarnya. Menurut *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data*, (2015) jumlah *check point* akurasi data planimetrik tidak boleh kurang dari 20 titik poin.

Mengacu pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial no. 15 tahun 2014 mengenai pedoman teknis peta dasar bahwa minimum akurasi data citra terhadap data lapangan adalah 85% sehingga persentase eror maksimumnya adalah 15%. Setelah dilakukan *ground check* selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan rumus *overall accuracy* berikut:

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{D}{N}$$

Keterangan :

D = total sampel yang sesuai

N = total sampel

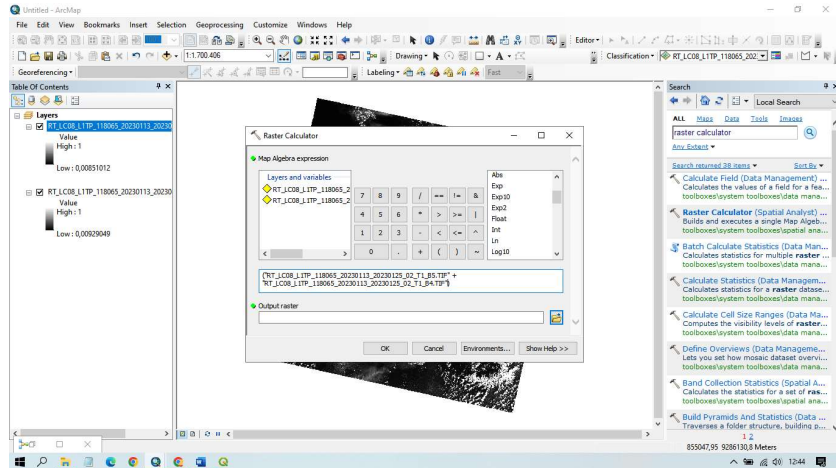
3.6 Analisis Data

Pada analisis kesehatan mangrove menggunakan *Mangrove Health Index* (MHI) parameter yang dilibatkan adalah tutupan tajuk, diameter pohon dan jumlah anakan (Azzahra et al., 2022).

3.6.1 *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) digunakan untuk pengukuran tutupan tajuk. Algoritma NDVI dipilih karena menurut Maciej

Serda et al., (2019) metode ini memiliki tingkat kesesuaian paling tinggi dibandingkan dengan metode EVI 2 dan ARVI. NDVI juga merupakan metode yang paling populer dan memiliki konsistensi dalam interpretasi citra yang telah melalui koreksi radiometrik (Wicaksono et al., 2011).



Pengukuran tingkat kehijauan menggunakan metode NDVI secara matematika menurut Prasetya et al., (2017), adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

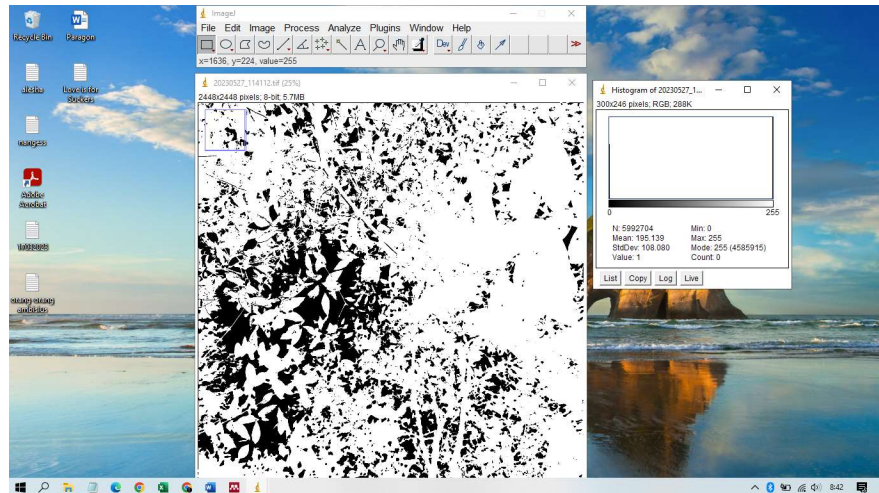
ρ_{NIR} : Nilai reflektansi dari saluran inframerah terdekat

ρ_{Red} : Nilai reflektansi dari saluran merah

Pada analisis NDVI nilai yang dihasilkan adalah pada rentang -1 hingga +1. Nilai yang besar mengindikasikan kondisi kesehatan yang lebih baik (Akbar et al., 2020). Umumnya nilai negatif muncul pada objek Tubuh air, mendekati nol untuk bebatuan, pasir atau permukaan beton dan positif untuk vegetasi, termasuk tanaman, semak, serumputan dan hutan (Jones & Vaughan, 2010).

3.6.2 Tutupan kanopi

Mengikuti (Dharmawan et al., 2020) tutupan kanopi dilakukan dengan metode *Hemispherical photography* kemudian di proses menggunakan perangkat lunak pengolah gambar ImageJ.



Adapun perhitungan tutupan kanopi dilakukan menggunakan rumus berikut :

$$C = \frac{P_{255}}{P_{tot}} \times 100\%$$

$$P_{255} = P_{tot} - P_0$$

Keterangan :

C = Tutupan kanopi (%)

P_{255} = angka ada pixel 255 yang merepresentasikan tutupan kanopi

P_0 = angka pada pixel 0 yang merepresentasikan penampakan awan

P_{tot} = total pixel

3.6.3 Rata-rata diameter tegakan

Nilai diameter tegakan didapatkan dari konversi pengukuran *Girth at Breast Height* dengan model matematika sebagai berikut:

$$DBH = GBH/\pi$$

Keterangan:

DBH = *Diameter Breast Height*

GBH = *Girth at Breast Height*

π = Konstanta matematika 3.14

(Djamaluddin, 2018).

Perhitungan rata-rata diameter digunakan rumus berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan :

\bar{x} = nilai rata-rata

$\sum x$ = jumlah nilai diameter

N = jumlah individu pengamatan

(Herijanto Thamrin, 2020).

Jumlah individu tegakan diasumsikan menggunakan model matematika sebagai berikut:

$$K = \frac{n}{A}$$

Keterangan :

K = kerapatan tegakan (ind/ha)

n = jumlah tegakan

A = luas plot

A_{total} = luas total wilayah

(Prasetyo et al., 2022).

3.6.4 Kerapatan pancang

Kerapatan diasumsikan menggunakan model matematika sebagai berikut:

$$K = \frac{n}{A}$$

Keterangan :

K = kerapatan pancang (ind/ha)

n = jumlah pancang

A = luas plot

A_{total} = luas total wilayah

(Prasetyo et al., 2022).

3.6.5 Mangrove Health Index (MHI)

Pengukuran kondisi mangrove menggunakan metode *Mangrove Health Indeks* (MHI) menggunakan beberapa parameter seperti persentase

tutupan mangrove (C), rata-rata diameter pohon (D) serta kerapatan pancang (Nsp) (Dharmawan et al., 2020). Perhitungan MHI didapatkan dari rumus berikut:

$$MHI = \frac{(S_c + S_D + S_{Nsp})}{3} \times 10$$

Dimana:

$$S_c = 0,25C - 13,06$$

$$S_D = 0,45D + 1,42$$

$$S_{Nsp} = 0,13N_{sp} + 4,1$$

Jika skor < 0 atau bernilai negatif maka skornya adalah 0 (minimum)

Jika Skor > 10 maka skornya adalah 10 (maksimum)

Hasil perhitungan kemudian digunakan untuk mengkategorikan kondisi hutan mangrove. Pengkategorian kondisi mangrove mengikuti tabel ketegori mangrove pada Buku Manual Riset dan Monitoring Struktur Komunitas Mangrove Indonesia berikut:

Tabel 3. 4. Kategori Kesehatan Hutan Mangrove berdasarkan Mangrove Health Index (MHI)

Kategori	MHI
Buruk	<33,33%
Sedang	33,33% ≤ MHI < 66,67
Tinggi	≥ 66,67

3.7 Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan pembahasan mengenai perubahan luasan area hutan mangrove dan dugaan penyebabnya. Pada penilaian kondisi kesehatan hutan mangrove dilakukan pengkajian dengan menghubungkan terhadap teori terkait.

3.8 Kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan temuan yang didapatkan dalam penelitian yang merujuk pada rumusan masalah.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN







4.1 Perubahan Hutan Mangrove Kota Pasuruan


Perubahan hutan mangrove di Kota Pasuruan dianalisis menggunakan metode tumpang tindih (*overlay* pada perangkat lunak Arcgis 10.8. Sebelumnya, pada citra dilakukan interpretasi dengan klasifikasi terbimbing menggunakan *maximum likelihood classification tool*. Metode klasifikasi ini dilakukan dengan mengelompokkan piksel-piksel yang memiliki nilai yang sama menjadi kelompok tutupan tertentu. Hasil pengelompokan dinamakan sebagai *training area* yang digunakan untuk mengidentifikasi keseluruhan area kerja (Jayanti, 2017).








Pada analisis tutupan lahan ini dilakukan pembagian tutupan lahan menjadi lima kelas yaitu Mangrove, Vegetasi non Mangrove, Tubuh air, Lahan terbangun dan Tambak. Mangrove menunjukkan populasi tumbuhan mangrove. Populasi mangrove terdiri dari hutan mangrove primer dan hutan mangrove sekunder. Hutan Mangrove primer merupakan mangrove yang tumbuh disekitar pantai sedangkan hutan mangrove sekunder adalah hutan mangrove primer yang telah terkena campur tangan manusia (Tosiani, 2020). Vegetasi non mangrove adalah tumbuhan lain yang tidak masuk dalam kawasan hutan mangrove dan bukan jenis tumbuhan mangrove seperti sawah, semak belukar maupun pertanian lahan kering. Penyebutan tutupan lahan yang lain mengikuti buku Akurasi Data Penutupan Lahan Nasional Tahun 1990-2016 oleh Tosiani (2020). Tambak adalah lahan yang digunakan untuk aktivitas perikanan darat baik ikan, udang maupun garam dengan pola pematang yang berada di sekitar pantai. Tubuh air adalah seluruh kenampakan perairan termasuk laut, sungai, danau dan waduk. Lahan terbangun adalah kawasan pemukiman, baik perkotaan, perdesaan, industri dll. yang menampakkan alur rapat.



