



SKRIPSI - GD4848

**ANALISIS PERUBAHAN INDEKS KERAPATAN
VEGETASI MANGROVE MENGGUNAKAN ALGORITMA
NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)
DI PANTAI TIMUR SURABAYA BERBASIS
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)**

MUHAMMAD I'ZZUDDIIN
201911430007

DOSEN PEMBIMBING UTAMA
ALDEA NOOR ALINA, S.T., M.T.
0730109203

DOSEN PEMBIMBING PENDAMPING
MELISA AMALIA MAHARDIANTI, S.T., M.T.
070809910

PROGRAM STUDI TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DR. SOETOMO
SURABAYA
2024



SKRIPSI - GD4848

**ANALISIS PERUBAHAN INDEKS KERAPATAN
VEGETASI MANGROVE MENGGUNAKAN ALGORITMA
NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)
DI PANTAI TIMUR SURABAYA BERBASIS
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)**

MUHAMMAD I'ZZUDDIIN
201911430007

DOSEN PEMBIMBING UTAMA
ALDEA NOOR ALINA, ST., MT.
0730109203

DOSEN PEMBIMBING PENDAMPING
MELISA AMALIA MAHARDIANTI, ST., MT.
0708099102

PROGRAM STUDI TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DR. SOETOMO
SURABAYA
2024



SKRIPSI - GD4848

**ANALYSIS OF CHANGES IN MANGROVE VEGETATION
DENSITY INDEX USING THE *NORMALIZED DIFFERENCE
VEGETATION INDEX* (NDVI) ALGORITHM ON THE EAST
COAST OF SURABAYA BASED ON *GEOGRAPHIC
INFORMATION SYSTEM* (GIS)**

**MUHAMMAD I'ZZUDDIIN
201911430007**

**ADVISOR
ALDEA NOOR ALINA, ST., MT.
0730109203**

**CO ADVISOR
MELISA AMALIA MAHARDIANTI, ST., MT.
0708099102**

**GEOMATICS ENGINEERING PROGRAM STUDY
FACULTY OF ENGINEERING
DR. SOETOMO UNIVERSITY
SURABAYA
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERUBAHAN INDEKS KERAPATAN VEGETASI MANGROVE MENGUNAKAN ALGORITMA *NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX* (NDVI) DI PANTAI TIMUR SURABAYA BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika Fakultas Teknik
Universitas Dr. Soetomo

Oleh: **MUHAMMAD I'ZZUDDIIN**
NIM. 201911430007

Disetujui oleh Tim Pembimbing dan Penguji Skripsi:

- | | | |
|----|---------------------------------------|-----------------------|
| 1. | Aldea Noor Alina, S.T., M.T. | Pembimbing Utama |
| 2. | Melisa Amalia Mahardianti, S.T., M.T. | Pembimbing Pendamping |
| 3. | Fahrul Yahya, S.T., M.T. | Penguji |
| 4. | Septa Erik Prabawa, S.Si., MT. | Penguji |

SURABAYA

Agustus, 2024

**ANALISIS PERUBAHAN INDEKS KERAPATAN VEGETASI MANGROVE
MENGUNAKAN ALGORITMA *NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION
INDEX* (NDVI) DI PANTAI TIMUR SURABAYA BERBASIS
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)**

Nama Mahasiswa / NIM : **Muhammad I'zzuddiin / 201911430007**
Program Studi : **Teknik Geomatika FT – UNITOMO**
Dosen Pembimbing Utama : **Aldea Noor Alina, S.T., M.T.**
Dosen Pembimbing Pendamping : **Melisa Amalia Mahardianti, S.T., M.T.**

ABSTRAK

Kawasan Pantai Timur Surabaya adalah area yang terletak di sisi timur Kota Surabaya, Mangrove di kawasan ini memegang peran ekologis vital, termasuk menahan abrasi, menyediakan habitat bagi biota laut, dan melindungi pantai dari kerusakan. Dengan statusnya sebagai Kawasan Lindung Mangrove (KLM) yang ditetapkan oleh Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 8 Tahun 2018, penting untuk secara berkala memantau dan menganalisis perubahan ekosistem ini. Penelitian ini memeriksa perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) di Pantai Timur Surabaya dari tahun 2019 hingga 2023, menggunakan citra satelit *Landsat 8 Collection 2 Level 2* dan algoritma NDVI. Teknologi penginderaan jauh dipilih karena kemampuannya memberikan data spasial akurat tentang kondisi vegetasi, yang sangat penting untuk pengelolaan mangrove yang berkelanjutan. Selama periode studi, terjadi fluktuasi NDVI, dengan nilai puncak 0,314 pada tahun 2021 dan nilai terendah 0,297 pada tahun 2023. Validasi data dilakukan dengan membandingkan peta tutupan lahan dan NDVI yang diverifikasi di lapangan pada 21 titik sampel. Hasil validasi menunjukkan akurasi data sebesar 80,1% pada tahun 2019, meningkat menjadi 94,5% pada tahun 2020, dan menurun sedikit menjadi 89,7% pada tahun 2021. Uji akurasi *Cohen's Kappa* mencapai nilai sempurna 1, menunjukkan kesesuaian total antara peta NDVI dan tutupan lahan dengan verifikasi lapangan. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa, selama periode 2019 hingga 2023, total degradasi area mangrove terjadi di area seluas 166,56 hektar yang sebelumnya ditumbuhi mangrove jarang menjadi tidak bervegetasi. Selain itu, mangrove dengan kerapatan tinggi mengalami degradasi menjadi mangrove sedang di area seluas 275,01 hektar; menjadi jarang di 64,23 hektar; dan menjadi tidak bervegetasi di 29,80 hektar; dengan total luas area penelitian 5032 hektar. Temuan ini menekankan pentingnya pengelolaan dan konservasi yang berkelanjutan untuk melestarikan ekosistem mangrove di Pantai Timur Surabaya.

Kata kunci: Landsat 8, Mangrove, NDVI, Penginderaan Jauh, Pantai Timur Surabaya

**ANALYSIS OF CHANGES IN MANGROVE VEGETATION DENSITY INDEX
USING THE NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)
ALGORITHM ON THE EAST COAST OF SURABAYA BASED ON
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)**

Student Name / NIM	: Muhammad I'zzuddiin / 201911430007
Study Program	: Geomatics Engineering
Advisor	: Aldea Noor Alina, S.T., M.T.
Co Advisor	: Melisa Amalia Mahardianti, S.T., M.T.

ABSTRACT

The East Surabaya Coast area is located on the eastern side of Surabaya City. Mangroves in this area play a vital ecological role, including preventing erosion, providing habitat for marine life, and protecting the coast from damage. Given its status as a Protected Mangrove Area (KLM) designated by the Surabaya City Regional Regulation No. 8 of 2018, it is important to regularly monitor and analyze changes in this ecosystem. This research examines the changes in the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in the East Surabaya Coast from 2019 to 2023, using Landsat 8 Collection 2 Level 2 satellite imagery and NDVI algorithms. Remote sensing technology was chosen for its ability to provide accurate spatial data on vegetation conditions, which is crucial for sustainable mangrove management. During the study period, NDVI fluctuations occurred, with the peak value of 0.314 in 2021 and the lowest value of 0.297 in 2023. Data validation was conducted by comparing the land cover map and NDVI, verified in the field at 21 sample points. Validation results show an accuracy of 80.1% in 2019, increasing to 94.5% in 2020, and slightly decreasing to 89.7% in 2021. The Cohen's Kappa accuracy test reached a perfect value of 1, indicating total consistency between the NDVI map and land cover with field verification. Further analysis shows that, during the 2019 to 2023 period, total mangrove area degradation occurred over 166.56 hectares, transitioning from sparsely vegetated to unvegetated areas. Additionally, mangroves with high density degraded to medium density over an area of 275.01 hectares, to sparse in 64.23 hectares, and to unvegetated in 29.80 hectares, with a total study area of 5032 hectares. These findings emphasize the importance of sustainable management and conservation to preserve the mangrove ecosystem in East Surabaya Coast.

Keywords: *East Surabaya Coast, Landsat 8, Mangrove, NDVI , Remote Sensing*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat dalam meraih gelar Sarjana Teknik dari Program Studi Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini, akan sangat sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Septa Erik Prabawa, S.Si., M.T. Selaku Ketua Prodi Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo
2. Aldea Noor Alina, ST., MT dan Melisa Amalia Mahardianti, S.T, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Proposal Skripsi ini
3. Fahrul Yahya, ST., M.T. Selaku dosen pengampu Mata Kuliah Sistem Informasi Geografis, Prodi Teknik Geomatika.
4. Bapak dan Ibu dosen Teknik Geomatika yang telah membimbing selama masa perkuliahan.
5. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
6. Sahabat penulis yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Surabaya, 07 Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Pantai Timur Surabaya	3
2.2 Mangrove.....	4
2.3 Penginderaan Jauh	5
2.4 Citra Satelit Landsat 8	7
2.5 Indeks Kerapatan Vegetasi	9
2.6 Algoritma NDVI.....	9
2.7 Metode Klasifikasi Citra Satelit	10
2.8 Sistem Informasi Geografis	11
BAB III METODOLOGI	12
3.1 Alat dan Bahan	12
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	13
3.3 Diagram Pemrosesan Data.....	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Kondisi Lahan Pantai Timur Surabaya.....	16
4.2 Indeks Kerapatan Vegetasi Pantai Timur Surabaya	21
4.3 Tutupan Lahan Pantai Timur Surabaya	27
4.4 Validasi Data	30
4.5 Analisis Temporal.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.5 Kesimpulan.....	51
5.6 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
BIODATA PENULIS	55
LAMPIRAN	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lokasi Pantai Timur Surabaya.	3
Gambar 2.2 Hutan Mangrove.	5
Gambar 2.3 Sketsa Penginderaan Jauh Melalui Citra Satelit.	6
Gambar 2.4 Representasi Warna RGB Pada Citra Digital.	6
Gambar 2.5 Kombinasi Band Citra Landsat 8.	7
Gambar 2.6 Metode Klasifikasi Kerapatan Vegetasi Pada Algoritma NDVI.	9
Gambar 2.7 <i>Digital Number</i> Dari Sebuah Citra Satelit.	10
Gambar 2.8 Komponen pokok Sistem Informasi Geografis.	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.	13
Gambar 3.2 Diagram Alir Pemrosesan Data.	15
Gambar 4.1 Peta Wilayah Mangrove Pantai Timur Surabaya.	16
Gambar 4.2 Kondisi Lahan Tahun 2019.	17
Gambar 4.3 Kondisi Lahan Tahun 2020.	17
Gambar 4.4 Kondisi Lahan Tahun 2021.	18
Gambar 4.5 Kondisi Lahan Tahun 2022.	18
Gambar 4.6 Kondisi Lahan Tahun 2023.	18
Gambar 4.7 Kondisi Pantai Timur Surabaya Tahun 2019 – 2023.	20
Gambar 4.8 Peta NDVI Tahun (a) 2019 (b) 2020 (c) 2021 (d) 2022 (e) 2023.	22
Gambar 4.9 Rata – Rata Nilai NDVI Pantai Timur Surabaya Tahun 2019 – 2023.	22
Gambar 4.10 NDVI Tahun 2019.	23
Gambar 4.11 NDVI Tahun 2020.	23
Gambar 4.13 NDVI Tahun 2022.	24
Gambar 4.12 NDVI Tahun 2021.	23
Gambar 4.14 NDVI Tahun 2023.	24
Gambar 4.15 Grafik Hasil Klasifikasi NDVI di Pantai Timur Surabaya.	25
Gambar 4.16 Tutupan Lahan Tahun 2019.	27
Gambar 4.17 Tutupan Lahan Tahun 2021.	27
Gambar 4.18 Tutupan Lahan Tahun 2023.	27
Gambar 4.19 Pola Tutupan Lahan Tahun 2019 - 2023.	29
Gambar 4.20 Sampel <i>Ground Truth</i> Nomor 1 – 3.	32
Gambar 4.21 Sampel <i>Ground Truth</i> Nomor 4 – 6.	33
Gambar 4.22 Sampel <i>Ground Truth</i> Nomor 7 – 9.	34
Gambar 4.23 Sampel <i>Ground Truth</i> Nomor 10 – 12.	35
Gambar 4.24 Sampel <i>Ground Truth</i> Nomor 11 – 15.	36
Gambar 4.25 Sampel <i>Ground Truth</i> Nomor 16 – 18.	37
Gambar 4.26 Sampel <i>Ground Truth</i> Nomor 19 – 21.	38
Gambar 4.27 Grafik Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2019 – 2020.	41
Gambar 4.28 Grafik Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2020 – 2021.	42
Gambar 4.29 Grafik Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2021 – 2022.	43
Gambar 4.30 Grafik Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2022 – 2023.	44
Gambar 4.31 Grafik Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2019 – 2023.	45
Gambar 4.32 Pola NDVI 2019 – 2020.	46
Gambar 4.33 Pola NDVI 2020 – 2021.	46
Gambar 4.34 Pola NDVI 2021 – 2022.	46
Gambar 4.35 Pola NDVI 2022 – 2023.	46
Gambar 4.36 Pola NDVI 2019 – 2023.	47