Untuk memastikan kebenaran data interpretasi dilakukan validasi dengan pengecekan lapangan atau *ground check* dengan pemilihan lokasi secara acak. Jumlah titik yang di validasi sebanyak 22 titik yang disajikan pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1. Kesesuaian Citra dengan Ground Check Point

No	Koordinat	Interpretasi pada Citra	Kondisi di lapangan	Gambar	Kesesuaian
1	7°37'49.64"S 112°55'24.39"E	Tambak	tambak		Sesuai
2	7°37'49.91"S 112°55'22.70"E	Tambak	tambak		Sesuai
3	7°37'50.80"S 112°55'15.07"E	Tubuh air	Tubuh air		sesuai
4	7°37'54.8"S 112°55'13.0"E	Lahan Terbangun	Lahan terbangun		sesuai
5	7°37'51.84"S 112°55'15.00"E	Mangrove	Vegetasi non mangrove		Tidak sesuai
6	7°37'55.9"S 112°55'11.9"E	Tubuh air	Tubuh air		sesuai

No	Koordinat	Interpretasi pada Citra	Kondisi di lapangan	Gambar	Kesesuaian
7	7°37'51.93"S 112°55'29.03"E	Mangrove	Mangrove		sesuai
8	7°38'02.2"S 112°54'58.1E	Tubuh Air	Tubuh air		sesuai
9	7°37'40.8"S 112°54'24.3"E	Tubuh Air	Tubuh air		sesuai
10	7°37'40.78"S 112°54'24.56"E	Lahan terbangun	Lahan terbangun		sesuai
11	7°37'41.90"S 112°54'27.18"E	Mangrove	mangrove		sesuai
12	7°38'10.90"S 112°54'53.35"E	Lahan terbangun	Lahan terbangun		sesuai
13	7°38'5.97"S 112°54'56.20"E	Lahan terbangun	Lahan terbangun		sesuai

No	Koordinat	Interpretasi pada Citra	Kondisi di lapangan	Gambar	Kesesuaian
14	7°38'12.06"S 112°54'56.17"E	Lahan terbangun	Lahan terbangun		sesuai
15	7°38'22.47"S 112°54'41.05"E	Lahan terbangun	Lahan terbangun		sesuai
16	7°37'56.98"S 112°55'42.00"E	Mangrove	Tambak		Tidak sesuai
17	7°37'46.51"S 112°54'22.21"E	Vegetasi non mangrove	Vegetasi non mangrove		sesuai
18	7°37'51.17"S 112°54'32.91"E	Lahan terbangun	Lahan terbangun		sesuai
19	7°38'8.80"S 112°54'58.13"E	Lahan terbangun	Lahan terbangun		sesuai
20	7°37'58.42"S 112°55'47.34"E	Tambak	Tambak		sesuai

No	Koordinat	Interpretasi pada Citra	Kondisi di lapangan	Gambar	Kesesuaian
21	7°37'40,855" S 112°54'27,774"E	Mangrove	mangrove		sesuai
22	7° 37' 58,670" S 112°55' 7,133" E	Mangrove	mangrove		sesuai

Hasil pengambilan *Ground check point* dengan membandingkan interpretasi pada citra dengan kondisi di lapangan yang dilakukan disajikan pada tabel diatas menunjukkan dari 22 *Ground check point* menunjukkan kesesuaian sebanyak 20 sehingga dihitung akurasi menggunakan rumus *overall accuracy* sebagai berikut:

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{D}{N}$$

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{20}{22} \times 100$$

$$= 90,1\%$$

Mengacu pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial no. 15 tahun 2014 mengenai pedoman teknis peta dasar bahwa minimum akurasi data citra terhadap data lapang adalah 85% sehingga data citra dianggap valid dan dapat digunakan untuk analisis tutupan lahan. Adapun kesalahan interpretasi yang dilakukan dengan metode klasifikasi terbimbing dengan *maximum likelihood classification* umumnya disebabkan oleh adanya nilai reflektan pada objek yang hampir sama pada objek yang berbeda. Hal tersebut menyebabkan pengelompokan objek yang berbeda menjadi satu kelas yang sama (Nugroho et al., 2015).

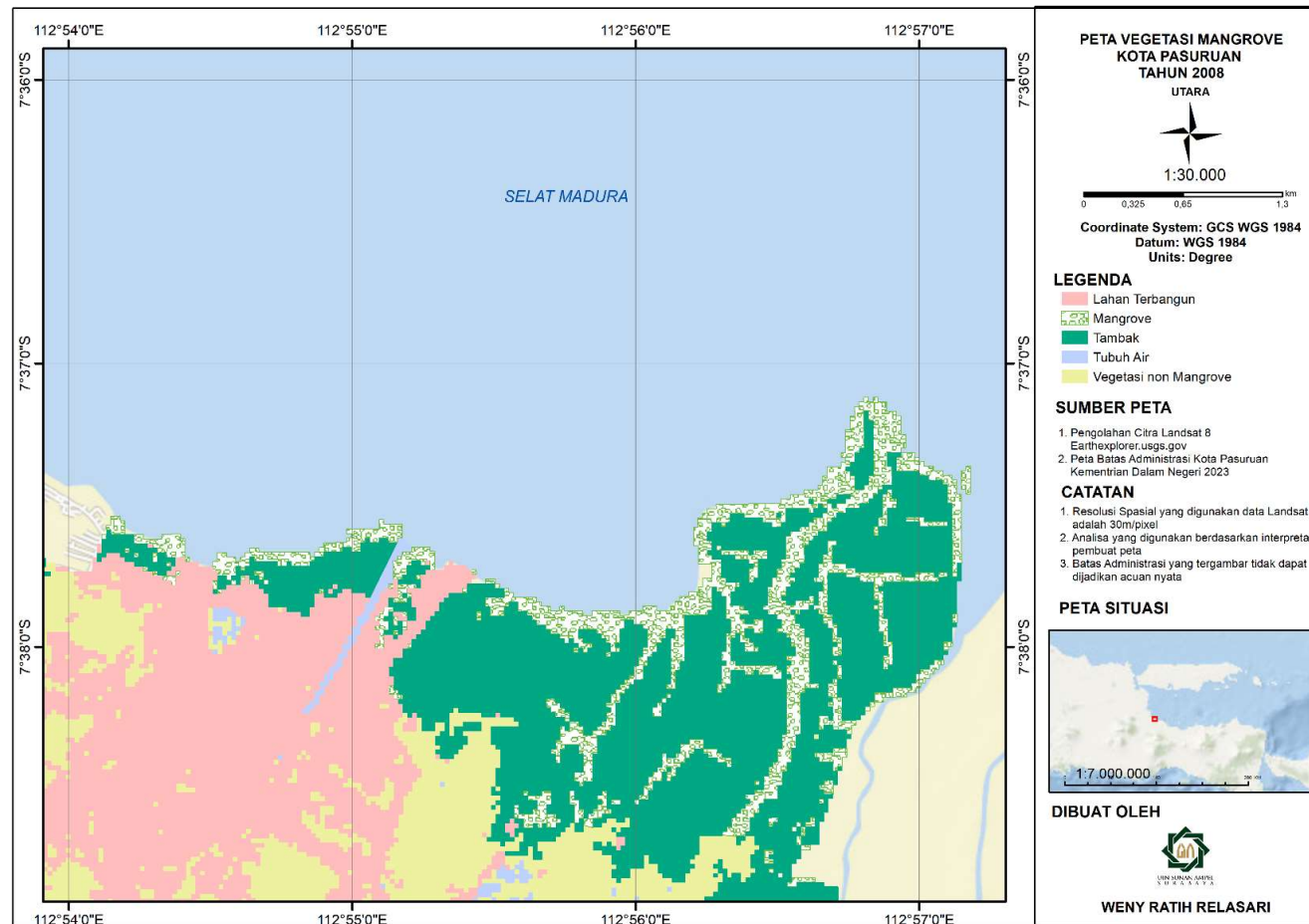
Dari hasil interpretasi kemudian dianalisis luasan tutupan hutan mangrove primer dan sekunder untuk analisis luas hutan mangrove. Dari tahun 2008 luas hutan mangrove Kota Pasuruan disajikan pada diagram batang berikut:



Gambar 4. 1 diagram batang perubahan luas mangrove Kota Pasuruan 2008-2023

Luas hutan mangrove kota pasuruan dari tahun 2008 ke tahun 2023 memiliki tren positif yaitu terjadi peningkatan luas meskipun sempat menurun pada tahun 2018. Perubahan tutupan lahan mangrove tentu berpengaruh terhadap tutupan lahan lainnya. Untuk itu dilakukan analisis perubahan tutupan lahan yang bersinggungan dengan mangrove Kota Pasuruan untuk mengetahui pengurangan dan penambahan lahan yang terjadi pada rentang tahun 2008 hingga tahun 2023.

4.1.1 Perubahan Luas Hutan Mangrove Kota Pasuruan tahun 2008-2013



Gambar 4. 2. Peta vegetasi mangrove Kota Pasuruan 2008

Pada tahun 2008 mangrove Kota Pasuruan memiliki lahan seluas 169,759 ha. Luas tersebut kemudian berubah pada pada tahun 2013 menjadi 231,889 ha. Pada tahun 2008 hingga tahun 2013 peningkatan hutan mangrove di Pasuruan diikuti oleh peningkatan maupun penurunan tutupan lahan lainnya. Penambahan maupun pengurangan luas hutan dikalkulasi sehingga didapatkan persentase perubahan luas hutan dibandingkan dengan luas hutan pada 5 tahun sebelumnya seperti yang tersaji pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Perubahan tutupan lahan mangrove Kota Pasuruan 2008-2013

Penampakan pada tahun 2008	Penampakan pada tahun 2013	Selisih luas (ha)	Persentase(%)
Vegetasi non mangrove	Mangrove	15,94	9,39%
Tubuh air	Mangrove	27,30	16,08%
Tambak	Mangrove	62,69	36,93%
Lahan Terbangun	Mangrove	2,68	1,58%
Mangrove	Lahan Terbangun	-0,96	-1%
Mangrove	Tambak	-40,07	-24%
Mangrove	Tubuh Air	-2,84	-2%
Mangrove	Vegetasi non mangrove	-2,61	-2%
Total Perubahan		62,13	37%

Perubahan tambak menjadi mangrove seluas 62,13 ha atau seluas 37% merupakan perubahan terbesar pada periode ini. Namun perubahan mangrove menjadi tambak juga cukup besar yaitu sebesar 24% atau seluas

40,07 ha. Perubahan Tubuh air menjadi hutan mangrove sebanyak 16% banyak terjadi pada perairan laut. Pertumbuhan mangrove yang mengarah pada zona perairan laut ini menambah seluas 27,30 ha vegetasi mangrove dari luas semula pada tahun 2008. Pada tahun 2008 hutan mangrove Kota Pasuruan memiliki luas 169,759 ha yang kemudian luas tersebut pada tahun 2013 bertambah sebanyak 37% menjadi 231,889 ha.

Peningkatan hutan mangrove kota pasuruan juga dipengaruhi oleh berubahnya vegetasi non mangrove dan lahan terbangun menjadi mangrove masing-masing sebanyak 9,39% dan 2,68%. Sedangkan untuk penurunannya terjadi pada lahan mangrove menjadi lahan terbangun seluas 0,96 ha, menjadi tubuh air seluas 2,84 ha dan menjadi vegetasi non mangrove seluas 2,61 ha.

4.1.2 Perubahan Luas Hutan Mangrove Kota Pasuruan tahun 2013 - 2018

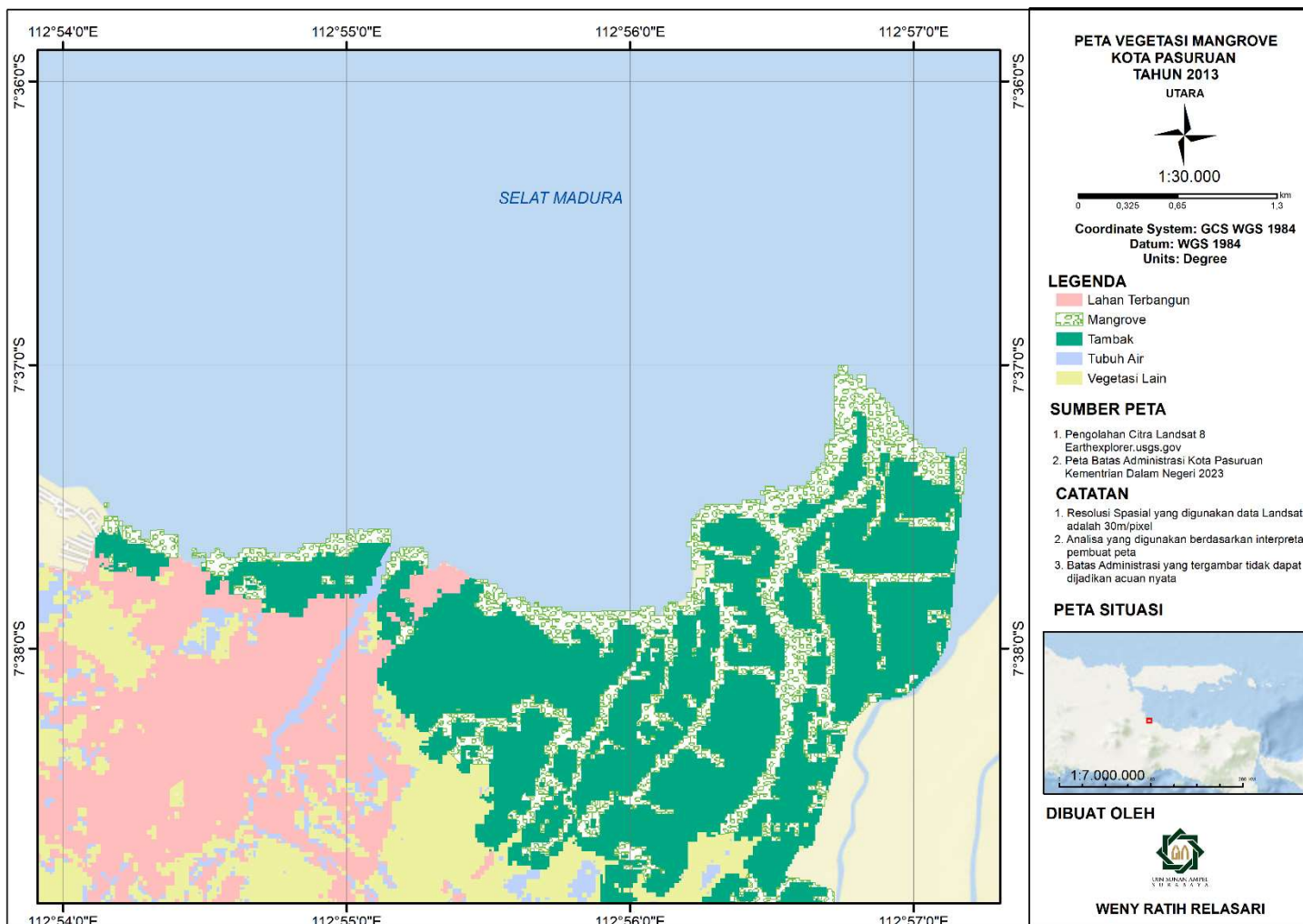
Tabel 4. 3 Perubahan tutupan lahan mangrove Kota Pasuruan 2013-2018

Penampakan pada tahun 2013	Penampakan pada tahun 2018	Selisih luas (ha)	Persentase(%)
Vegetasi non mangrove	Mangrove	5,01	2,16%
Tubuh air	Mangrove	13,09	5,64%
Tambak	Mangrove	17,46	7,53%
Lahan Terbangun	Mangrove	0,00	0,00%
Mangrove	Lahan Terbangun	-1,01	-0,44%
Mangrove	Tambak	-74,36	-32,07%
Mangrove	Tubuh Air	-1,54	-0,66%

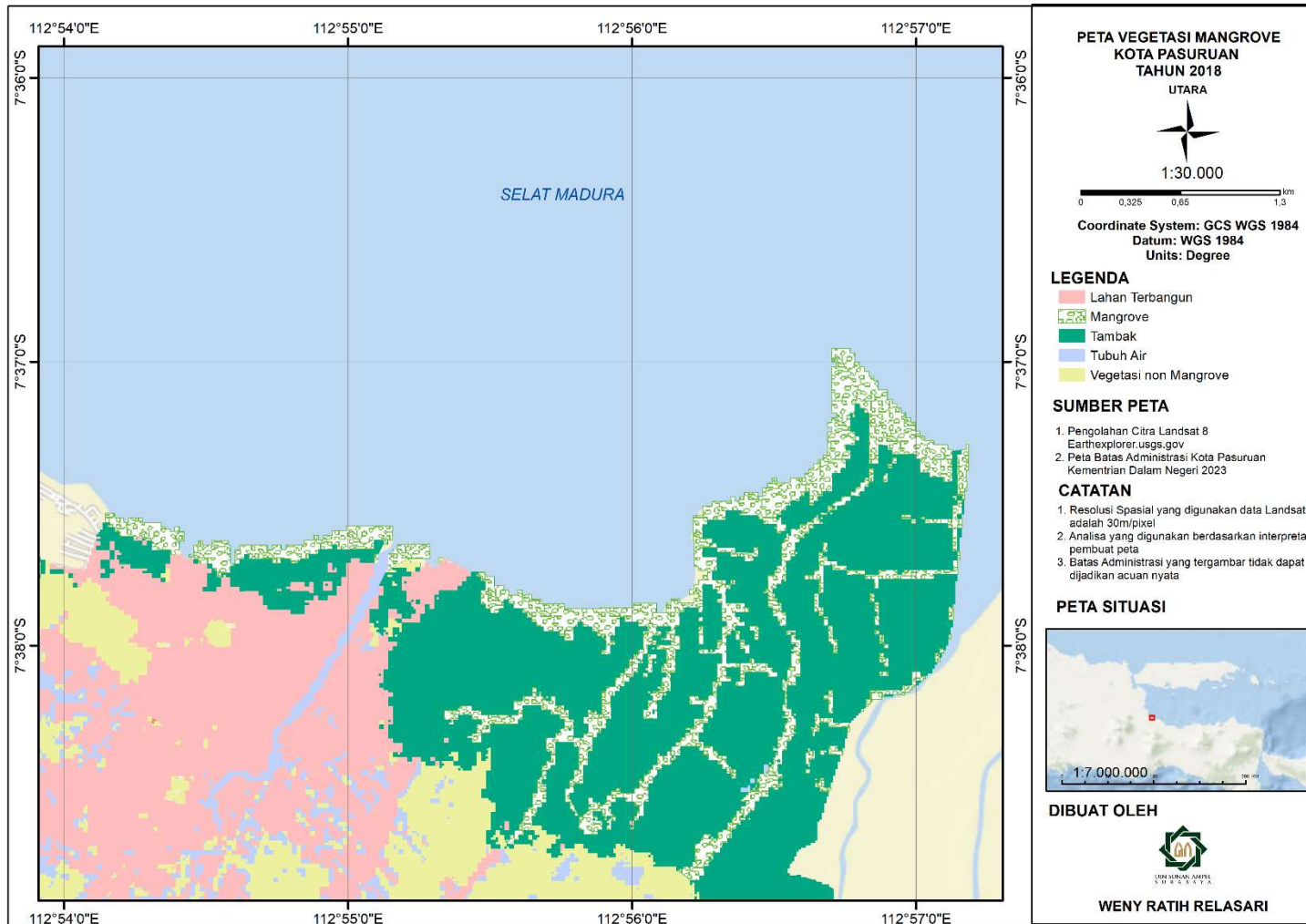
Penampakan pada tahun 2013	Penampakan pada tahun 2018	Selisih luas (ha)	Persentase(%)
Mangrove	Vegetasi non mangrove	-3,86	-1,66%
Total Perubahan		-45,22	-20%



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4. 3. Peta vegetasi mangrove Kota Pasuruan 2013



Gambar 4. 4. Peta vegetasi mangrove Kota Pasuruan 2018

Tahun 2018 hutan mangrove di Kota Pasuruan mengalami perubahan berupa penambahan serta penurunan luas pada tutupan lahan tertentu. Penambahan serta pengurangan ini secara total menunjukkan penurunan luas hutan mangrove sebanyak 20% dari luas hutan mangrove di tahun 2013.

Penurunan luas mangrove pada tahun 2013 hingga tahun 2018 disebabkan adanya peralihan lahan mangrove menjadi tambak seluas 74,36 ha atau sebesar 32,07% dari total mangrove pada tahun 2013. Perubahan ini terjadi pada hutan mangrove sekunder dan terlihat peningkatan pada hutan mangrove Primernya seperti terlihat pada hutan mangrove Kelurahan Ngemplakrejo dan Tambaan.

4.1.3 Perubahan Luas Hutan Mangrove Kota Pasuruan tahun 2008-2013

Tabel 4. 4 Perubahan tutupan lahan mangrove Kota Pasuruan 2018-2023

Penampakan pada tahun 2018	Penampakan pada tahun 2023	Selisih luas (ha)	Persentase(%)
Vegetasi non mangrove	Mangrove	0,46	0,24%
Tubuh air	Mangrove	9,96	5,34%
Tambak	Mangrove	77,01	41,26 %
Lahan Terbangun	Mangrove	0,39	0,21%
Mangrove	Lahan Terbangun	-0,44	-0,24%
Mangrove	Tambak	-8,39	-4,50%
Mangrove	Tubuh Air	-0,79	-0,43%
Mangrove	Vegetasi non mangrove	-8,34	-4,47%
Total Perubahan		69,84	37%

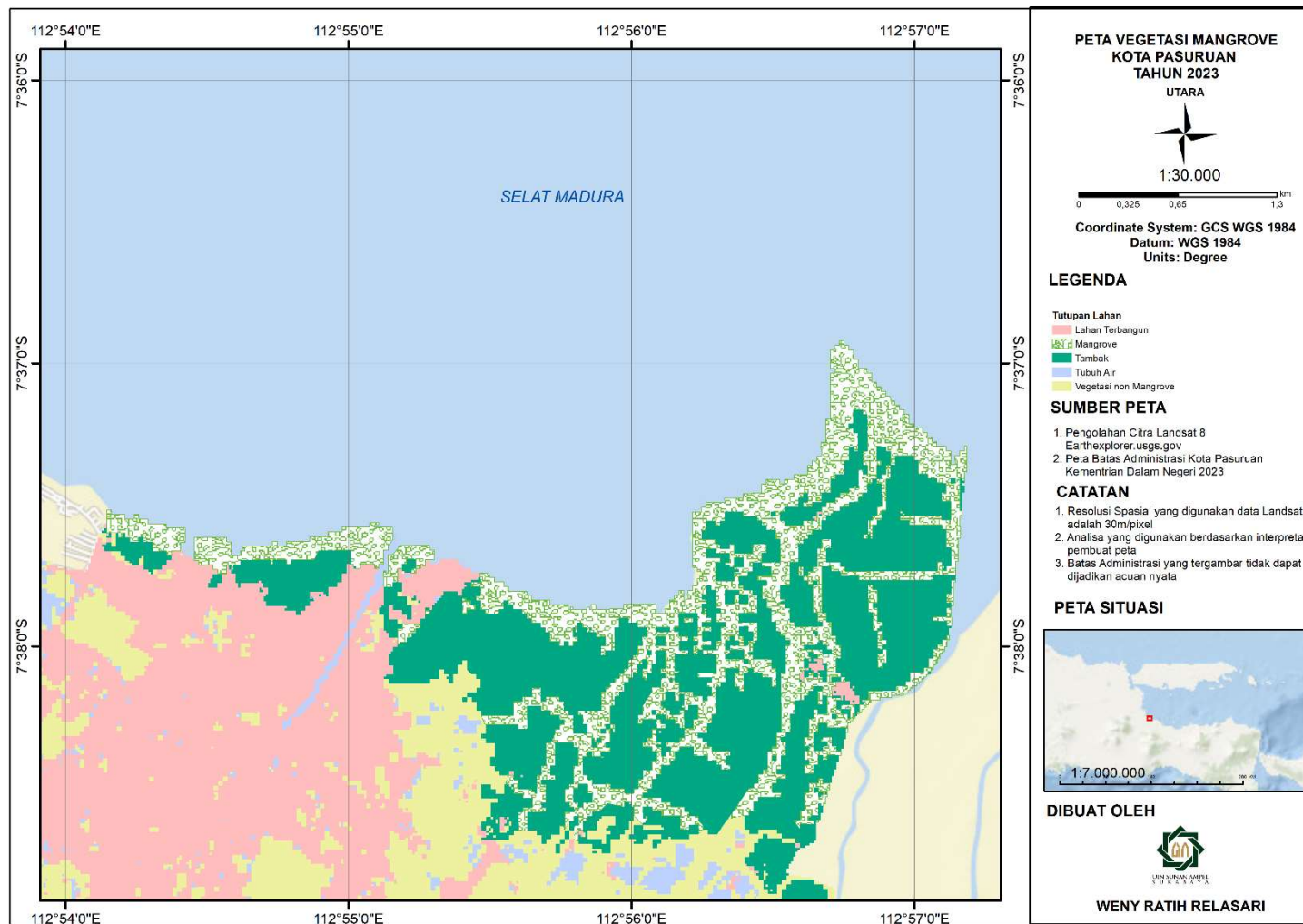
Tahun 2023 luas hutan mangrove kota pasuruan kembali meningkat seluas 69,84 ha atau sebanyak 37% dari luas hutan mangrove pada tahun 2018. Perubahan paling banyak adalah peralihan dari tambak menjadi hutan mangrove yaitu sebanyak 41,26% atau seluas 77,01 ha. Perubahan hutan mangrove berupa penambahan lahan mangrove juga disebabkan oleh berubahnya tutupan tubuh air menjadi mangrove sebanyak 5,34%.