Gambar 4.37 Rata-Rata Suhu Permukaan Tanah 2019 – 2023.....	48
Gambar 4.38 Sebaran NO ₂ Tahun 2019 – 2021.....	49
Gambar 4.39 Sebaran NO ₂ Tahun 2021 – 2023.....	49
Gambar 4.40 Peta LST Tahun 2019.....	50
Gambar 4.41 Peta LST Tahun 2021.....	50
Gambar 4.42 Peta LST Tahun 2023.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Macam Kombinasi Band Citra Satelit.....	7
Tabel 2.2 Informasi Orbit Satelit Landsat 8.	8
Tabel 2.3 Spesifikasi Band Spektral Landsat 8.	8
Tabel 3.1 Pengumpulan Data.	12
Tabel 4.1 Kelurahan di Wilayah Pantai Timur Surabaya.....	17
Tabel 4.2 Lokasi Data Sampel Analisis Visual.	19
Tabel 4.3 Klasifikasi Nilai NDVI.....	21
Tabel 4.4 Hasil Klasifikasi NDVI di Pantai Timur Surabaya.	24
Tabel 4.5 Hasil Klasifikasi NDVI di Kelurahan Pantai Timur Surabaya.	26
Tabel 4.6 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan di Pantai Timur Surabaya.....	28
Tabel 4.7 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan di Kelurahan Pantai Timur Surabaya.	28
Tabel 4.8 Transisi Tutupan Lahan di Pantai Timur Surabaya Tahun 2019 - 2023.	29
Tabel 4.9 Hasil Validasi Peta NDVI dan Tutupan Lahan.	30
Tabel 4.10 Titik Sampel <i>Ground Truth</i>	31
Tabel 4.11 Interpretasi Nilai Koefisien <i>Cohen's Kappa</i>	39
Tabel 4.12 Tabel Kontigensi Data Tutupan Lahan Terhadap <i>Ground Truth</i>	39
Tabel 4.13 Klasifikasi Pola Penyebaran Mangrove Peta NDVI.	40
Tabel 4.14 Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2019 – 2020.....	41
Tabel 4.15 Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2020 – 2021.....	42
Tabel 4.16 Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2021 – 2022.....	43
Tabel 4.17 Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2022 – 2023.....	44
Tabel 4.18 Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2019 – 2023.....	45
Tabel 4.19 Rata – Rata Suhu Permukaan Tanah di Pantai Timur Surabaya.	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta NDVI 2019.	56
Lampiran 2. Peta NDVI 2020.	57
Lampiran 3. Peta NDVI 2021.	58
Lampiran 4. Peta NDVI 2022.	59
Lampiran 5. Peta NDVI 2023.	60
Lampiran 6. Peta NDVI Terklasifikasi 2019.....	61
Lampiran 7. Peta NDVI Terklasifikasi 2020.....	62
Lampiran 8. Peta NDVI Terklasifikasi 2021.....	63
Lampiran 9. Peta NDVI Terklasifikasi 2022.....	64
Lampiran 10. Peta NDVI Terklasifikasi 2023.....	65
Lampiran 11. Peta Pola NDVI 2019 – 2020.	66
Lampiran 12. Peta Pola NDVI 2020 – 2021.	67
Lampiran 13. Peta Pola NDVI 2021 – 2022.	68
Lampiran 14. Peta Pola NDVI 2022 – 2023.	69
Lampiran 15. Peta Pola NDVI 2019 – 2023.	70
Lampiran 16. Peta Sebaran NO ₂ 2019 – 2021.....	71
Lampiran 17. Peta Sebaran NO ₂ 2021 – 2023.....	72
Lampiran 18. Peta LST Tahun 2019.	73
Lampiran 19. Peta LST Tahun 2021.	74
Lampiran 20. Peta LST Tahun 2023.	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kawasan Pantai Timur Surabaya merupakan salah satu kawasan yang mendapat perhatian khusus terkait dengan berkurangnya hutan mangrove di Surabaya. Kawasan ini memegang peran penting sebagai dampak dari pembangunan Kota Surabaya ke bagian timur, bertujuan untuk mengurangi atau menyebarkan konsentrasi kegiatan dari Pusat Kota Surabaya. Pengembangan Kawasan Surabaya Timur berpengaruh terhadap kawasan konservasi alam, yang diarahkan sebagai perlindungan pantai dari kerusakan dan sebagai ruang terbuka hijau dengan cara melestarikan hutan mangrove (Priscillia Harly O. P. dkk, 2013).

Menurut Riwayati (2014), hutan mangrove memiliki fungsi ekologis sebagai penyedia makanan bagi biota laut, penahan abrasi pantai, gelombang pasang, dan tsunami, serta sebagai penyerap limbah dan pencegah intrusi air laut. Hutan mangrove juga berfungsi menyediakan kebutuhan pangan penduduk di sekitarnya. Menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 8 Tahun 2018, ekosistem mangrove di Pantai Timur Surabaya (Pamurbaya) telah ditetapkan sebagai kawasan lindung mangrove (KLM). Menurut Badan Perencanaan Pembangunan Kota (Bappeko) Kota Surabaya Tahun 2016, persentase area Pamurbaya adalah 7,48%, yaitu 2.504 hektar dari luas kota Surabaya yang mencapai 33.451 hektar.

Mengingat pentingnya mangrove, pengelolaan yang tepat diperlukan untuk pemanfaatan yang berkelanjutan. Untuk mendukung pengelolaan mangrove, diperlukan data spasial dan informasi deskriptif kawasan mangrove. Menurut Susilo (2000), penginderaan jauh dapat dimanfaatkan dalam pemantauan vegetasi mangrove berdasarkan dua sifat penting: kandungan klorofil dan pertumbuhan mangrove di pesisir. Sifat optik klorofil sangat khas, dimana klorofil menyerap spektrum sinar merah dan memantulkan spektrum hijau dengan kuat

Salah satu data penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk memantau mangrove adalah penggunaan citra satelit Landsat 8. Dalam penelitian ini, citra Landsat digunakan untuk menginventarisasi kawasan mangrove di Pantai Timur Surabaya dengan menggunakan algoritma NDVI, yang membutuhkan citra Landsat 8 band 4 (*red*) dan band 5 (*near-infrared*). Algoritma NDVI mempunyai rumus khusus berdasarkan data dari satelit tersebut.

Citra satelit yang digunakan dalam skripsi ini adalah citra satelit *Landsat 8 Collection 2 Level 2 Science Product* dari USGS. Citra ini, yang merupakan peningkatan dari *Collection 2 Level 1*, memanfaatkan algoritma LaSRC (*Land Surface Reflectance Code*) untuk melakukan koreksi radiometrik dan atmosferik. Koreksi ini penting untuk menghilangkan pengaruh atmosfer dan memastikan konsistensi data reflektansi antar citra, yang mendukung analisis seperti perhitungan indeks vegetasi NDVI.

Citra diambil antara Juni dan September untuk meminimalkan tutupan awan dan memaksimalkan kejelasan citra. Pengamatan mangrove dengan citra satelit mencakup perubahan luas dan kerapatan ekosistem mangrove, karena ini adalah salah satu aspek vegetasi yang paling mudah diidentifikasi melalui penginderaan jauh. Dari citra tersebut, akan dibuat dua peta, yaitu peta NDVI dan peta tutupan lahan. Kemudian, akurasi data antara kedua peta tersebut akan diverifikasi. *Ground Truth* akan dilakukan untuk memastikan akurasi data secara langsung dan faktual. Uji akurasi kappa dilakukan pada 21 titik sampel *Ground Truth*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kerapatan mangrove, perubahan luas dan pola sebaran mangrove, dan pola perubahan tutupan lahan mangrove di Pantai Timur Surabaya. Oleh karena itu, diusulkan sebuah penelitian tentang Analisis Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Mangrove menggunakan Algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) di Pantai Timur Surabaya Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana algoritma *Normalized Differenced Vegetation Index* (NDVI) dapat mengetahui kepadatan dan luas hutan mangrove di Pantai Timur Surabaya pada tahun 2019 - 2023?
2. Berapa perubahan luas hutan mangrove di Pantai Timur Surabaya dalam rentang waktu tahun 2019 - 2023?
3. Bagaimana pola perubahan tutupan lahan di Pantai Timur Surabaya dalam rentang waktu tahun 2019 - 2023?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui kepadatan vegetasi mangrove menggunakan algoritma *Normalized Differenced Vegetation Index* (NDVI) di mangrove Pantai Timur Surabaya pada tahun 2019 - 2023.
2. Mengetahui luas dan perubahan luas hutan mangrove di Pantai Timur Surabaya pada rentang waktu tahun 2019 - 2023.
3. Menganalisis dan memahami pola perubahan tutupan lahan di Pantai Timur Surabaya dalam rentang waktu tahun 2019 - 2023.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi serta distribusi wilayah hutan mangrove per kelurahan di Pantai Timur Surabaya tahun 2019 - 2023.
2. Diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kepadatan dan luas ekosistem mangrove didasarkan pada pengolahan citra, sehingga dapat dijadikan sebagai bahan referensi penelitian yang terkait dengan bidang pemetaan, konservasi dan pengembangan ekosistem mangrove di Pantai Timur Surabaya.
3. Dapat memberikan rekomendasi kepada pemerintah Kota Surabaya untuk kebijakan terkait pengembangan wilayah Surabaya Timur, khususnya daerah Pantai Timur Surabaya berdasarkan dengan peta perubahan luas lahan mangrove dan pola sebaran mangrove tahun 2019 - 2023 yang dihasilkan oleh penelitian ini.

1.5 Batasan Masalah

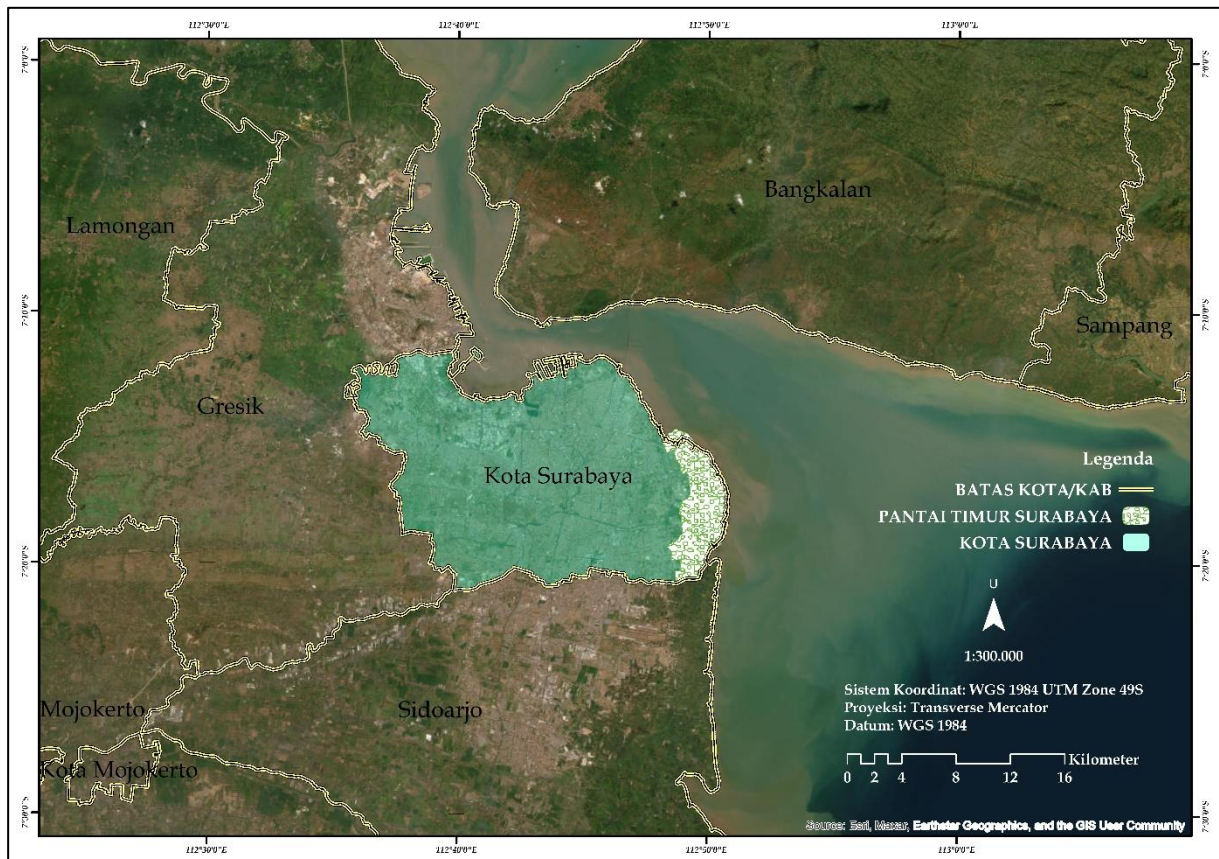
Adapun batasan-batasan masalah pada penelitian ini antara lain yaitu:

1. Studi kasus di Pantai Timur Surabaya dilakukan berdasarkan lokasi kawasan konservasi mangrove yang ditetapkan dalam peta RTRWK Kota Surabaya.
2. Data citra satelit yang digunakan adalah pada rentang tahun 2019 - 2023.
3. Analisis kepadatan mangrove menggunakan algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan klasifikasi citra tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi terbimbing.
4. Citra satelit yang digunakan adalah *Landsat 8 Collection 2 Level - 2 Science Products* yang sudah terkoreksi atmosferik dan radiometrik dengan algoritma *Land Surface Reflectance Code (LaSRC)*.
5. Sistem Koordinat yang dipakai di penelitian ini adalah *Geographic Coordinate System (GCS)* menggunakan *Datum Horizontal WGS 1984*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pantai Timur Surabaya

Wilayah pesisir Kota Surabaya secara umum dapat dikelompokkan menjadi kawasan pesisir Utara dan Timur. Wilayah pesisir memiliki ekosistem yang dinamis dan mempunyai kekayaan habitat yang beragam di darat maupun di laut yang saling berinteraksi. Dinamika wilayah pesisir tergantung dari jenis pantai dan proses yang menyertainya. Selain itu, secara alami di wilayah pesisir sangat dipengaruhi oleh keberadaan ekosistem penyangga berupa terumbu karang dan mangrove (Kusumaningrum, 2013).



Gambar 2.1 Lokasi Pantai Timur Surabaya.
(Sumber: *ESRI BaseMap World Imagery*)

Menurut Ecoton (1998) dalam Kusumaningrum (2013), secara fisik, ekosistem mangrove menjaga garis pantai agar tetap stabil, melindungi pantai dan tebing sungai, mencegah intrusi air garam ke darat, berfungsi sebagai perangkap zat pencemar dan limbah, serta sebagai kawasan penahan air. Menurut Badan Perencanaan Pembangunan Kota (Bappeko) Kota Surabaya tahun 2016, persentase area Pantai Timur Surabaya (Pamurbaya) adalah 7,48%, yaitu 2.504 hektar dari luas kota Surabaya yang mencapai 33.451 hektar. Salah satu wilayah mangrove di Indonesia yang terindikasi mengalami kerusakan adalah di Kota Surabaya, tepatnya di area Pantai Timur Surabaya. Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 8 Tahun 2018, Pantai Timur Surabaya (Pamurbaya), yang terletak di daerah pesisir Kota Surabaya, telah ditetapkan sebagai kawasan lindung mangrove (Syamsu, 2018).

Menurut Prasita (2019), dalam mengatasi masalah pemanasan global, peran Kawasan Lindung Mangrove (KLM) di Pantai Timur Surabaya (Pamurbaya) sangat penting karena daerah tersebut merupakan satu-satunya ekosistem mangrove yang luas dan tersisa di Surabaya. Terlebih lagi, kawasan ini, sebagai habitat bagi banyak spesies bakau, ikan, dan beragam hewan dan Kawasan Lindung Mangrove memberikan perlindungan pada skala lokal di wilayah sekitar atau skala kota dan berfungsi sebagai daerah resapan air, pencegahan banjir, erosi, dan untuk melindungi ekosistem di daerah tersebut. Menurut Prasita (2019), dalam mengatasi masalah pemanasan global, peran Kawasan Lindung Mangrove (KLM) di Pantai Timur Surabaya (Pamurbaya) sangat penting karena daerah tersebut merupakan satu-satunya ekosistem mangrove yang luas dan tersisa di Surabaya. Terlebih lagi, kawasan ini, sebagai habitat bagi banyak spesies bakau, ikan, dan beragam hewan lainnya, menyediakan perlindungan pada skala lokal di wilayah sekitar atau skala kota. Kawasan Lindung Mangrove berfungsi sebagai daerah resapan air, mencegah banjir dan erosi, serta melindungi ekosistem di daerah tersebut.

2.2 Mangrove

Menurut Pramudji (2001), hutan mangrove adalah sekelompok tumbuhan yang terdiri atas berbagai macam jenis tumbuhan dari famili yang berbeda, namun memiliki persamaan daya adaptasi morfologi dan fisiologi yang sama terhadap habitat yang dipengaruhi oleh pasang surut. Menurut Basuki (2019), mangrove merupakan sekumpulan vegetasi yang hidup di daerah pesisir di wilayah tropis yang dapat melindungi ekosistem di daratan maupun lautan dari erosi dan angin kencang. Hutan mangrove adalah salah satu jenis hutan yang banyak ditemukan pada kawasan muara dengan struktur tanah rawa dan/atau padat. Mangrove tersebut juga mendapatkan cahaya matahari yang cukup agar dapat tumbuh dan berkembang

Menurut Indriyanto (2006) dalam Matatula (2019), hutan mangrove termasuk tipe ekosistem yang tidak terpengaruh oleh iklim, tetapi faktor edafik sangat dominan dalam pembentukan ekosistem ini, faktor edafik Menurut Mawarti (2012) dalam Mus'af (2019), adalah faktor yang bergantung pada keadaan tanah, kandungan air dan udara di dalamnya, iklim tidak berpengaruh pada hutan mangrove akan tetapi kandungan mineral pada tanah, kondisi udara dan dan tingkat salinitas air sangat berpengaruh pada hutan mangrove, hal ini dapat dilihat pada wilayah dengan iklim yang sama dan mempunyai karakteristik variasi faktor edafik yang tinggi seringkali menjadi penyebab terjadinya perbedaan tingkat vegetasi.

Hutan mangrove menjadi sumber yang sangat penting untuk menjaga ekosistem perairan antara laut, pantai dan darat. Menurut Ana, dkk (2015), hutan mangrove menjadi salah satu solusi yang sangat penting untuk mengatasi berbagai jenis masalah lingkungan terutama untuk mengatasi kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh rusaknya habitat untuk hewan. Kerusakan ini tidak hanya berdampak untuk hewan tapi juga untuk manusia, mangrove telah menjadi pelindung lingkungan yang sangat besar. Komponen penyusun ekosistem tersebut saling berinteraksi membentuk suatu kesatuan yang utuh dan tidak dapat berdiri sendiri.

Poedjirahajoe (2011) menyatakan bahwa, faktor habitat sangat berpengaruh terhadap komposisi penyusun ekosistem mangrove bahkan perubahan kualitas habitat secara kompleks dapat mengakibatkan pergeseran jenis vegetasi penyusunnya. Jenis vegetasi yang mampu beradaptasi pada kondisi habitat yang mengalami perubahan dikhawatirkan dapat mendominasi kawasan tersebut sehingga menyebabkan terjadinya penurunan keanekaragaman jenis.

Akhrianti (2020) dalam Sapitri (2022), menyatakan kondisi mangrove semakin lama semakin mengalami perubahan serta penurunan, kondisi tersebut bisa terjadi karena disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain yaitu faktor alam dan faktor antropogenik atau manusia faktor alam yaitu perubahan iklim, perubahan iklim dapat mengakibatkan adanya perubahan muka air baik secara langsung maupun tidak langsung, sedangkan untuk faktor antropogenik atau manusia menjadi faktor paling dominan yang menyebabkan kerusakan mangrove.



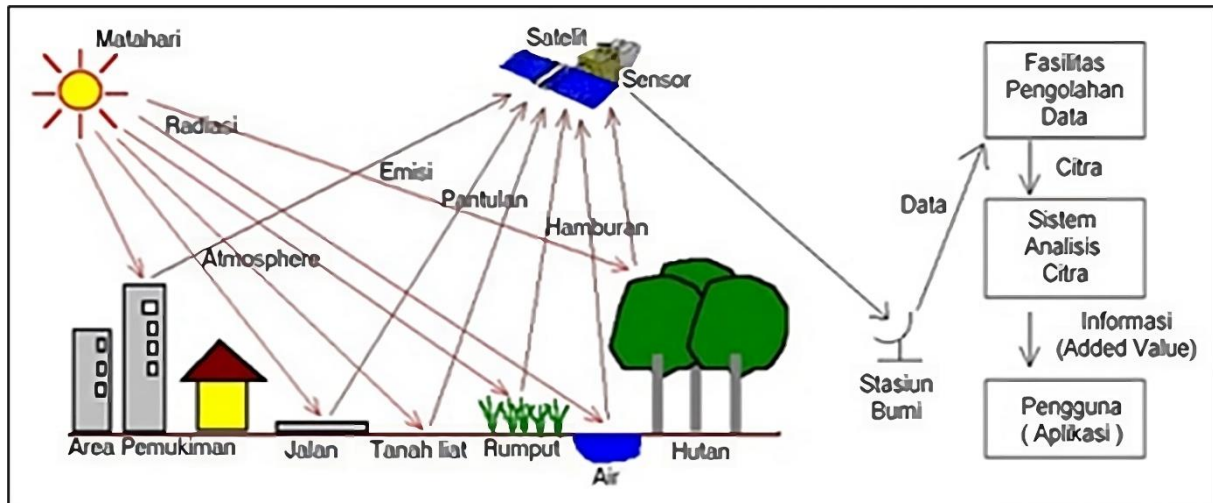
Gambar 2.2 Hutan Mangrove.
(Sumber : Asadi, dkk. 2019)

2.3 Penginderaan Jauh

Kata Penginderaan jauh berasal dari dua kata dasar yakni indera yang artinya melihat dan jauh yang artinya dari kejauhan, penginderaan jauh merupakan suatu teknik untuk melihat objek pada jarak jauh. Menurut Jensen (2007) dalam Hadi (2019), penginderaan jauh adalah perekaman informasi tanpa kontak dari sinar ultraviolet, tampak, inframerah dan gelombang *mikro spektrum* elektromagnetik melalui instrumen seperti kamera, pemindai, laser yang terletak di platform seperti pesawat terbang atau pesawat ruang angkasa, dan analisis informasi yang diperoleh melalui visual dan pengolahan citra digital, untuk mendeteksi suatu pola dalam penggunaan lahan di permukaan bumi dapat memanfaatkan teknologi penginderaan jauh serta dengan menggunakan citra satelit.