Tabel 4. 5 perubahan luas hutan mangrove dari tahun 2008, 2013, 2018 dan 2023

Tahun	Luas Mangrove	Perubahan	Persentase (%)
2008	169,759	-	-
2013	231,889	62,13	37
2018	186,669	-45,22	-20
2023	256,515	69,85	37
		86,76	55

Perubahan hutan mangrove menjadi tutupan lahan lain dari tahun 2018 hingga tahun 2023 terjadi pada peralihan tutupan lahan mangrove menjadi tambak seluas 8,39 ha dan dari mangrove menjadi vegetasi non mangrove seluas 8,34 ha. Sedangkan perubahan yang lainnya tidak terlihat cukup signifikan. Total perubahan hutan mangrove dari tahun 2008 ke tahun 2023 pada tabel 4.5 adalah sebesar 55% dengan luas 86,76 ha. Perubahan tersebut paling banyak terjadi dari Tubuh air menjadi hutan mangrove.

Upaya restorasi dan reboisasi hutan mangrove secara masif dilakukan di hutan mangrove kota pasuruan oleh warga setempat yang berkolaborasi dari beberapa kolaborator seperti yang dilakukan warga masyarakat Kelurahan Tambaan. Berdasarkan keterangan warga setempat, rehabilitasi mangrove di Tambaan sudah dilakukan sejak sebelum tahun 2016. Gerakan tersebut diinisiasi oleh para petani mangrove di Kelurahan Tambaan. Saat ini hutan mangrove di kelurahan Tambaan dikelola oleh warga setempat dan Karangtaruna.



Gambar 4. 5. Peta vegetasi mangrove Kota Pasuruan 2023

4.2 Kerapatan Hutan Mangrove Kota Pasuruan Tahun 2023 berdasarkan NDVI

Analisis kerapatan hutan mangrove menggunakan metode NDVI didasarkan pada kemampuan penyerapan gelombang inframerah dekat oleh vegetasi. Pada tahap persiapan terlebih dahulu citra dikoreksi radiometrik untuk menghilangkan gangguan atmosphere yang berpengaruh terhadap nilai pixel yang akan dihasilkan.

Koreksi radiometerik dilakukan menggunakan *semi-automatic classification plugin* pada perangkat lunak QGIS 3.22.11. Prinsip dari proses ini adalah dengan mengubah nilai digital number menjadi nilai radian yang kemudian diubah menjadi nilai reflektan. Pada proses ini juga dilakukan koreksi atmosferik untuk menghilangkan gangguan atmosfer. Koreksi atmosferik dilakukan dengan metode DOS 1. Selanjutnya dilakukan perhitungan algoritma NDVI dengan input berupa band merah dan band inframerah dekat dimana pada landsat 8 berada pada band ke 4 dan band ke 5. Proses ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Arcgis 10.8 menggunakan *raster calculator*.

Nilai NDVI merepresentasikan kerapatan tutupan berdasarkan penyerapan gelombang inframerah dekat oleh zat hijau daun. Semakin tinggi nilai piksel yang dihasilkan maka tutupan semakin tinggi. Semakin rendah nilai piksel yang dihasilkan maka nilai tutupan idealnya akan semakin rendah pula. Rentang nilai NDVI adalah 0-1 piksel.

Berdasarkan hasil pengolahan data nilai NDVI hutan mangrove Kota Pasuruan memiliki rentang nilai -0,00406 – 0,761 piksel. Selanjutnya nilai tersebut dikelaskan menjadi tiga kelas menggunakan metode pengkelasan *Natural Break Jenks*. Metode ini baik digunakan untuk data dengan distribusi yang tidak merata atau tidak condong ke salah satu ujung distribusi (Shafira et al., 2023). Metode ini mencari pembagian yang membuat perbedaan antar kelompok menjadi sebesar mungkin, sementara perbedaan dalam kelompok sendiri menjadi sekecil mungkin. Prinsip ini

digunakan untuk memastikan bahwa data di dalam setiap kelompok serupa satu sama lain dan memiliki perbedaan yang signifikan dengan kelompok lainnya. Dengan cara ini, metode natural break Jenks membantu kita memahami pola dan variasi dalam data dengan lebih baik (Jumakil et al., 2022; Kurniadi & Sutikno, 2018).

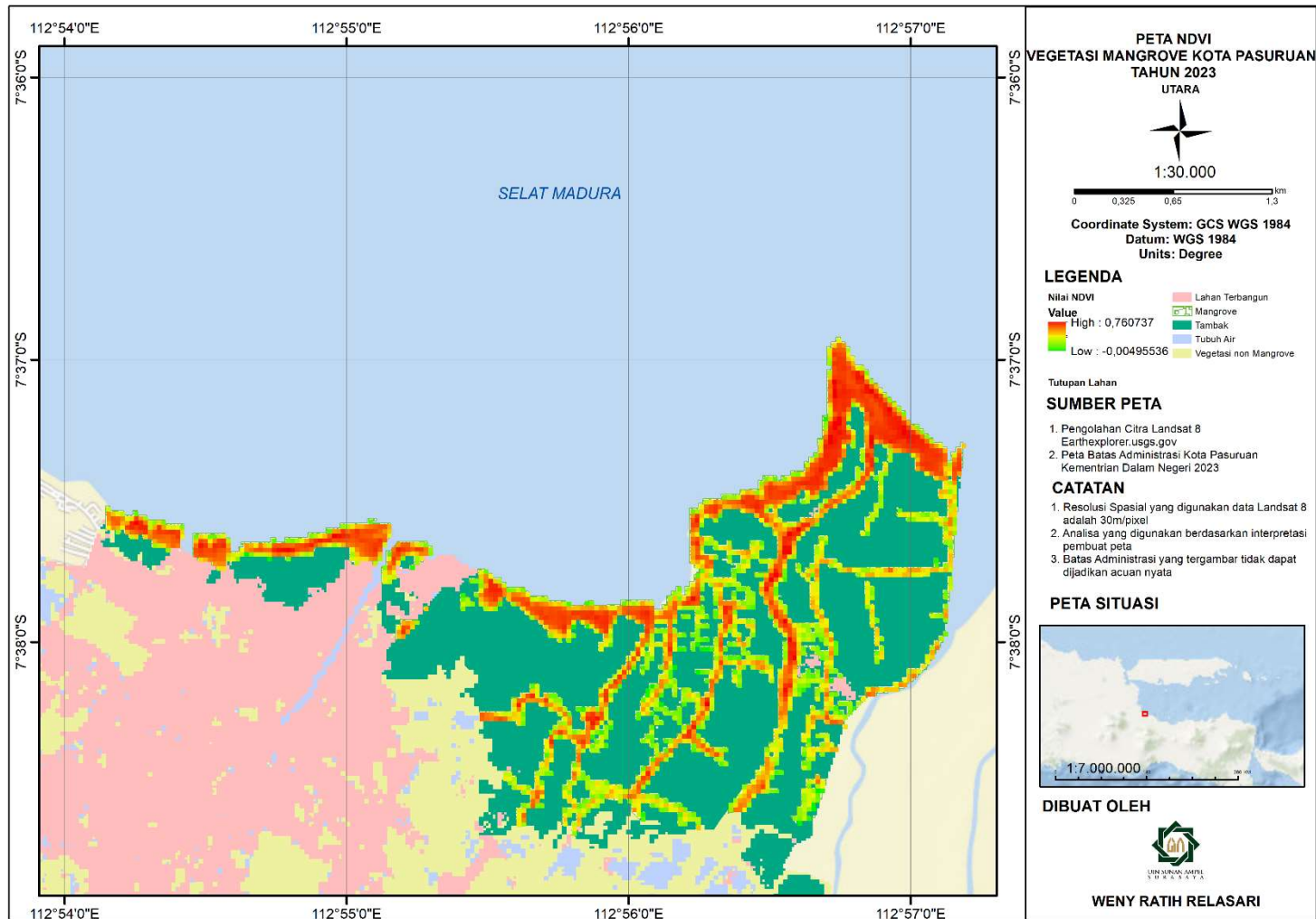
Tabel 4. 6 Hasil Pengkelasan NDVI Mangrove Kota Pasuruan

Nilai Pikel NDVI	Kelas
$-0,00406 < x < 0,394$	Rendah
$0,394 \leq x < 0,572$	Sedang
$0,572 \leq x < 0,761$	Tinggi

Hutan mangrove Kota Pasuruan didominasi nilai NDVI tinggi yaitu pada rentang 0,619 hingga 0,747 piksel. Kelas rendah dan sedang yang berada pada rentang 0,053 hingga 0,619 dominan terletak pada bagian terluar hutan yang dekat dengan pemukiman, tambak serta tutupan lahan lainnya.

Nilai NDVI yang didapatkan kemudian akan divalidasi dengan pengukuran tutupan kanopi pada lapangan dengan mengambil sampel pada setiap kelas. Validasi digunakan untuk memastikan kebenaran data citra penginderaan jauh yang digunakan. Selain itu pengambilan data lapangan juga dilakukan untuk mengambil data parameter lain yang digunakan dalam perhitungan MHI.

Berdasarkan pengolahan Citra Landsat 8 tahun 2023 sebanyak 41% dari luas total hutan mangrove Kota Pasuruan dalam kategori kelas kerapatan tinggi. Kelas kerapatan sedang sebanyak 30% sedangkan kelas kerapatan rendah sebanyak 29%.