Citra merupakan gambaran yang terekam oleh kamera atau sensor lainnya dan dipasang pada wahana satelit ruang angkasa dengan ketinggian lebih dari 400 km dari permukaan bumi. Citra satelit sebagaimana peta, penuh dengan berbagai informasi, citra dapat menunjukkan kepada khalayak berapa banyak kota telah berubah, bagaimana lahan pertanian dan perkebunan tumbuh dengan baik, di mana ada kepadatan lalu lintas dan atau kapan banjir akan datang. Dalam penelitian ini, satelit Landsat 8 mengambil citra yang merupakan gelombang cahaya pantulan dari objek permukaan di bumi, masing-masing objek memantulkan gelombang tertentu sesuai dengan sifat ilmiah dari objek tersebut, tumbuhan, badan air, dan lahan terbangun memantulkan gelombang cahaya matahari yang berbeda. Pada tumbuhan, zat hijau daun (klorofil) adalah pigmen yang memberikan warna hijau memainkan peran penting dalam proses fotosintesis dengan menyerap cahaya yang efektif untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi glukosa dan oksigen. Dalam penginderaan jauh, khususnya pada penggunaan citra satelit, interaksi antara klorofil dan band cahaya tampak sangat penting untuk menghitung Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) dan indeks serupa lainnya.

Klorofil menyerap cahaya paling efektif pada gelombang warna biru (sekitar 445 nm) dan merah (sekitar 670 nm) dari spektrum elektromagnetik, namun memantulkan cahaya warna hijau (sekitar 555 nm), yang menjelaskan mengapa daun tampak hijau bagi mata manusia. Band merah pada sensor penginderaan jauh digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang diserap oleh klorofil, sementara band inframerah dekat (*NIR*), yang berkisar antara 700 hingga 1300 nm, digunakan untuk mengukur tingkat pantulan cahaya yang tidak diserap oleh klorofil. (Rega, Kestriia. 2018). Gambar 2.3 menampilkan ilustrasi proses penginderaan jauh.



Gambar 2.3 Sketsa Penginderaan Jauh Melalui Citra Satelit.
(Sumber: Dwi Ayu R.A. 2012)

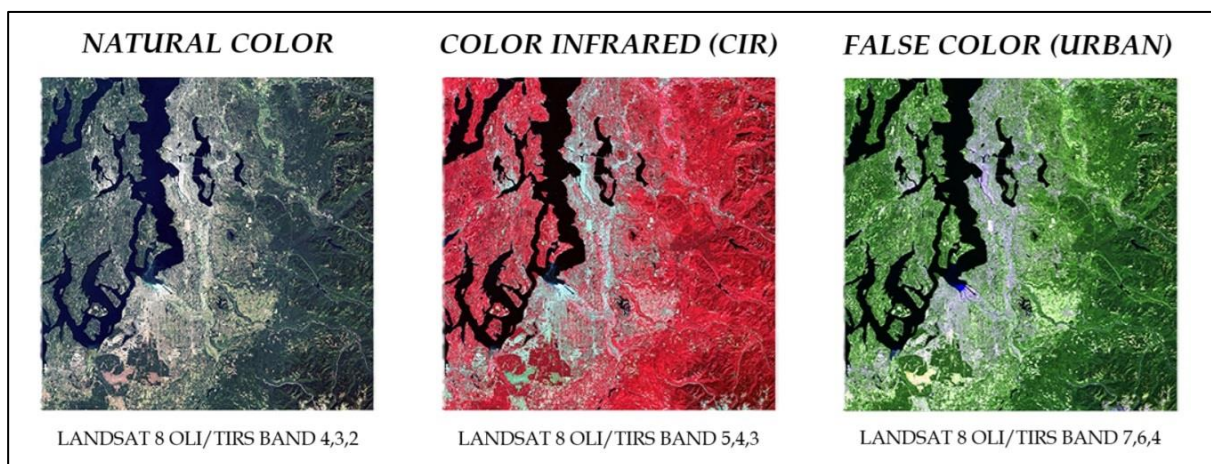


Gambar 2.4 Representasi Warna RGB Pada Citra Digital.

Gambar 2.4 merupakan representasi warna RGB pada citra digital mengacu pada metode pencampuran tiga warna cahaya primer (*Composite Band*) untuk menghasilkan spektrum warna yang luas. Dalam format RGB, setiap *pixel* pada layar monitor atau citra digital memiliki komponen warna merah, hijau, dan biru. Dengan mengatur proporsi dari ketiga warna tersebut, hampir semua warna dapat dibuat secara digital. Selain citra RGB (*Natural Color*) terdapat beberapa kombinasi *Composite Band* yang dapat dilakukan yang memiliki fungsi khusus untuk mendapatkan analisis yang lebih spesifik, Tabel 2.1 menunjukkan macam kombinasi *Composite Band*, yang digunakan pada citra Landsat 8, sedangkan Gambar 2.5 menunjukkan salah satu contoh dari *Composite Band* tersebut.

Tabel 2.1 Macam Kombinasi Band Citra Satelit.
(Sumber: *United States Geological Survey*, 2021)

Nama Kombinasi	Band (Landsat 8)
<i>Natural Color</i>	4 3 2
<i>False Color (urban)</i>	7 6 4
<i>Color Infrared (vegetation)</i>	5 4 3
<i>Agriculture</i>	6 5 2
<i>Atmospheric Penetration</i>	7 6 5
<i>Healthy Vegetation</i>	5 6 2
<i>Land/Water</i>	5 6 4
<i>Natural With Atmospheric Removal</i>	7 5 3
<i>Shortwave Infrared</i>	7 5 4
<i>Vegetation Analysis</i>	6 5 4



Gambar 2.5 Kombinasi Band Citra Landsat 8.
(Sumber: *United States Geological Survey*, 2021)

2.4 Citra Satelit Landsat 8

Landsat 8 merupakan kelanjutan dari misi satelit Landsat 7 milik Amerika Serikat, yang pertama kali diluncurkan pada 11 Februari 2013. Satelit ini, yang juga dikenal sebagai *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM), mulai menyediakan produk citra publik sejak tanggal 30 Mei 2013. Pengembangan Landsat 8 adalah hasil kerjasama antara *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan *U.S. Geological Survey* (USGS). Setelah peluncurannya, NASA menyerahkan pengelolaan satelit LDCM kepada USGS pada tanggal yang sama, dengan tanggung jawab pengelolaan arsip data citra masih berada di tangan *Earth Resources Observation and Science* (EROS).

Dalam hal performa, Landsat 8 hanya memerlukan waktu 99 menit untuk mengorbit bumi dan melakukan pemindaian pada area yang sama setiap 16 hari sekali. Hal ini menunjukkan peningkatan frekuensi dan efisiensi dalam pengambilan data dibandingkan dengan misi sebelumnya (Fawzi, 2021). Satelit ini dilengkapi dengan sensor utama yang merupakan pengembangan dari sensor yang digunakan sebelumnya, termasuk *Sensor Operational Land Imager* (OLI) yang terdiri dari 9 band dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) yang memiliki 2 band. Sensor OLI dan TIRS dirancang untuk merekam dan menghasilkan citra berkualitas tinggi. Sensor OLI, secara khusus, memiliki 7 band seperti sensor satelit sebelumnya ditambah 2 band baru yang meningkatkan kemampuan satelit untuk melakukan observasi terhadap permukaan bumi (Faraj, et al., 2017).

Tabel 2.2 Informasi Orbit Satelit Landsat 8.
(Sumber: *United States Geological Survey*, 2023)

Spesifikasi	Deskripsi
Jenis Orbit	Mendekati Lingkaran Sikron Matahari
Ketinggian	705 Km
Inklinasi	98.2°
Periode	99 Menit
Waktu Liput Ulang (Resolusi Temporal)	16 Hari
Waktu Melintasi Katulistiwa <i>Local Time on Descending Node</i> (LTDN)	Jam 10:00 s.d 10:15

Tabel 2.3 menyajikan spesifikasi gelombang cahaya yang tersedia, resolusi, dan penerapan analisis spasial setiap gelombang cahaya didukung oleh satelit Landsat 8.

Tabel 2.3 Spesifikasi Band Spektral Landsat 8.
(*United States Geological Survey*. 2023)

Band	Panjang Gelombang (μm)		Resolusi	Aplikasi
1	0,433 – 0,453	<i>Ultra blue/violet</i>	30 m	Pesisir, Aerosol
2	0,450 – 0,515	Biru	30 m	
3	0,525 – 0,600	Hijau	30 m	
4	0,630 – 0,680	Merah	30 m	
5	0,845 – 0,855	<i>Near-infrared</i>	30 m	Analisis Vegetasi
6	1,560 – 1,660	<i>SWIR 1</i>	30 m	
7	2,100 – 2,300	<i>SWIR 2</i>	30 m	
8	0,500 – 0,680	<i>Pankromatik</i>	15 m	Resolusi Lebih Tinggi
9	1,360 – 1,390	<i>Cirrus</i>	30 m	Analisis Awan
10	10,6 – 11,2	<i>Thermal</i>	100 m	Pemetaan Suhu Bumi
11	11,5 – 12,5	<i>Thermal</i>	100 m	

Satelit Landsat 8 menyediakan empat dataset *Collection 2* yang berbeda, di mana setiap Level citra merupakan turunan dari citra Level 1 yang menerapkan algoritma khusus untuk keperluan analisis spasial yang lebih spesifik, yaitu:

1. *Landsat Collection 2 Level 1* adalah dataset citra yang telah dikoreksi secara geometrik dan radiometrik dasar.
2. *Landsat Collection 2 Level 2* mencakup data yang telah melalui koreksi atmosferik menggunakan metode algoritma *Land Surface Reflectance Code* (LaSRC) dan radiometrik, menghasilkan produk citra dengan reflektansi permukaan dan suhu permukaan tanah yang lebih akurat.
3. *Landsat Collection 2 Level 3* mencakup produk-produk yang lebih spesifik seperti *Dynamic Surface Water Extent*, *Burned Area*, *Fractional Snow Covered Area*, dan *fSCA Statistics*, yang berguna untuk analisis lingkungan secara mendalam.
4. *Landsat Collection 2 U.S. Analysis Ready Data* (ARD) adalah dataset yang dirancang khusus untuk negara Amerika Serikat agar memudahkan analisis skala besar, dengan format yang konsisten dan siap digunakan untuk analisis perubahan lahan, ekosistem, dan sumber daya alam.

2.5 Indeks Kerapatan Vegetasi

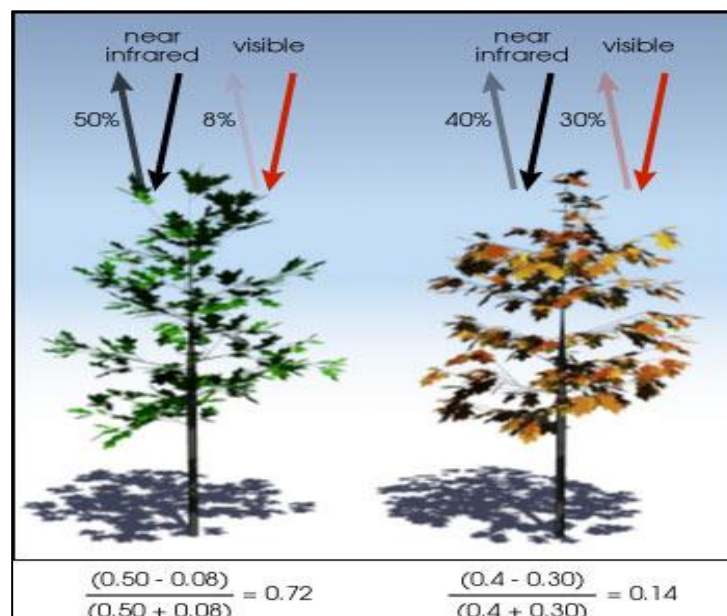
Secara bahasa, indeks kerapatan menurut Soerianegara (1988) adalah banyaknya individu dari suatu jenis pohon dan tumbuh-tumbuhan lain dapat ditaksir atau dihitung, kerapatan merupakan suatu jumlah individu per unit luas atau per unit volum. Sedangkan secara istilah, Menurut Danoedoro (1996), Indeks kerapatan merupakan suatu algoritma yang diterapkan terhadap citra gambar satelit, untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi ataupun aspek yang berkaitan dengan kerapatan, misalnya biomassa, *Leaf Area Index (LAI)*, konsentrasi klorofil, dan sebagainya. Secara praktis, indeks vegetasi ini merupakan suatu transformasi matematis yang melibatkan beberapa saluran sekaligus, dan menghasilkan citra baru yang lebih representatif dalam menyajikan fenomena vegetasi. Dengan *sampling* dimungkinkan untuk menghitung banyaknya individu suatu jenis pohon dan tumbuh-tumbuhan hutan lainnya.

2.6 Algoritma NDVI

NDVI atau *Normalized Differenced Vegetation Index* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis indeks vegetasi dari kerapatan suatu vegetasi. NDVI dihitung dari cahaya tampak (*Red*) dan cahaya inframerah-dekat (*NIR*) yang dipantulkan oleh vegetasi. Vegetasi yang sehat menyerap sebagian besar cahaya tampak yang mengenainya dan memantulkan sebagian besar cahaya inframerah-dekat. Sebaliknya, vegetasi yang tidak sehat atau jarang akan memantulkan lebih banyak cahaya tampak dan lebih sedikit cahaya inframerah-dekat. Rumus 2.1 menampilkan persamaan algoritma NDVI secara umum, sedangkan Gambar 2.6 merupakan ilustrasi metode klasifikasi kerapatan vegetasi pada NDVI.

$$NDVI = \frac{(Near-infrared\ Band - Red\ Band)}{(Near-infrared\ Band + Red\ Band)} \dots\dots\dots 2.1$$

(Sumber: USGS, 2014)



Gambar 2.6 Metode Klasifikasi Kerapatan Vegetasi Pada Algoritma NDVI

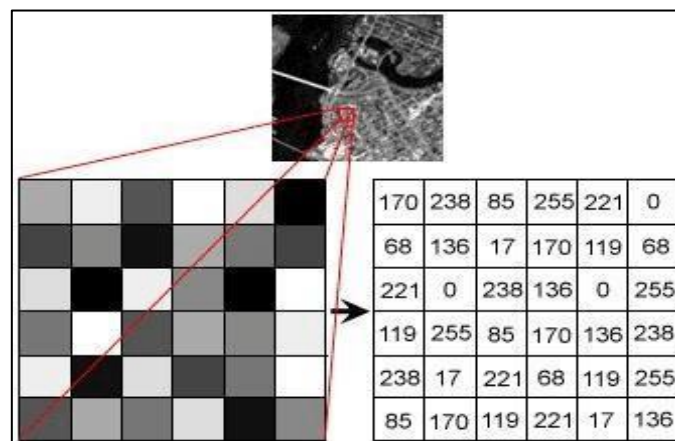
(Sumber: NASA Earth Observatory, 2000)

Nilai-nilai yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 adalah representasi dari nilai sebenarnya, namun dalam kenyataannya, karakteristik pantulan vegetasi dapat sangat bervariasi tergantung pada jenis dan kondisi vegetasi tersebut.

2.7 Metode Klasifikasi Citra Satelit

Menurut Aryani (2014) Pengolahan data citra merupakan suatu cara memanipulasi data citra atau mengolah suatu data citra menjadi suatu keluaran (*output*) yang sesuai dengan yang diharapkan. Adapun cara pengolahan data citra itu sendiri melalui beberapa tahapan, sampai menjadi suatu keluaran yang diharapkan. Tujuan dari pengolahan citra adalah mempertajam data geografis dalam bentuk digital menjadi suatu tampilan yang lebih berarti bagi pengguna, dapat memberikan informasi kuantitatif suatu obyek, serta dapat memecahkan masalah.

Purwanto (2015) menyatakan untuk mendukung pelaksanaan pengolahan data yang cepat dan menghasilkan data informasi spasial geobiofisik yang akurat dan berkualitas, maka diperlukan suatu prosedur baku mengenai tata cara dan proses klasifikasi citra yang terstandar yang diakui bersama secara nasional sehingga diharapkan dapat menghasilkan hasil olah data yang seragam mengacu pada Standar Nasional Indonesia yang selaras dengan standar internasional. Menurut Rusdi (2008) Klasifikasi dalam istilah analisis geospasial diartikan sebagai proses mengelompokkan *pixel* ke dalam kelas-kelas atau kategori-kategori yang telah ditentukan berdasarkan nilai kecerahan (*brightness-value*) piksel yang bersangkutan.



Gambar 2.7 Digital Number Dari Sebuah Citra Satelit.
(Sumber: Goutam, 2016)

Menurut Riswanto (2009) dalam Purwanto (2015), klasifikasi citra satelit dibagi menjadi dua jenis yaitu, klasifikasi terbimbing adalah klasifikasi yang dilakukan dengan arahan analisis (*supervised*), dimana kriteria pengelompokan kelas ditetapkan berdasarkan penciri kelas (*class signature*) yang diperoleh melalui pembuatan area contoh (*training area*). Sedangkan, klasifikasi tidak terbimbing merupakan klasifikasi dengan pembentukan kelasnya sebagian besar dikerjakan oleh komputer. *Training area* didapatkan dari analisis geospasial yang sudah dilakukan sebelumnya. Sebagai contoh, klasifikasi tutupan lahan tahun 2022 dapat digunakan sebagai *training area* untuk membuat peta klasifikasi terbimbing tutupan lahan tahun 2023. Data penggunaan lahan sebuah Kota atau Kabupaten biasanya dikelola oleh instansi yang menangani pemetaan dan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota (RTRWK), yang juga disebut sebagai *Urban Planning* atau *Urban Land Use Plan*. Data tersebut sebagian besar bersifat tertutup, sehingga memerlukan perizinan terlebih dahulu untuk mendapatkannya.

Klasifikasi terbimbing sangat penting untuk analisis perubahan tutupan lahan karena menghasilkan hasil yang lebih akurat dengan menggunakan data pelatihan yang representatif dan pengetahuan ahli. Dengan menerapkan klasifikasi terbimbing, peneliti dapat mengidentifikasi perubahan tutupan lahan secara tepat, yang berguna untuk perencanaan, pengelolaan sumber daya alam, dan pengambilan keputusan yang lebih baik.

2.8 Sistem Informasi Geografis

Menurut Bernhardsen (2002) dalam Sodikin (2018), Sistem Informasi Geografis merupakan sistem komputer yang digunakan untuk memanipulasi data geografi. Sistem ini diimplementasikan dengan perangkat keras dan perangkat lunak komputer yang berfungsi untuk akuisisi dan verifikasi data, kompilasi data, penyimpanan data, perubahan dan pembaharuan data, manajemen dan pertukaran data, manipulasi data, pemanggilan dan presentasi data serta analisa data. Data spasial merupakan salah satu item dari informasi dimana didalamnya terdapat informasi mengenai bumi, termasuk permukaan bumi, perairan, kelautan dan bawah atmosfer. Sistem Informasi Geografis (SIG) sendiri terdiri atas lima komponen pokok, yaitu data, perangkat keras, perangkat lunak, dan manajemen, dan sumber daya manusia kelima komponen tersebut dapat membangun sebuah Sistem Informasi Geografis yang mana dijelaskan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Komponen pokok Sistem Informasi Geografis.
(Sumber: Ekadinata, dkk. 2008)

Institusi yang memiliki dan mengoperasikan satelit mereka sendiri sering kali juga mengembangkan Sistem Informasi Geografis (SIG). Beberapa di antaranya juga menawarkan akses publik secara gratis, memungkinkan peneliti, ilmuwan, dan masyarakat umum di seluruh dunia untuk memanfaatkan data tersebut untuk berbagai keperluan analisis dan penelitian. Salah satu contoh terkemuka adalah USGS (*United States Geological Survey*), yang menyediakan platform *USGS Earth Explorer*. Platform ini sangat berguna dalam menyediakan data dari serangkaian satelit Landsat, termasuk Landsat 8 dengan sensor *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) nya. Negara di Eropa, ESA (*European Space Agency*) mengoperasikan *Copernicus Open Access Hub* yang menyediakan data terutama dari satelit Sentinel. Sentinel-1 dan Sentinel-2 adalah dua satelit dalam program ini. Di Asia, JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*) melalui portal *JAXA G-Portal* menyediakan data dari satelit ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) dan GCOM-W (*Global Change Observation Mission - Water*).

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Data yang digunakan dalam skripsi ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait data yang dibutuhkan, di Kota Surabaya, dan website Sistem Informasi Geografis yang bersifat *open-source*. Rincian dari data tersebut terdapat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Pengumpulan Data.