Gambar 4. 6. Gambar 4. 6. Peta NDVI Mangrove Kota Pasuruan Tahun 2023

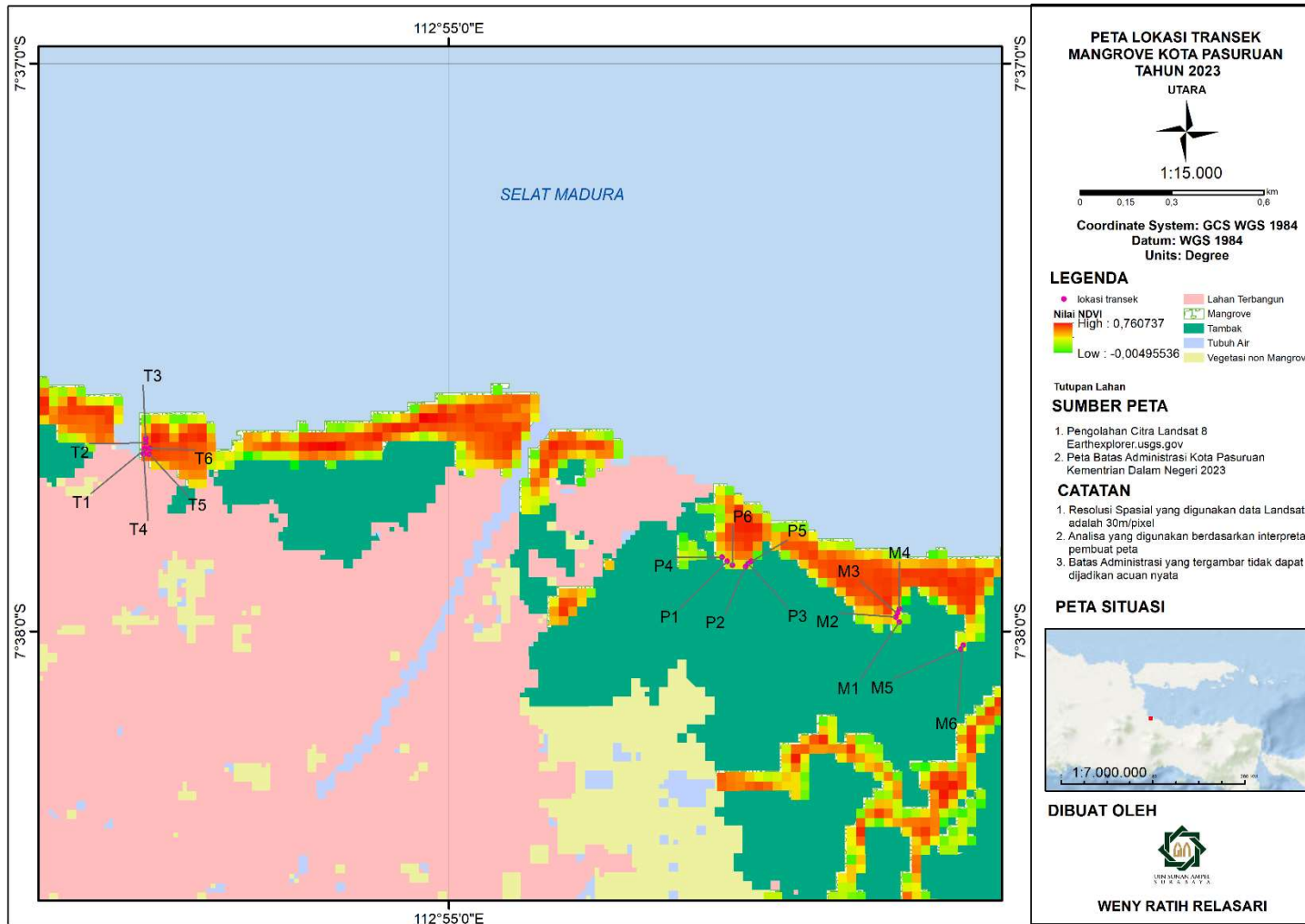
4.3 Analisis Mangrove Health Index

Analisis *Mangrove Health Index* atau Indeks kesehatan hutan mangrove ini mengacu pada buku panduan monitoring dan riset mangrove Indonesia *Manual For Mangrove Community Structure monitoring and Research in Indonesia*. Parameter yang digunakan diantaranya adalah persentase tutupan kanopi, kerapatan pancang dan rata-rata diameter tegakan. Akuisisi data-data parameter yang telah disebutkan dilakukan dengan metode penginderaan jauh menggunakan algoritama NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan transek plot sebagai sampel. Pengambilan sampel plot dilakukan dengan metode *stratified random sampling* berdasarkan nilai NDVI pada pengolahan data citra penginderaan jauh yang dikategorikan menjadi tiga kelas yaitu kerapatan rendah, sedang dan tinggi. Selain itu keterjangkauan lokasi juga menjadi alasan penentuan lokasi sampling.

Stasiun pengambilan transek mangrove berdasarkan nilai piksel NDVI. Pada setiap stasiun diambil 6 plot yang disajikan pada Tabel 4.9:

Tabel 4. 7 Lokasi Pengambilan Transek

Stasiun	Kode Plot	X	Y	NDVI
Mandaranrejo (Kerapatan sedang)	M1	112° 55' 47,637"" E	7° 37' 59,009"" S	0,473262
	M2	112° 55' 47,268"" E	7° 37' 58,491"" S	0,473262
	M3	112° 55' 47,432"" E	7° 37' 58,053"" S	0,461611
	M4	112° 55' 47,648"" E	7° 37' 57,604"" S	0,461611
	M5	112° 55' 54,138"" E	7° 38' 1,881"" S	0,434026
	M6	112° 55' 54,410"" E	7° 38' 1,448"" S	0,434026
Panggungrejo (Kerapatan rendah)	P1	112° 55' 29,443"" E	7° 37' 52,596"" S	0,338444
	P2	112° 55' 31,388"" E	7° 37' 53,169"" S	0,307701
	P3	112° 55' 31,645"" E	7° 37' 52,845"" S	0,307701
	P4	112° 55' 28,897"" E	7° 37' 52,169"" S	0,378071
	P5	112° 55' 31,972"" E	7° 37' 52,598"" S	0,307701
	P6	112° 55' 29,984"" E	7° 37' 53,024"" S	0,338444
Tambaan (Kerapatan tinggi)	T1	112° 54' 27,838"" E	7° 37' 40,715"" S	0,673731
	T2	112° 54' 27,931"" E	7° 37' 40,048"" S	0,673731
	T3	112° 54' 27,956"" E	7° 37' 39,621"" S	0,636445
	T4	112° 54' 27,715"" E	7° 37' 41,254"" S	0,659393
	T5	112° 54' 28,303"" E	7° 37' 41,274"" S	0,659393
	T6	112° 54' 28,387"" E	7° 37' 40,660"" S	0,673731



Gambar 4. 7. Peta Lokasi Pengambilan Transek

4.3.1. Indeks Kesehatan Mangrove Pada Kerapatan Rendah

Kawasan ini didominasi oleh pancang dari jenis *Avicennia marina* (gambar 4.8) dan *Excoecaria agallocha* (gambar 4.7). *Avicennia marina* merupakan mangrove yang memerlukan masukan air tawar dalam jumlah besar setiap tahunnya. Posisi transek ditemukannya mangrove jenis ini adalah pada bagian dekat tambak. Mangrove yang dikenal dengan nama lokal buta-buta ini merupakan tumbuhan mangrove yang dapat tumbuh di berbagai habitat pasang surut sedangkan *Excoecaria agallocha* umumnya tumbuh pada hutan mangrove bagian luar (Noor et al., 2006).



Gambar 4. 9 daun *Avicennia marina*



Gambar 4. 8 buah *Excoecaria agallocha*

Berdasarkan pengambilan data tutupan kanopi menggunakan metode *hemispherical photography* tutupan pada lokasi ini tergolong rendah yang sesuai dengan hasil pengolahan data citra. Berdasarkan data citra yang diolah dengan algoritma NDVI nilai piksel stasiun ini adalah pada rentang 0,338 – 0,378 piksel. Rata-rata tutupan kanopi pada kelas kerapatan ini adalah 11,2% yang tergolong sangat rendah. Tutupan kanopi berpengaruh terhadap produktifitas komunitas mangrove. Rata-rata skor indeks kesehatan mangrove pada kelas kerapatan ini tergolong sedang yaitu 34,58%.

Tabel 4. 8 data parameter dan skor MHI pada kelas kerapatan rendah

Plot	NDVI	Tutupan kanopi (%)	Kerapatan pancang (ind/ha)	Rata-rata diameter tegakan (cm)	MHI (%)
P1	0,338	10	1800	3,00	30,70
P2	0,307	27	2000	2,82	31,31
P3	0,307	41	2100	3,01	42,59
P4	0,378	21	1700	2,76	29,91
P5	0,307	41	2000	3,1	42,72
P6	0,338	20	1800	2,72	30,29
Rata-rata		11,29405	1900	2,906278	34,58719

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa pada stasiun Panggungrejo memiliki rata-rata tutupan kanopi yang rendah dengan kerapatan pancang yang sangat tinggi. Ekosistem mangrove dengan tutupan kanopi yang baik dapat mempertahankan kelembaban yang dipengaruhi oleh penetrasi cahaya matahari (Dalengkade, 2020). Mangrove dengan kerapatan kanopi yang tinggi akan menghasilkan serasah yang kaya unsur hara(Siegers, 2015).



Gambar 4. 11 semai *Rhizophora* *sp.* pada Stasiun Panggungrejomangrove sisa rehabilitasi yang sudah tidak terdapat semainya

Salah satu faktor yang mempengaruhi persentase tutupan kanopi adalah diameter tegakan. Kelas kerapatan ini didominasi oleh pancang dengan kerapatan yang sangat padat menunjukkan bahwa lokasi ini merupakan hutan mangrove rehabilitasi/hasil penanaman yang berumur kurang dari 5 tahun (Dharmawan et al., 2020). Gambar 4.10 merupakan dokumentasi ditemukannya beberapa semai jenis *Rhizophora sp.* yang ditanam dengan bambu penyangga.

Namun tampaknya upaya rehabilitasi tersebut kurang optimal dilihat dari ditemukannya bambu penyangga yang sudah tidak terdapat bibit mangrove (gambar 4.11). Hal tersebut diduga karena bibit yang ditanam telah mati karena ketidaksesuaian habitat dilihat dari spesies dominan yang ada di lokasi. Tumbuhan mangrove memerlukan habitat yang sesuai untuk dapat tumbuh dengan optimal.

Pertumbuhan optimal *Rhizophora mucronata* umumnya berada pada area yang memiliki genangan yang tinggi (Noor et al., 2006). Sedangkan lokasi pengambilan transek merupakan peralihan antara hutan mangrove dengan tambak yang hanya sedikit terpengaruh oleh pasang surut. Tumbuhan *Rhizophora mucronata* jarang ditemukan pada wilayah yang jauh dari air pasang surut. Hal ini diduga menjadi penyebab kegagalan rehabilitasi hutan yang dilakukan. Regenerasi hutan dapat berjalan dengan baik apabila didukung oleh lingkungannya seperti kesehatan mangrove, cahaya yang optimal, kondisi perairan serta substrat yang sesuai (Istri Pradnyandari Dewi et al., 2021).

4.3.2. Indeks Kesehatan Mangrove Pada Kerapatan Sedang

Kondisi mangrove pada Stasiun Mandaranrejo tergolong sedang berdasarkan skor indeks kesehatan mangrovenya. Pada Stasiun Mandaranrejo diambil sampel dengan kelas kerapatan sedang. Tabel 4.10 menampakkan tutupan kanopi pada stasiun ini tergolong sedang meskipun terdapat plot yang memiliki rata-rata persentase tutupan kanopi yang tinggi. Hal ini mungkin disebabkan oleh keterbatasan NDVI dalam mendeteksi tutupan lahan. Salah satu kelemahan NDVI

dalam mendeteksi indeks vegetasi adalah belum tahan terhadap pengaruh atmosfer (Luvi et al., 2021).

Tabel 4. 9 data parameter dan skor MHI pada kelas kerapatan sedang

Plot	NDVI	Tutupan kanopi (%)	Kerapatan pancang (ind/ha)	Rata-rata diameter tegakan (cm)	MHI (%)
M1	0,473262	79	0	10	55,7
M2	0,473262	70	200	11,04034	50,62718
M3	0,461611	65	800	10,69865	48,54797
M4	0,461611	71	1300	8,455414	52,34979
M5	0,434026	68	600	12,04571	52,2019
M6	0,434026	74	200	12,19842	55,69763
Rata-rata		71	516,6	10,73975	52,52074

pada stasiun ini ditemukan beberapa jenis mangrove yang lebih beragam dibandingkan dengan stasiun lainnya. Diantara jenis mangrove yang ditemukan adalah *Xylocarpus mulloensis* (Gambar 4.14), *Achantus ilicifolius* (Gambar 4.13), *Xylocarpus rumphii* (Gambar 4.12), *Avicennia eucalyptifolia* (Gambar 4.15) dan *Rhizophora*



Gambar 4. 13 buah *Xylocarpus rumphii*



Gambar 4. 14 Tumbuhan *Achantus ilicifolius*



Gambar 4. 12 buah *Xylocarpus mulloensis*

apicullata (Gambar 4.16). Mangrove-mangrove tersebut tergolong mangrove sejati (Noor et al., 2006).

Kerapatan pancang pada stasiun ini tergolong rendah yang



Gambar 4. 16 Tumbuhan
Rhizophora apicullata



Gambar 4. 15 Daun dan bunga
Avicennia eucalyptifolia

mengindikasikan kealamian hutan mangrove. Meskipun keberadaan pancang menandakan bahwa hutan mangrove bukan hutan alami namun pancang juga menunjukkan kemampuan regenerasi hutan mangrove (Kusmana & Siregar, 2020). Hutan mangrove yang tidak memiliki pancang sama sekali dinilai memiliki kemampuan regenerasi yang rendah (Istri Pradnyandari Dewi et al., 2021).

4.3.3 Indeks Kesehatan Mangrove Pada Kerapatan Tinggi

Stasiun Tambaan mewakili kelas kerapatan tinggi. Persentase tutupan kanopi lokasi ini adalah 91,5% dengan rata-rata skor MHI nya adalah 68,4% yang masuk pada kategori tinggi. Rata-rata diameter tegakan menunjukkan usia hutan mangrove. Jika dibandingkan dengan rata-rata diameter tegakan mangrove pada kelas kerapatan sedang yaitu 10,73 cm diameter tegakan pada stasiun ini seperti yang tersaji pada tabel memiliki rata-rata lebih kecil. Hal ini menunjukkan usia hutan mangrove yang berhubungan dengan pembentukan lingkaran tahun. Hutan Mangrove pada stasiun Tambaan merupakan hutan mangrove hasil rehabilitasi. Rehabilitasi ini dilakukan sejak tahun 2016 sehingga hutan

mangrove yang terbentuk belum memiliki tegakan dengan diameter yang besar.

Tabel 4. 10 data parameter dan skor MHI pada kelas kerapatan tinggi

Plot	NDVI	Tutupan kanopi (%)	Kerapatan pancang (ind/ha)	Rata-rata diameter tegakan (cm)	MHI (%)
T1	0,673731	92	1000	8,943019	69,2812
T2	0,673731	93	1800	6,028207	68,57564
T3	0,636445	94	900	8,749115	68,75701
T4	0,659393	93	1600	7,104944	69,32408
T5	0,659393	87	2000	7,29377	66,97399
T6	0,673731	90	1800	6,550181	67,49194
Rata-rata		91,5	1516,6	7,444873	68,40064

Jenis vegetasi yang tumbuh memberikan pengaruh terhadap persentaseutupan kanopi (Kaliu et al., 2023). Pada lokasi sampling ditemukan dua spesies mangrove yaitu *Rizophora mucronata* (gambar 4.19) dan *Avicennia alba*.



Gambar 4. 17 buah dan daun *Avicennia alba*



Gambar 4. 18 daun *Rhizophora mucronata*



Gambar 4. 20 daun
Excoecaria agallocha

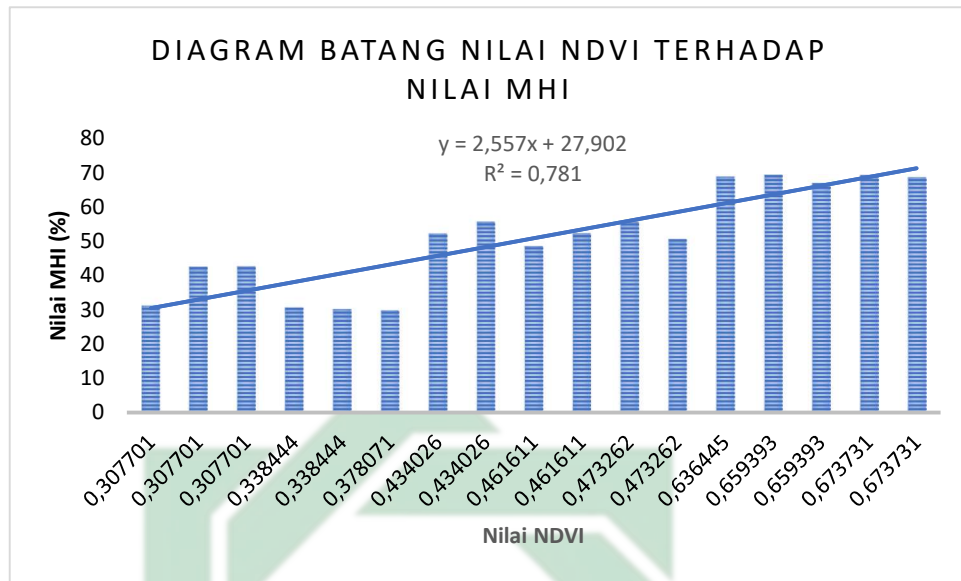


Gambar 4. 19 daun
Xylocarpus muloccensis

Rhizophora mucronata memiliki daun elips dengan ujung yang runcing dengan ukuran 11-23 x 5-13 cm. *Excoecaria agallocha* (gambar 4.17) yang ditemukan pada stasiun Panggungrejo memiliki ukuran 6,5-10,5 x 3,5-5 cm. *Xylocarpus muloccensis* (gambar 4.20) yang ditemukan di Stasiun Mandaranrejo dengan ukuran daun 4-12 x 2-6,5 cm (Noor et al., 2006). Apabila dibandingkan ukuran daun dari ketiga spesies tersebut *Rhizophora mucronata* memiliki daun yang lebih lebar dibandingkan spesies lainnya sehingga berpengaruh terhadap kemampuannya membentuk kanopi.

Stasiun Tambaan memiliki rata-rata kerapatan pancang yang tinggi sehingga lokasi ini memiliki kemampuan regenerasi yang baik. Pada lokasi transek juga ditemukan adanya banyak semai yang tumbuh secara alami. Hutan Mangrove di Kelurahan Tambaan ini merupakan hutan hasil penanaman kembali yang dilakukan oleh warga setempat dan beberapa kolaborator.

4.4 Korelasi Nilai NDVI dengan Skor MHI



Gambar 4. 21 diagram batang hubungan nilai NDVI terhadap Nilai MHI

Hubungan antara NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan MHI (*Mangrove Health Index*) dapat dilihat dari Gambar 4.21. Terlihat bahwa dengan peningkatan nilai NDVI, terjadi peningkatan skor MHI. Ini menunjukkan bahwa adanya korelasi positif antara kepadatan vegetasi mangrove yang direpresentasikan oleh NDVI dan kesehatan mangrove yang diukur oleh MHI.

Dalam persamaan regresi $y = 2,557x + 27,902$, di mana y adalah skor MHI dan x adalah NDVI, koefisien kemiringan (2,557) menunjukkan seberapa banyak skor MHI berubah seiring perubahan NDVI. Artinya, dengan setiap peningkatan unit NDVI, skor MHI cenderung meningkat sebesar 2,557. Konstanta (27,902) dalam persamaan tersebut merupakan nilai skor MHI ketika NDVI bernilai nol.

Pada diagram tersebut, perhitungan koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk mengukur sejauh mana variabilitas dalam skor MHI dapat dijelaskan oleh nilai NDVI (Suriyanti et al., 2022). Nilai R^2 berada pada 0 sampai dengan 1. Semakin kecil nilai R^2 maka semakin lemah hubungan antar variabelnya (Muktiadji & Kamage, 2009). Nilai R^2 yang diperoleh sebesar 0,781 menunjukkan bahwa NDVI dapat menjelaskan sekitar 78,1% dari variasi total dalam skor MHI. Hal ini mengindikasikan

adanya hubungan yang signifikan antara NDVI dan MHI, meskipun terdapat sebagian variasi dalam skor MHI yang tidak dapat dijelaskan oleh NDVI. Hal ini disebabkan oleh NDVI yang hanya mampu menjelaskan parameter persentase tutupan kanopi saja. Selain itu perbedaan kelas NDVI dengan kondisi dilapangan juga dianggap berpengaruh terhadap korelasi NDVI dengan MHI. Kesalahan tersebut diduga disebabkan oleh keterbatasan NDVI terhadap gangguan atmosfer. Kesalahan ini dapat diminimalisir dengan menggunakan metode analisis indeks vegetasi yang lebih tahan terhadap gangguan atmosfer seperti EVI (*Enhanced Vegetation Index*) (Luvi et al., 2021).

Hubungan NDVI dengan MHI dalam penelitian ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya kerapatan kanopi vegetasi mangrove yang tercermin dalam nilai NDVI, kesehatan mangrove juga cenderung meningkat. Meskipun NDVI hanya dapat menjelaskan sebagian variasi dalam skor MHI, nilai R^2 yang tinggi menunjukkan bahwa model regresi cukup baik dalam menjelaskan hubungan antara NDVI dan MHI.

Dalam konteks ini, dapat disimpulkan bahwa NDVI sebagai indikator kerapatan tutupan kanopi vegetasi mangrove dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam memprediksi kesehatan mangrove yang diukur oleh MHI. Namun, penting untuk diingat bahwa MHI juga mencakup parameter lain seperti kerapatan pancang dan rata-rata diameter tegakan yang dapat mempengaruhi kesehatan mangrove secara keseluruhan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil yang telah dibahas, dapat ditarik kesimpulan:

1. Mangrove di Kota Pasuruan mengalami perubahan baik berupa penambahan maupun penurunan luas pada rentang tahun 2008 hingga tahun 2023. Pada tahun 2013 mangrove Kota Pasuruan mengalami kenaikan luas dari 169,759 ha mengalami penambahan sebanyak 35% menjadi 231,889 ha. Selanjutnya pada tahun 2018 mangrove Kota Pasuruan Mengalami penurunan sebanyak 20% sehingga luasnya menjadi 186,669 ha. Tahun 2023 mangrove Kota Pasuruan mengalami peningkatan sebanyak 38% atau seluas 69,846 ha sehingga luas mangrove Kota Pasuruan pada tahun 2023 adalah 256,515 ha.
2. Hutan mangrove Kota Pasuruan berdasarkan analisis indeks vegetasi menggunakan metode NDVI memiliki kerapatan tinggi seluas 105,171 ha atau sebesar 41% dari total luas keseluruhan. Kerapatan rendah sebesar 29% dan kerapatan sedang sebesar 30%. Berdasarkan perhitungan Indeks Kesehatan Hutan Mangrove skor MHI pada kerapatan rendah adalah 34,59% yang masuk dalam kategori sedang. Sedangkan untuk kelas kerapatan rendah dan tinggi masing-masing skor MHI yang diperoleh adalah 52,52% dan 68,40% yang masuk pada kategori sedang dan tinggi. Hubungan antara NDVI dengan MHI dijelaskan menggunakan uji koefisien determinasi yang menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,781.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya hendaknya dapat dilakukan menggunakan metode identifikasi indeks vegetasi yang lebih akurat dibandingkan metode yang digunakan pada penelitian ini.
2. Pengelolaan hutan mangrove hendaknya dilakukan berdasarkan pertimbangan empiris agar upaya yang dilakukan dapat berjalan secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. R., Arisanto, P. A. A., Sukirno, B. A., Merdeka, P. H., Priadhi, M. M., & Zallesa, S. (2020). Mangrove vegetation health index analysis by implementing NDVI (normalized difference vegetation index) classification method on sentinel-2 image data case study: Segara Anakan, Kabupaten Cilacap. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 584(1), 012069. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/584/1/012069>
- Akbari, F. R. (2016). *Evaluation Of The Effect Of Correction Atmospheric Algorithm For Calculation Of Total Suspended Solid Using Landsat 8 Satellite Imagery*.
- Andika, D., & Darwis, D. (2021). Modifikasi Algoritma Gifshuffle untuk Peningkatan Kualitas Citra pada Steganografi. *Jurnal Ilmiah Infrastruktur Teknologi Informasi*, 1(2), 19–23. <https://doi.org/10.33365/jiiti.v1i2.614>
- 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.1.1.1-12>
- ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data. (2015). *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 81(3), 1–26. <https://doi.org/10.14358/pers.81.3.a1-a26>
- Pedoman Teknis Pengumpulan Dan Pengolahan Data Geospasial Mangrove, Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial 47 (2014). https://jdih.big.go.id/media/resources/files/law/SPXUJwDqPh_Perka_Mangrove_Salinan.pdf
- Bashit, N., Prasetyo, Y., & Sukmono, A. (2019). Kajian Perkembangan Lahan Terbangun Kota Pekalongan Menggunakan Metode Urban Index (UI). *Elipsoida: Jurnal Geodesi Dan Geomatika*, 2(02), 12–18. <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2019.6440>
- Bindu, G., Rajan, P., Jishnu, E. S., & Ajith Joseph, K. (2020). Carbon stock assessment of mangroves using remote sensing and geographic information

system. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.EJRS.2018.04.006>

BPS Kota Pasuruan. (2019).