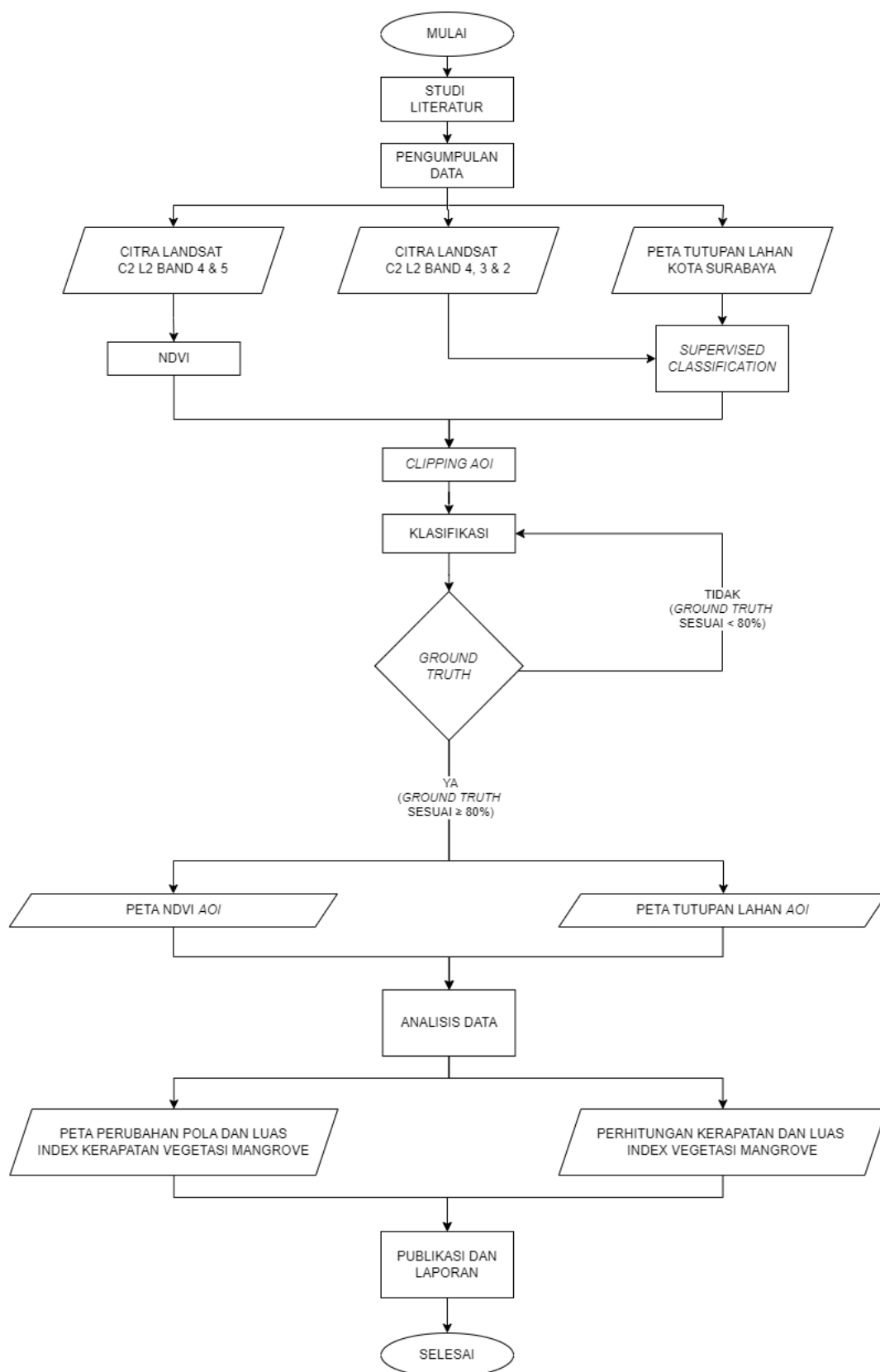
No	Data yang digunakan	Sumber
1.	Citra Satelit Landsat 8 <i>Collection 2 Level 2 Science Product</i> pada: 11 Juni 2019, 13 Juni 2020, 20 September 2021, 21 Juli 2022 dan 10 September 2023	<i>United States Geological Survey</i> https://earthexplorer.usgs.gov
2.	Batas Administrasi Provinsi Indonesia dan Batas Administrasi Kota Surabaya	Badan Informasi Geospasial https://tanahair.indonesia.go.id
3.	Data Tutupan Lahan dan Wilayah Mangrove Kota Surabaya	Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman serta Pertanahan https://dprkpp.surabaya.go.id
4	Data Citra <i>Google Earth</i> Tahun 2019 dan 2023	<i>Google</i> https://www.google.com/earth
5	Data Citra <i>Sentinel-5P Near Real-Time Nitrogen Dioxide</i>	<i>European Space Agency</i> https://www.esa.int/

Peralatan yang digunakan pada skripsi ini yaitu:

1. Perangkat Keras
Laptop Advan Workplus 14” dengan spesifikasi:
 - a) Sistem Operasi: *Windows 11 Pro*.
 - b) CPU / GPU: *AMD Ryzen 5 6600H with Integrated Graphics Radeon 780M*
 - c) Memory: *16 GB LPDDR5 6400MHz Dual Channel 128-bit*.
2. Perangkat Lunak
 - a) *ESRI ArcGIS™ ver. 10.8 for Desktop*.
 - b) *Microsoft Office 365*.
 - c) *Google Earth Engine*

3.2 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.

Diagram alir pada Gambar 3.1 dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada tahapan ini yaitu diperolehnya referensi pustaka yang relevan baik buku, jurnal, maupun artikel yang berkaitan dengan penelitian ini.

2. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini, pengumpulan data dilakukan untuk proses analisis indeks vegetasi dan klasifikasi tutupan lahan secara terbimbing. Citra Band 4 dan 5 digunakan untuk menghitung NDVI, serta Citra Band RGB dan peta data penggunaan lahan digunakan untuk pembuatan peta tutupan lahan. Citra Landsat yang digunakan adalah tipe *Landsat Collection 2 Level-2 Science Products*, yang telah mengalami koreksi atmosferik menggunakan algoritma *Land Surface Reflectance Code* (LaSRC), dan juga koreksi radiometrik.

3. NDVI

Klasifikasi kerapatan lahan mangrove menggunakan metode *Normalized Differenced Vegetation Index* (NDVI) untuk menganalisis kerapatan mangrove di Pantai Timur Surabaya tahun 2019 hingga tahun 2023 menggunakan citra satelit Landsat 8.

4. Supervised Classification

Pada tahap ini, *Supervised Classification* dilakukan untuk membuat peta tutupan lahan terbaru, yang akan digunakan sebagai variabel dalam analisis data. *Supervised Classification* menggunakan peta data penggunaan lahan dan citra satelit terbaru untuk memastikan akurasi dalam pengelompokan tipe tutupan lahan. Klasifikasi tutupan lahan dibagi menjadi tiga jenis yaitu: Badan Air, Lahan Terbangun, dan Mangrove.

5. Klasifikasi NDVI

Klasifikasi NDVI dilakukan Setelah proses NDVI selesai dilakukan, dengan tujuan mengelompokkan kelas-kelas NDVI sesuai dengan tabel yang dijelaskan pada Bab 2.

6. Clipping AOI

Proses *clipping* dilakukan untuk menyesuaikan wilayah *Area of Interest* (AOI), memastikan bahwa data yang dianalisis hanya berfokus pada area yang relevan sesuai dengan kebutuhan atau tujuan analisis yang ditetapkan.

7. Ground Truth

Ground Truth merupakan konfirmasi independen secara langsung untuk mencari kesesuaian antara hasil penelitian, dalam hal ini adalah data klasifikasi NDVI pada citra satelit, dan juga data hasil analisis tutupan lahan dengan klasifikasi terbimbing.

8. Peta Tutupan Lahan

Pada tahap ini, peta tutupan lahan dihasilkan setelah proses *Supervised Classification* dan *Ground Truth* dilakukan. Proses ini melibatkan identifikasi dan penentuan kelas tutupan lahan berdasarkan analisis terpandu serta validasi lapangan (*Ground Truth*) untuk memastikan akurasi hasil klasifikasi.

9. Peta NDVI

Pada tahap ini, peta NDVI dibuat setelah melalui proses klasifikasi NDVI dan *Ground Truth*. Proses ini mencakup identifikasi dan penentuan NDVI berdasarkan analisis kelas mangrove yang telah dijelaskan pada bab 2.

10. Analisis Data

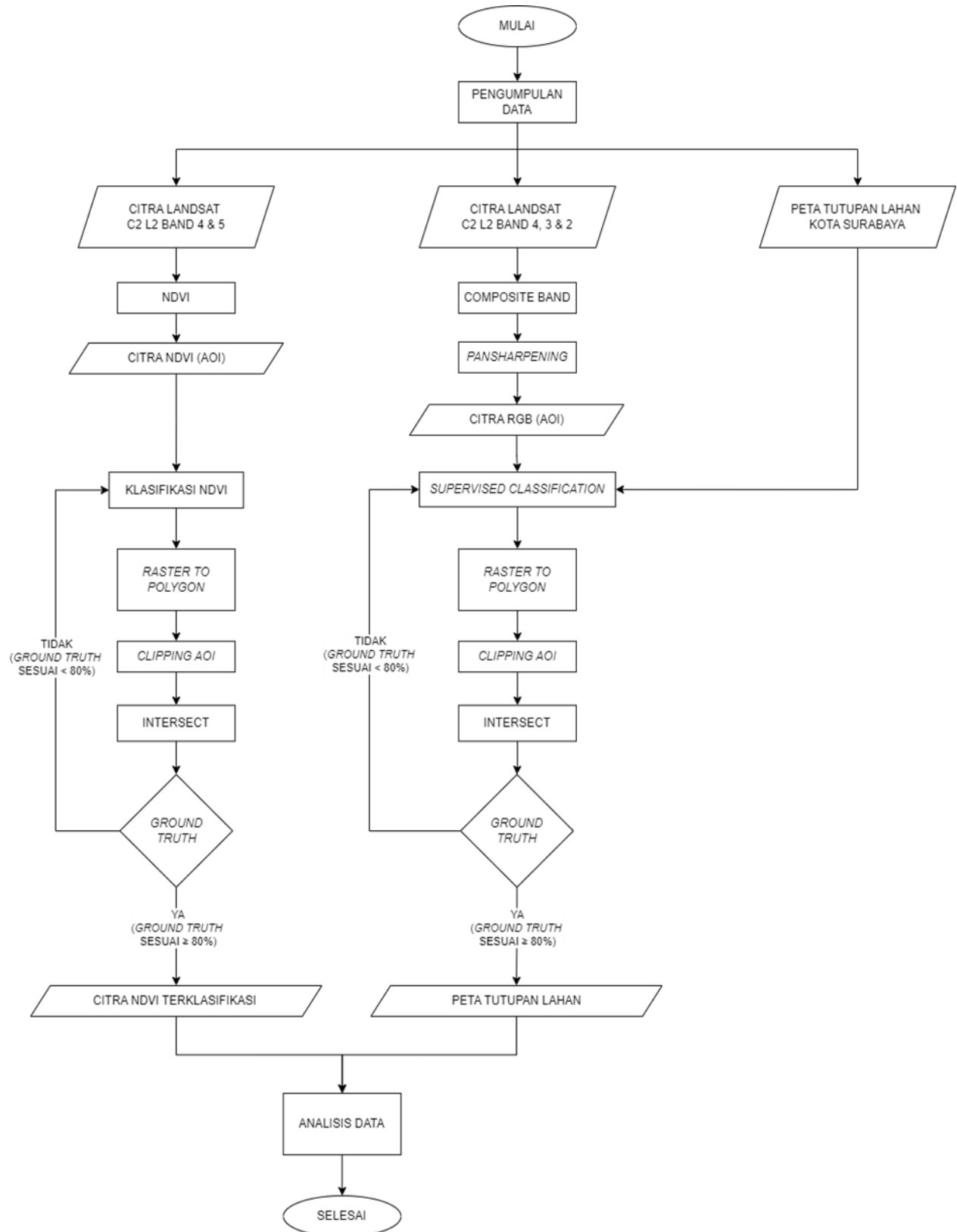
Setelah melakukan *Ground Truth* dengan akurasi hasil di atas 80% dan menyelesaikan proses klasifikasi NDVI, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap indeks vegetasi mangrove di Pamurbaya pada tahun 2023. Selain itu, juga dilakukan analisis terhadap perubahan luas dan pola sebaran mangrove di Pamurbaya dari tahun 2019 hingga tahun 2023.

11. Publikasi dan Laporan

Pembuatan laporan dan juga publikasi jurnal tentang hasil penelitian yang sudah dilakukan.

3.3 Diagram Pemrosesan Data

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan diagram pemrosesan data pada Gambar 3.2.



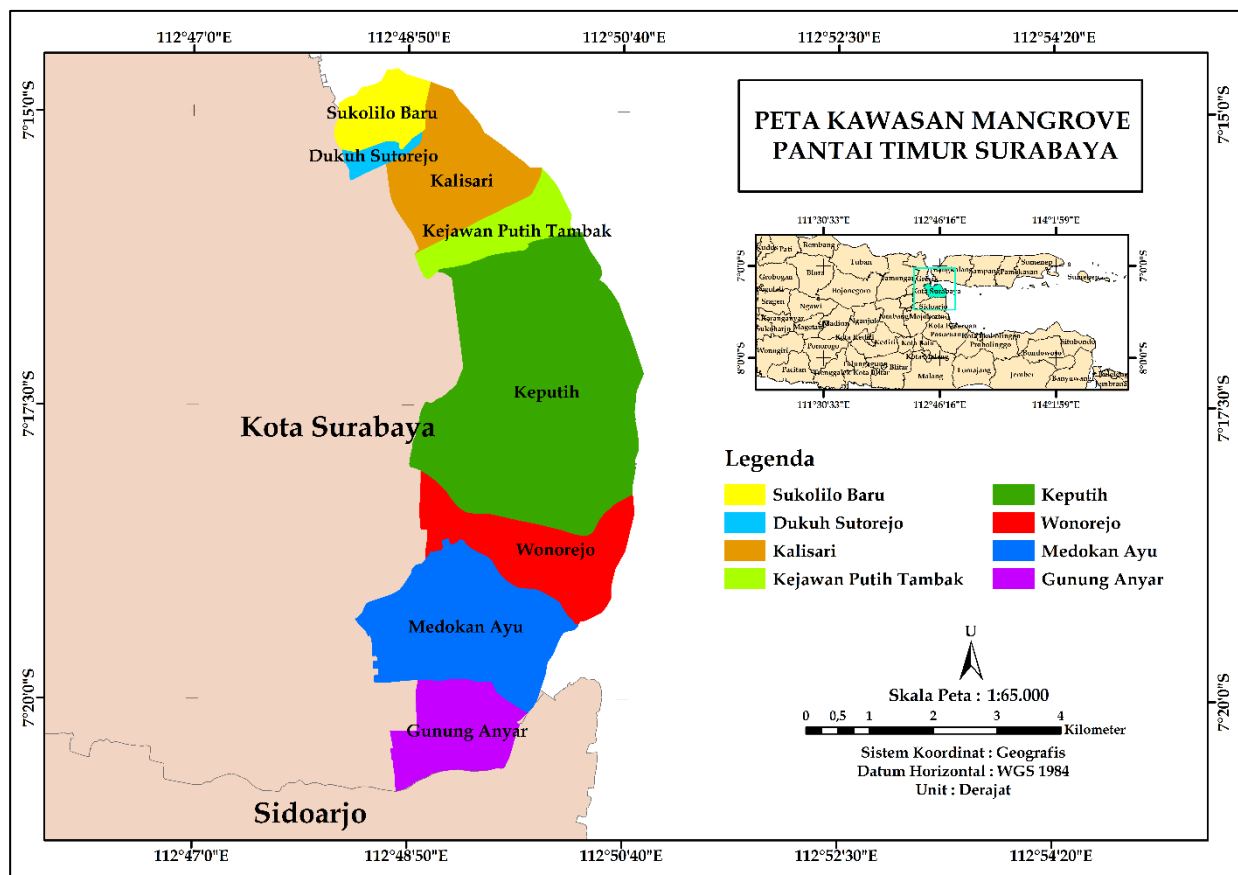
Gambar 3.2 Diagram Alir Pemrosesan Data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Lahan Pantai Timur Surabaya

Citra satelit yang digunakan pada skripsi ini adalah Citra Satelit *Landsat 8 Collection 2 Level 2 Science Product* yang disediakan oleh *United States Geological Survey (USGS)*. Citra ini dibuat dari citra *Collection 2 Level 1*, dengan perbedaan utama pada penerapan algoritma LaSRC (*Land Surface Reflectance Code*) di Level 2. Algoritma LaSRC bertujuan untuk melakukan koreksi radiometrik dan atmosferik. Koreksi atmosferik menghilangkan efek atmosfer pada data citra untuk mendapatkan reflektansi permukaan yang sebenarnya, sedangkan koreksi radiometrik mengkalibrasi data radiometrik untuk memastikan bahwa data reflektansi konsisten.

Dengan reflektansi permukaan yang lebih akurat, algoritma LaSRC menguntungkan analisis spasial yang mengandalkan reflektansi gelombang warna, seperti perhitungan indeks vegetasi, contohnya adalah algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Citra satelit tersebut diambil pada rentang waktu bulan Juni hingga September, pada saat bukan musim penghujan untuk mendapatkan citra satelit dengan tutupan awan yang rendah. Kawasan Pantai Timur Surabaya terbagi menjadi lima wilayah kecamatan, yaitu Bulak, Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut, dan Gunung Anyar. Terdapat delapan kelurahan yang memiliki wilayah Mangrove, antara lain Kelurahan Sukolilo Baru, Dukuh Sutorejo, Kalisari, Kejawan Putih Tambak, Keputih, Wonorejo, Medokan Ayu, dan Gunung Anyar. Posisi geografis wilayah tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Tabel 4.1.



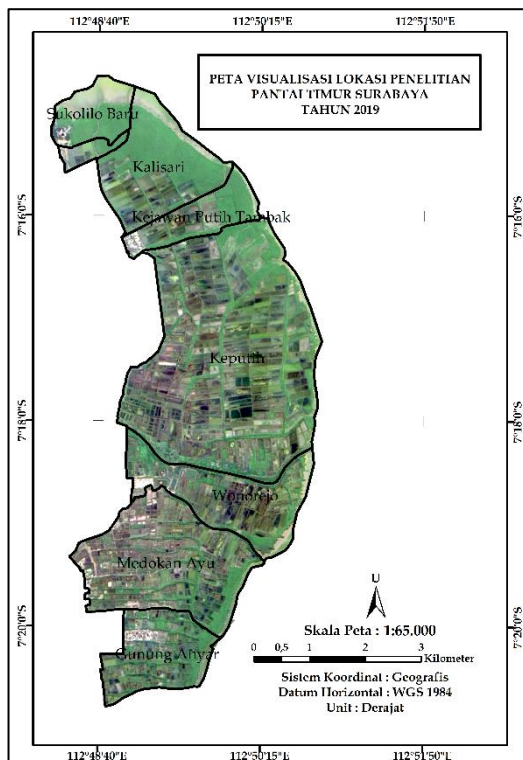
Gambar 4.1 Peta Wilayah Mangrove Pantai Timur Surabaya.

Tabel 4.1 Kelurahan di Wilayah Pantai Timur Surabaya.

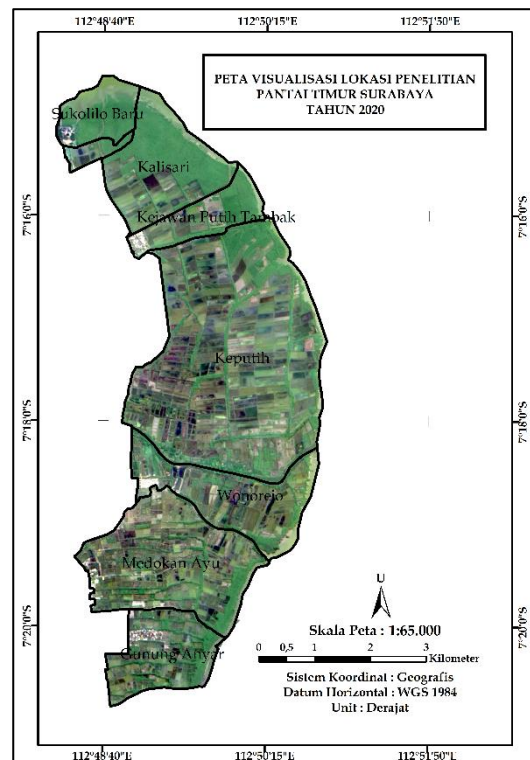
Kelurahan	Kecamatan	Koordinat Wilayah	
		<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>
Sukolilo Baru	Bulak	112,8001	-7,2491
Dukuh Sutorejo	Mulyorejo	112,7913	-7,2605
Kalisari	Mulyorejo	112,8016	-7,2664
Kejawen Putih Tambak	Mulyorejo	112,8021	-7,2769
Keputih	Sukolilo	112,8165	-7,2881
Wonorejo	Rungkut	112,8134	-7,3059
Medokan Ayu	Rungkut	112,8135	-7,3262
Gunung Anyar	Gunung Anyar	112,7682	-7,3388

Dari tampilan *multispektral* atau RGB pada Gambar 4.2 hingga 4.6 dengan skala 1:65.000, diketahui bahwa wilayah Pantai Timur Surabaya dalam segi pembangunan tidak banyak mengalami pertumbuhan. Hal ini disebabkan wilayah tersebut merupakan kawasan konservasi hutan mangrove yang ditetapkan oleh Pemerintah Kota Surabaya sebagaimana dijelaskan pada studi pustaka. Hanya saja, terdapat perluasan wilayah tambak di pesisir Pantai Timur Surabaya. Pada semua sisi wilayah Pantai Timur Surabaya, terdapat perubahan kerapatan mangrove yang fluktuatif dalam rentang waktu 2019 hingga 2023. Hal ini ditandai dengan perubahan tingkat kehijauan yang menunjukkan mangrove menjadi kurang terlihat hijau.

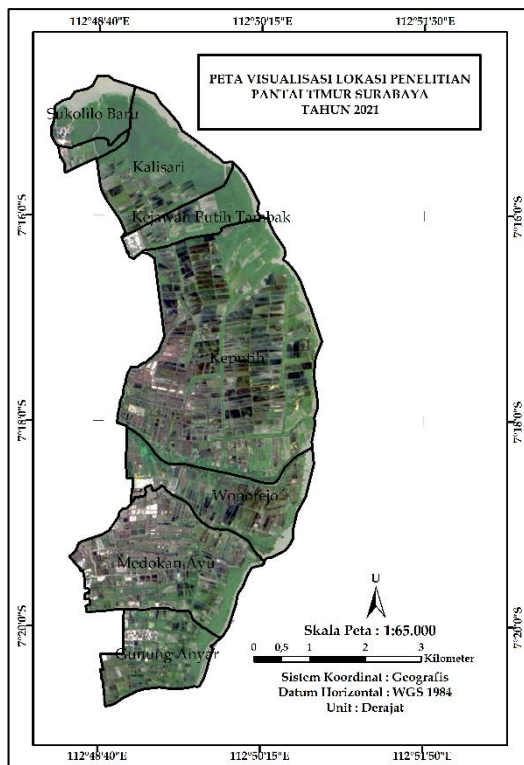
Sedangkan untuk wilayah tambak, tidak ada perubahan yang signifikan atau perluasan wilayah tambak yang terjadi di Pantai Timur Surabaya. Yang terjadi adalah fluktuasi tingkat indeks kerapatan vegetasi pada sisi jalan sekitar tambak. Secara visual, juga terlihat pertumbuhan yang signifikan pada sisi utara Pantai Timur Surabaya yang ditandai dengan adanya mangrove yang tumbuh di pesisir pantai yang menjorok ke laut.