<https://pasuruankota.bps.go.id/statictable/2017/11/09/1654/luas-wilayah-kota-pasuruan-menurut-kecamatan.html>

Cahyono, B. E., Frahma, Y. F., & Nugroho, A. T. (2018). Analisis Tingkat Kehijauan Hutan Daerah Pertambangan Sawahlunto dengan Metode NDVI Berdasarkan Citra Landsat Tahun 2006-2016. *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 3(1), 37–46. <https://doi.org/10.21009/spektra.031.06>

Curnick, D. J., Pettorelli, N., Amir, A. A., Balke, T., Barbier, E. B., Crooks, S., Dahdouh-Guebas, F., Duncan, C., Endsor, C., Friess, D. A., Quarto, A., Zimmer, M., & Lee, S. Y. (2019). The value of small mangrove patches. In *Science* (Vol. 363, Issue 6424, p. 239). American Association for the Advancement of Science. <https://doi.org/10.1126/science.aaw0809>

Dalengkade, M. N. (2020). FLUKTUASI TEMPORAL KELEMBABAN UDARA DI DALAM DAN LUAR EKOSISTEM MANGROVE. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 14(2), 159–166. <https://doi.org/10.30598/barekengvol14iss2pp159-166>

del Valle, A., Eriksson, M., Ishizawa, O. A., & Miranda, J. J. (2020). Mangroves protect coastal economic activity from hurricanes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(1), 265–270. <https://doi.org/10.1073/pnas.1911617116>

Dharmawan, I. W. E., & Pramudji. (2017). Panduan pemantauan komunitas mangrove. In *Critic Coremap Cti Lipi* (Issue 2). <https://www.researchgate.net/publication/342591072>

Dharmawan, I. W. E., Suyarso, Ulumuddin, Y. I., Prayudha, B., & Pramudji. (2020). *Manual for mangrove community structure monitoring and research in Indonesia*. https://www.researchgate.net/publication/364326020_Manual_for_Mangrove_Community_Structure_Monitoring_and_Research_in_Indonesia

Dharmawan, I. W. E., & Ulumuddin, Y. I. (2021). *Field Survey and Data Collecton a Guidebook for Mangrove Health Index (MHI) Training Field Survey and*

Data Collection. Nas Media Pustaka.

Djamaluddin, R. (2018). *Mangrove Biologi, Ekologi, Rehabilitasi, dan Konservasi*. Unsrat Press.

Doni Nurdiansah, & I Wayan Eka Dharmawan. (2021). Struktur Komunitas dan Kondisi Kesehatan Mangrove di Pulau Middleburg-Miossu, Papua Barat. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(1), 81–96. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i1.34484>

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>

Hajar, A., Nabawi, I., Kartikawati, L., Yudana, F. R., Budi, S., & Prasetyantara, N. (2021). Pengolahan Data Spasial-Geolocation Untuk Menghitung Jarak 2 Titik. *Creative Information Technology Journal*, 8(1), 32. <https://doi.org/10.24076/citec.2021v8i1.265>

Hamilton, S. E., & Casey, D. (2016). Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st century (CGMFC-21). *Global Ecology and Biogeography*, 25(6), 729–738. <https://doi.org/10.1111/geb.12449>

Hamilton, S. E., & Friess, D. A. (2018). Global carbon stocks and potential emissions due to mangrove deforestation from 2000 to 2012. *Nature Climate Change*, 8(3), 240–244. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0090-4>

Hasibuan, Muda, E. (2013). Valuasi Ekonomi Mangrove Di Desa Kebun Ayu, Kabupaten Lombok Barat. *Kokugokakyouiku*, 73, 12–14. <http://ejournal.uki.ac.id/index.php/prolife/article/view/1946/1495>

Herijanto Thamrin. (2020). Pengukuran Tinggi dan Diameter Tanaman Meranti Merah (*Shorea pauciflora* c.f. *gaertn*) di Kebun Raya Unmul Samarinda (KRUS). *JURNAL AGRIMENT*, 5(01), 62–65. <https://doi.org/10.51967/jurnalagriment.v5i01.353>

Hoffmann, J., & Sander, P. (2007). Remote sensing and GIS in hydrogeology. *Hydrogeology Journal*, 15(1), 1–3. <https://doi.org/10.1007/S10040-006-0140-2/METRICS>

- Huang, S., Tang, L., Hupy, J. P., Wang, Y., & Shao, G. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research*, 32(1), 1–6. <https://doi.org/10.1007/S11676-020-01155-1/FIGURES/2>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2015). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781107415416>
- Irwanto, I., Paembonan, S. A., Oka, N. P., & Maulany, R. I. (2020). Growth characteristics of the mangrove forest at the raised coral island of Marsegu, West Seram, Maluku. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 5(10), 211–219. http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/6019/1/21_Maulany_Irwanto_Marsegu_2020.pdf
- Ismoyo, U., Hendrarto, B., & Suryanti, S. (2017). Analisis Bahan Organik Dengan Kualitas Tanah Terhadapukuran Daun Bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk) di Hutan Mangrove Desa Mojo, Ulujami, Pematang. *SAINTEK PERIKANAN: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 12(2), 134. <https://doi.org/10.14710/ijfst.12.2.134-138>
- Istri Pradnyandari Dewi, I. G. A., Elok Faiqoh, Abd. Rahman As-syakur, & I Wayan Eka Dharmawan. (2021). Regenerasi Alami Semaian Mangrove Di Kawasan Teluk Benoa, Bali. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(3), 395–410. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i3.36364>
- Jayanti, I. (2017). Perbandingan Metode Klasifikasi Maximum Likelihood dan Minimum Distance pada Pemetaan Tutupan Lahan di Kota Langsa. In *Tugas Akhir: Universitas Syah Kuala*. http://ppids.cs.unsyiah.ac.id/ppids/wp-content/uploads/2018/11/Tugas-Akhir_Indrayani-Jayanti_1308107010010.pdf
- Jennerjahn, T. C., Gilman, E., Krauss, K. W., Lacerda, L. D., Nordhaus, I., & Wolanski, E. (2017). Mangrove ecosystems under climate change. In *Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective: Structure, Function, and Services* (pp. 211–244). Springer International Publishing.

https://doi.org/10.1007/978-3-319-62206-4_7

- Jones, H. G., & Vaughan, R. A. (2010). Remote sensing of vegetation: principles, techniques and applications. In *Oxford University Press* (Vol. 22).
<https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01319.x>
- Jumakil, Suhadi, Sadarudin, Muhamad, & Buna, S. R. (2022). Tingkat Risiko Sumber Air di Kabupaten Kolaka Tahun 2021: Model Natural Break Ma. *JURNAL KESEHATAN MASYARAKAT INDONESIA*.
<https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/JPKIMIA/article/view/4524/pdf#>
- Kaliu, S., Saparuddin, Alkadri, M., Erfina, Nasarudin, & DjunarlinTojang. (2023). Analysis of The Structure and Composition of Mangrove Vegetation Types in Induha Latambaga Village, Kolaka District. *Jurnal Biologi Tropis*.
<https://jurnal.fkip.unram.ac.id/index.php/JBT/article/view/5091/3074>
- Karimzadeh, S., & H. Tangestani, M. (2022). Potential of Sentinel-2 MSI data in targeting rare earth element (Nd³⁺) bearing minerals in Esfordi phosphate deposit, Iran. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 25(3), 697–710. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2022.04.001>
- Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. In *Advances in Marine Biology* (Vol. 40, pp. 81–251).
[https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(01\)40003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(01)40003-4)
- Kawamuna, A., Suprayogi, A., & Wijaya, A. P. (2017). Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi NDVI Pada Citra Sentinel-2 (Studi Kasus : Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi). *Jurnal Geodesi UNDIP*, 6(1), 277–284. <https://doi.org/10.1128/AAC.03728-14>
- Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove, Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove 1 (2004).
- Kepmen LH. (2004). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut. *Lembaran Negara Republik Indonesia*, 51, 1–8. [https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/824/191009100640Keputusan MENLH Nomor 51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut.pdf](https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/824/191009100640Keputusan%20MENLH%20Nomor%2051%20tahun%202004%20tentang%20Baku%20Mutu%20Air%20Laut.pdf)
- KLHK. (2021). *Rehabilitasi Mangrove Kritis Dilakukan Keroyokan*. Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan.
https://www.menlhk.go.id/site/single_post/3506/rehabilitasi-mangrove-kritis-

dilakukan-keroyokan

- Knutson, K. (2009). Image of the Day. *Media*, 508, 2543–2543. <https://earthobservatory.nasa.gov/topic/image-of-the-day>
- Kurniadi, A., & Sutikno, S. (2018). Analisis Spasial Persebaran dan Pemetaan Kerawanan Kejadian Kasus Demam Berdarah Dengue di Kabupaten Lumajang dengan Spatial Pattern Analysis dan Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.36634>
- Kusmana, C., & Siregar, Y. (2020). Komposisi Jenis dan Regenerasi Alami Mangrove Di BKPH Ujung-Krawang, KPH Bogor, Jawa Barat. *Journal of Tropical Silviculture*, 11(2), 65–70. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.11.2.65-70>
- Lukiawan, R., Purwanto, H., Ayundyahrini, M., Penelitian, P., Standardisasi, P., & Nasional, B. S. (2019). Standards of Geometric Correction of Satellite Images Medium Resolution and Benefits for Users. *Jurnal Standardisasi*, 21(1), 45–54.
- Luvi, L. R. D., Yuliantina, A., Dewi, R., Pahlevi, M. Z., & Kusumawardhani, N. A. (2021). Komparasi Luas Tutupan Lahan di Kota Bandar Lampung Berdasarkan Algoritma NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) dan EVI (Enhanced Vegetation Index). *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 2(1), 16–24. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i1.43>
- Maciej Serda, Becker, F. G., Cleary, M., Team, R. M., Holtermann, H., The, D., Agenda, N., Science, P., Sk, S. K., Hinnebusch, R., Hinnebusch A, R., Rabinovich, I., Olmert, Y., Uld, D. Q. G. L. Q., Ri, W. K. H. U., Lq, V., Frxqwu, W. K. H., Zklfk, E., Edvhg, L. V, ... (2019). فاطمی, ح. Studi Perbandingan Metode ARVI, EVI 2 dan NDVI untuk Penentuan Kerapatan Tajuk dalam Identifikasi Lahan Kritis di Kabupaten Boyolali. *Jurnal Geodesi UNDIP*, 8(1), 358–367. <https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>
- Maulidiyah, R., Eko Cahyono, B., Tjahjo Nugroho, A., Fisika, J., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., & Jember, U. (2019). Analisis Kesehatan Mangrove di Probolinggo Menggunakan Data Sentinel-2A. *Natural B, Journal of Health and Environmental Sciences*, 5(2), 041–048. <https://natural->

b.ub.ac.id/index.php/natural-b/article/view/462

- Meng, Y., Bai, J., Gou, R., Cui, X., Feng, J., Dai, Z., Diao, X., Zhu, X., & Lin, G. (2021). Relationships between above-and below-ground carbon stocks in mangrove forests facilitate better estimation of total mangrove blue carbon. *Carbon Balance Manage*, 16(8). <https://doi.org/10.1186/s13021-021-00172-9>
- Muhsoni, F. F., Sambah, A. B., Mahmudi, M., & Wiadnya, D. G. R. (2018). Comparison of different vegetation indices for assessing mangrove density using sentinel-2 imagery. *International Journal of GEOMATE*, 14(45), 42–51. <https://doi.org/10.21660/2018.45.7177>
- Muktiadji, N., & Kamage, R. (2009). PENGARUH PENJUALAN DAN PROFITABILITAS TERHADAP PERTUMBUHAN PERUSAHAAN Studi kasus pada PT. Gudang Garam, Tbk. dan PT. Bantoel Internasional Investama, Tbk. *JURNAL ILMIAH RANGGAGADING*, 9. https://www.researchgate.net/profile/Nusa-Muktiadji/publication/325893122_PENGARUH_PENJUALAN_DAN_PROFITABILITAS_TERHADAP_PERTUMBUHAN_PERUSAHAAN/links/5b2b00390f7e9b1d00a00545/PENGARUH-PENJUALAN-DAN-PROFITABILITAS-TERHADAP-PERTUMBUHAN-PERUSAHAAN.pdf
- Noor, Y. R., Khazali, M., & Suryadiputra, I. N. N. (2006). *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*.
- Nugroho, U. C., Susanto, Yudhatama, D., & Mukhoriyah. (2015). IDENTIFIKASI LAHAN TAMBANG TIMAH MENGGUNAKAN METODE KLASIFIKASI TERBIMBING MAXIMUM LIKELIHOOD PADA CITRA LANDSAT 8 (Identification of Tin Mining Area Using Maximum Likelihood Supervised Classification on Landsat 8 Image). *Majalah Globe*, 17(1), 9–15. www.bdpjn-catalog.lapan.go.id
- Nurhaliza, A. P., Damayanti, A., & Dimiyati, M. (2021). Monitoring Area and Health Changes of Mangrove Forest Using Multitemporal Landsat Imagery in Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 673(1), 012050. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/673/1/012050>
- Parmawati, R. (2019). Valuasi Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan

- Menuju Ekonomi Hijau. In *Isbn: 978-602-432-737-8*.
https://books.google.com/books/about/Valuasi_Ekonomi_Sumberdaya_Alam_Lingkung.html?hl=id&id=xJPPDwAAQBAJ
- Pattimahu, D. V., Litolily, L. I., & Mardiatmoko, G. (2020). Analysis of Vegetation and Mangrove Biomass to Tackle Climate Change in Eastern Indonesia. *Microbiol. Biotech. Env. Sc*, 22(3), 528–534.
- Polidoro, B. A., Carpenter, K. E., Collins, L., Duke, N. C., Ellison, A. M., Ellison, J. C., Farnsworth, E. J., Fernando, E. S., Kathiresan, K., Koedam, N. E., Livingstone, S. R., Miyagi, T., Moore, G. E., Nam, V. N., Ong, J. E., Primavera, J. H., Salmo, S. G., Sanciangco, J. C., Sukardjo, S., ... Yong, J. W. H. (2010). The Loss of Species: Mangrove Extinction Risk and Geographic Areas of Global Concern. *PLOS ONE*, 5(4), e10095. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0010095>
- PPID MenLHK. (2021). *Peta Mangrove Nasional Tahun 2021: Baseline Pengelolaan Rehabilitasi Mangrove Nasional*. Siaran Pers 13 Oktober 2021. https://www.menlhk.go.id/site/single_post/4476/peta-mangrove-nasional-tahun-2021-baseline-pengelolaan-rehabilitasi-mangrove-nasional
- Prasetya, J. D., Ambariyanto, Supriharyono, & Purwanti, F. (2017). Mangrove health index as part of sustainable management in Mangrove ecosystem at Karimunjawa national marine park Indonesia. *Advanced Science Letters*, 23(4), 3277–3282. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.9155>
- Prasetyo, C. G., Putra, I. D. N. N., & Putra, I. N. G. (2022). Korelasi indeks keanekaragaman dan kerapatan tegakan dengan simpanan karbon mangrove Estuari Perancak. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. <https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/3287463>
- Prinasti, N. K. D., Dharma, I. G. B. S., & Suteja, Y. (2020). Struktur Komunitas Vegetasi Mangrove Berdasarkan Karakteristik Substrat di Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(1), 90. <https://doi.org/10.24843/jmas.2020.v06.i01.p11>
- Putra Adinegoro, Z., M. Samosir, A., & Damar, A. (2022). Ekobiologi Ekosistem Mangrove dan Pengelolaannya: Studi Kasus Kawasan Konservasi Pulau Pramuka, Pulau Karya dan Pulau Panggang, Taman Nasional Kepulauan

- Seribu. *Journal of Tropical Fisheries Management*, 6(2), 75–86.
<https://doi.org/10.29244/jpft.v6i2.42908>
- Rafiq, M., Chairul, & Mukhtar, E. (2020). The Vegetation of Mangrove Forest in Mandeh Bay, West Sumatera- Indonesia. *The International Journal of Social Sciences World (TIJOSSW)*, 2(1), 95–102.
<https://www.growingscholar.org/journal/index.php/TIJOSSW/article/view/40/34>
- Rahim, S., & Baderan, D. W. K. (2017). Hutan Mangrove dan Pemanfaatannya. In *Deepublish Publisher*.
https://www.google.co.id/books/edition/Hutan_Mangrove_Dan_Pemanfaatannya/TUI9DwAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=buku+pertumbuhan+mangrove&printsec=frontcover
- Rahim, S., & Baderan, D. W. K. (2019). Komposisi Jenis, Struktur Komunitas, dan Keanekaragaman Mangrove Asosiasi Langge Kabupaten Gorontalo Utara- Provinsi Gorontalo. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 181.
<https://doi.org/10.14710/jil.17.1.181-188>
- Rahman, Wardiatno, Y., Yulianda, F., Rusmana, I., & Bengen, D. G. (2020). *Metode dan Analisis Studi Ekosistem Mangrove*.
https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=uGU0EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=ekosistem+mangrove+tempat+bermuaranya+nutrien+dari+aliran+sungai&ots=PW51X9uWaY&sig=biv6BP5qXdvdK0q7RtwjeSMuFKE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Razali, S. M., Nuruddin, A. A., & Lion, M. (2019). Mangrove vegetation health assessment based on remote sensing indices for Tanjung Piai, Malay peninsular. *Journal of Landscape Ecology(Czech Republic)*, 12(2), 26–40.
<https://doi.org/10.2478/JLECOL-2019-0008>
- Rofi'i, I., Poedjirahajoe, E., & Marsono, D. (2022). Keanekaragaman dan Pola Sebaran Jenis Mangrove di SPTN Wilayah I Bekol, Taman Nasional Baluran. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 14(3), 210–222. <https://doi.org/10.21107/jk.v14i3.9293>
- Sari, D. M., & Saidah. (2021). Dampak Degradasi Hutan Mangrove Terhadap Kehidupan Nelayan Di Desa Secanggang Kabupaten Langkat , Sumatera

- Utara. *Pros. SemNas. Peningkatan Mutu Pendidikan*, 2(1), 54–59.
<http://publikasi.fkip-unsam.org/index.php/semnas2019/article/view/164/162>
- Shafira, A., Kristiani, F., & Yong, B. (2023). Penerapan Metode Klasifikasi Perangkat Lunak ArcMap pada Pemetaan Penyebaran Penyakit Dengue di Bandung. *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, 20(1), 39.
<https://doi.org/10.12962/limits.v20i1.9226>
- Siegers, W. H. (2015). Analisis Produktivitas Serasah Mangrove di Perairan Desa Hanura Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pasawaran Lampung. *The Journal of Dermatology*, 2(3), 45–60.
- Srikanth, S., Lum, S. K. Y., & Chen, Z. (2016). Mangrove root: adaptations and ecological importance. In *Trees - Structure and Function* (Vol. 30, Issue 2, pp. 451–465). Springer. <https://doi.org/10.1007/s00468-015-1233-0>
- Supuwingsih, N. N., Januhari, N. N. U., Suniantara, I. K. P., & Hanief, S. (2022). *Integrasi Data Spasial Dan Data Non Spasial Sistem Informasi Geografis*. https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=gVliEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=%22Data+non+spasial+adalah%22&ots=f-9QAssWP1&sig=U6PWqwRjN2InX5yNb1bD4Gv-pvU&redir_esc=y#v=onepage&q=%22Data non spasial adalah%22&f=true
- Suranto, Y. (2011). Ilmu Tegangan Pertumbuhan Dan Penerasan Pohon Sebagai Satu Wujud Teknologi Kayu Berbasis Kearifan Lokal Budaya Jawa. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya*, 5(1), 41–47.
<https://doi.org/10.33374/jurnalkonservasicagarbudaya.v5i1.88>
- Suriyanti, S., Sakka, N. A., & Syahnur, M. H. (2022). Determinasi Nilai Perusahaan oleh Profitabilitas dan Leverage (Pada Sektor Perusahaan Telekomunikasi di Bursa Efek Indonesia Periode 2015-2019). *Jurnal Manajemen Dan Bisnis Indonesia*, 8(2), 251–263.
<http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JMBI/article/view/8526/4291>
- Taqwa, A., Supriharyono, S., & Ruswahyuni, R. (2017). Primary productivity analysis of phytoplankton and community structure of macrobenthos based on mangrove density in conservation area of Tarakan City, East Kalimantan. *Bonorowo Wetlands*, 3(1), 30–40.
<https://doi.org/10.13057/bonorowo/w030103>

- Tosiani, A. (2020). *Akurasi Data Penutupan Lahan Nasional Tahun 1990-2016*.
<https://sigap.menlhk.go.id/sigap-trial/files/download/akurasi-data-penutupan-lahan-nasional-tahun-1990-2016.pdf>
- Trialfhianty, T. I., Muharram, F. W., Suadi, Quinn, C. H., & Beger, M. (2022). Spatial multi-criteria analysis to capture socio-economic factors in mangrove conservation. *Marine Policy*, *141*, 105094.
<https://doi.org/10.1016/J.MARPOL.2022.105094>
- Ulya, S. F., Sukestiyarno, Y., & Hendikawati, P. (2018). Analisis Prediksi Quick Count Dengan Metode Stratified Random Sampling Dan Estimasi Confidence Interval Menggunakan Metode Maksimum Likelihood. *Unnes Journal of Mathematics*, *7*(1), 109. <https://doi.org/10.15294/UJM.V7I1.27385>
- USGS. (2019). Landsat 8 Data Users Handbook. *Nasa*, *8*(November), 114.
<https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>
- USGS. (2022). Landsat 9 Data Users Handbook. In https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/media/files/LSDS-2082_L9-Data-Users-Handbook_v1.pdf (Issue 1, p. 107).
- Wang, M., Cao, W., Jiang, C., Yan, Y., & Guan, Q. (2018). Potential ecosystem service values of mangrove forests in southeastern China using high-resolution satellite data. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *209*, 30–40.
<https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2018.05.023>
- Wicaksono, P., Danoedoro, P., Hartono, H., Nehren, U., & Ribbe, L. (2011). Preliminary Work of Mangrove Ecosystem Carbon Stock Mapping in Small Island Using Remote Sensing: Above and Below Ground Carbon Stock Mapping on Medium Resolution Satellite Image. *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XIII*, *8174*, 81741B.
<https://doi.org/10.1117/12.897926>