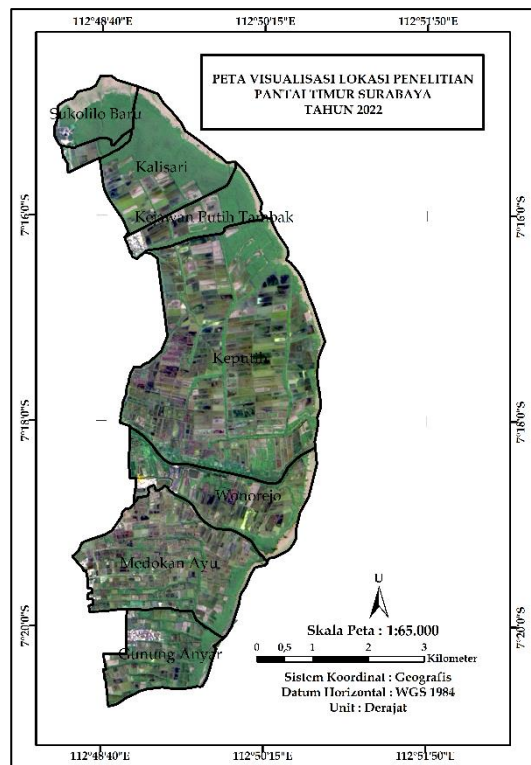
Gambar 4.2 Kondisi Lahan Tahun 2019.



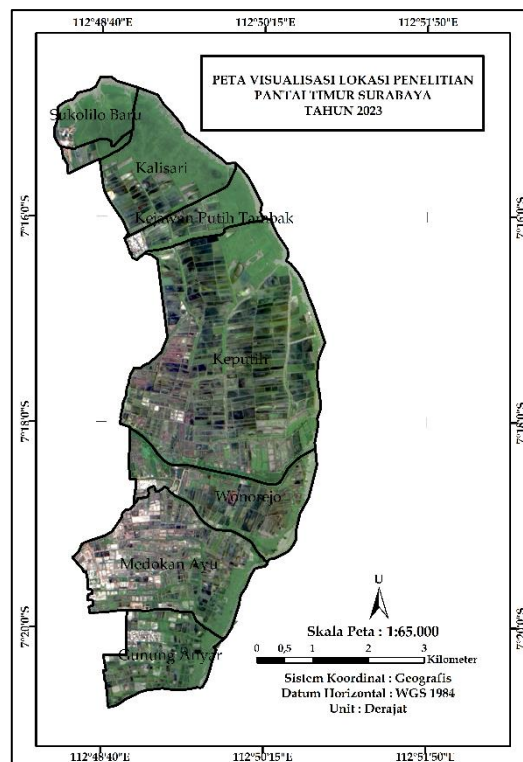
Gambar 4.3 Kondisi Lahan Tahun 2020.



Gambar 4.4 Kondisi Lahan Tahun 2021.



Gambar 4.5 Kondisi Lahan Tahun 2022.

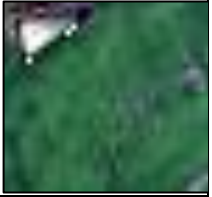


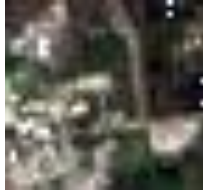
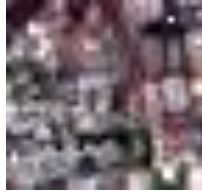
Gambar 4.6 Kondisi Lahan Tahun 2023.

Tabel 4.2 menampilkan lokasi sampel citra satelit yang diambil dari berbagai kelurahan di Pantai Timur Surabaya untuk keperluan analisis visual. Ini merupakan langkah awal yang berguna untuk memperkuat validitas data dalam analisis selanjutnya. Gambar 4.7 menampilkan citra satelit RGB dari 10 titik sampel yang diambil selama periode 2019 hingga 2023.

Tabel 4.2 Lokasi Data Sampel Analisis Visual.

No	Parameter	Kelurahan	Koordinat Wilayah	
			<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>
1	Mangrove	Sukolilo Baru	112,8120	-7,2495
2	Mangrove	Kalisari	112,8296	-7,2599
3	Mangrove	Keputih	112,8333	-7,2711
4	Mangrove	Keputih	112,8409	-7,2738
5	Mangrove	Gunung Anyar	112,8287	-7,3371
6	Mangrove	Keputih	112,8415	-7,2873
7	Mangrove	Keputih	112,8282	-7,2936
8	Mangrove	Keputih	112,8437	-7,3007
9	Mangrove	Keputih	112,8356	-7,3053
10	Lahan Terbangun	Medokan Ayu	112,8101	-7,3246

No	Parameter	2019	2020	2021	2022	2023
1	Mangrove					
2	Mangrove					
3	Mangrove					
4	Mangrove					
5	Mangrove					

No	Parameter	2019	2020	2021	2022	2023
6	Mangrove					
7	Mangrove					
8	Mangrove					
9	Lahan Terbangun					
10	Lahan Terbangun					

Gambar 4.7 Kondisi Pantai Timur Surabaya Tahun 2019 – 2023.

Berdasarkan analisis visual dari 10 titik sampel, terdapat perubahan pada beberapa area:

- 1) Pada sampel nomor 4, 5, 6, 7, dan 8, terjadi degradasi mangrove yang signifikan, dimana area yang sebelumnya ditumbuhi vegetasi kini menjadi tidak bervegetasi.
- 2) Sampel nomor 9 dan 10 menunjukkan adanya perluasan wilayah badan air atau lahan terbangun.
- 3) Pada sampel nomor 1, 2, dan 3, terdapat indikasi pertumbuhan mangrove. Kondisi ini menunjukkan regenerasi mangrove di wilayah tersebut.

Kesimpulan ini menggambarkan dinamika perubahan lingkungan yang beragam di lokasi pengambilan sampel, dari degradasi hingga regenerasi, mencerminkan berbagai intervensi manusia dan proses alami yang berlangsung

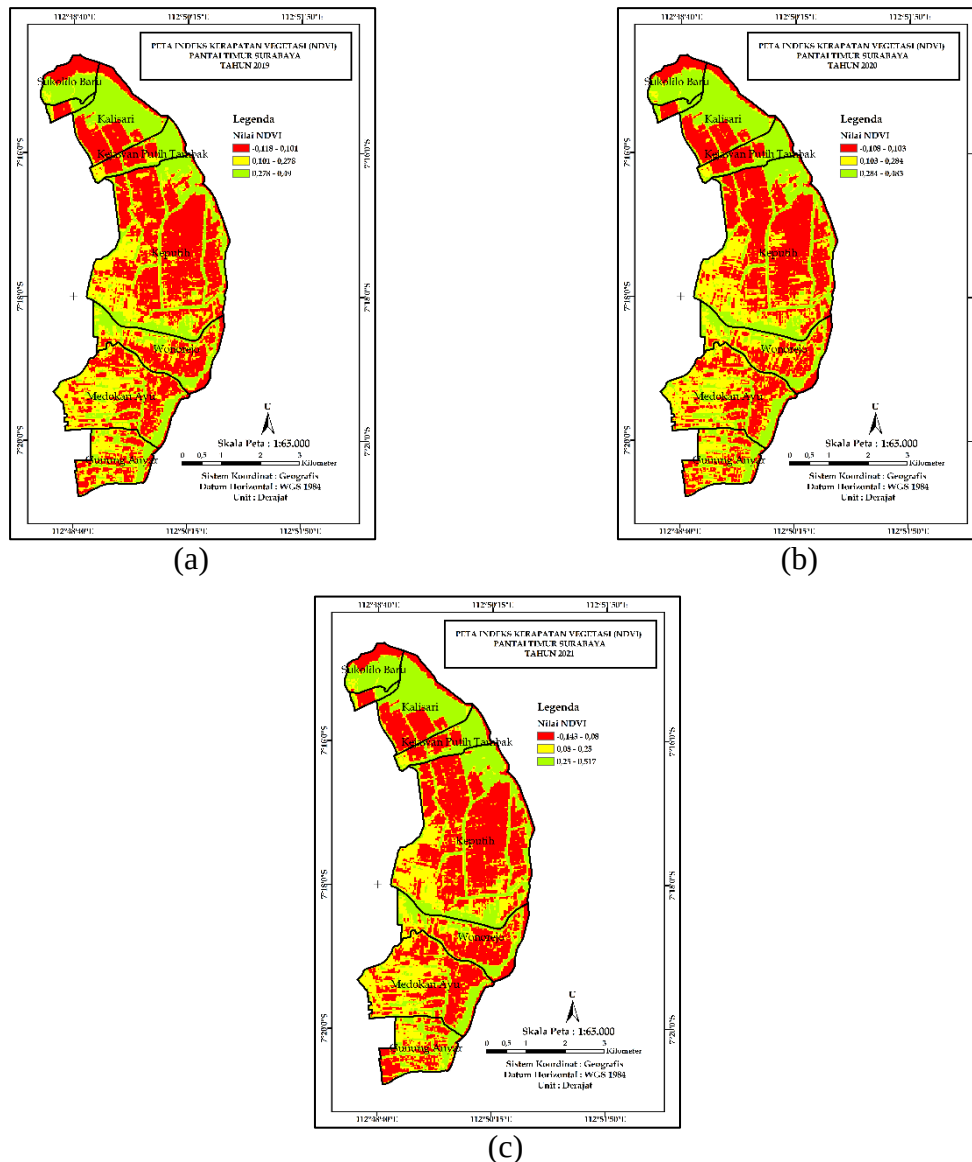
4.2 Indeks Kerapatan Vegetasi Pantai Timur Surabaya

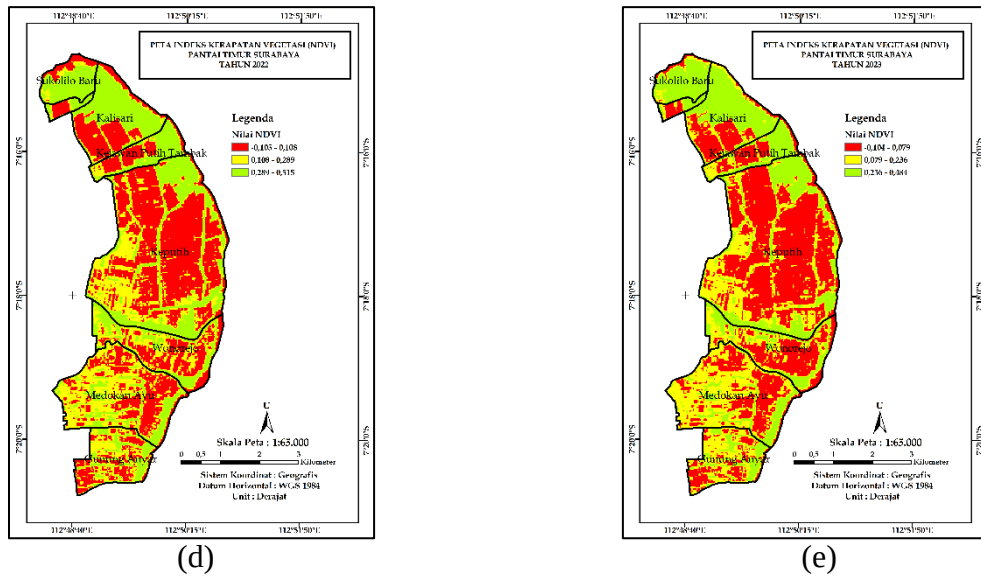
Kerapatan vegetasi di Pantai Timur Surabaya dapat diklasifikasikan menjadi empat kelas berdasarkan nilai hasil algoritma NDVI, yaitu: mangrove tinggi, mangrove sedang, mangrove jarang, dan tidak bervegetasi. Tabel 4.3 menunjukkan deskripsi Tabel Klasifikasi Nilai NDVI untuk Mangrove di Pantai Timur Surabaya.

Tabel 4.3 Klasifikasi Nilai NDVI.

Nilai NDVI	Deskripsi Kategori
$-1 \leq 0,1$	Tidak Bervegetasi (TB)
$0,11 \leq 0,20$	Mangrove Jarang (MJ)
$0,21 \leq 0,35$	Mangrove Sedang (MS)
$0,36 \leq 0,55$	Mangrove Tinggi (MT)

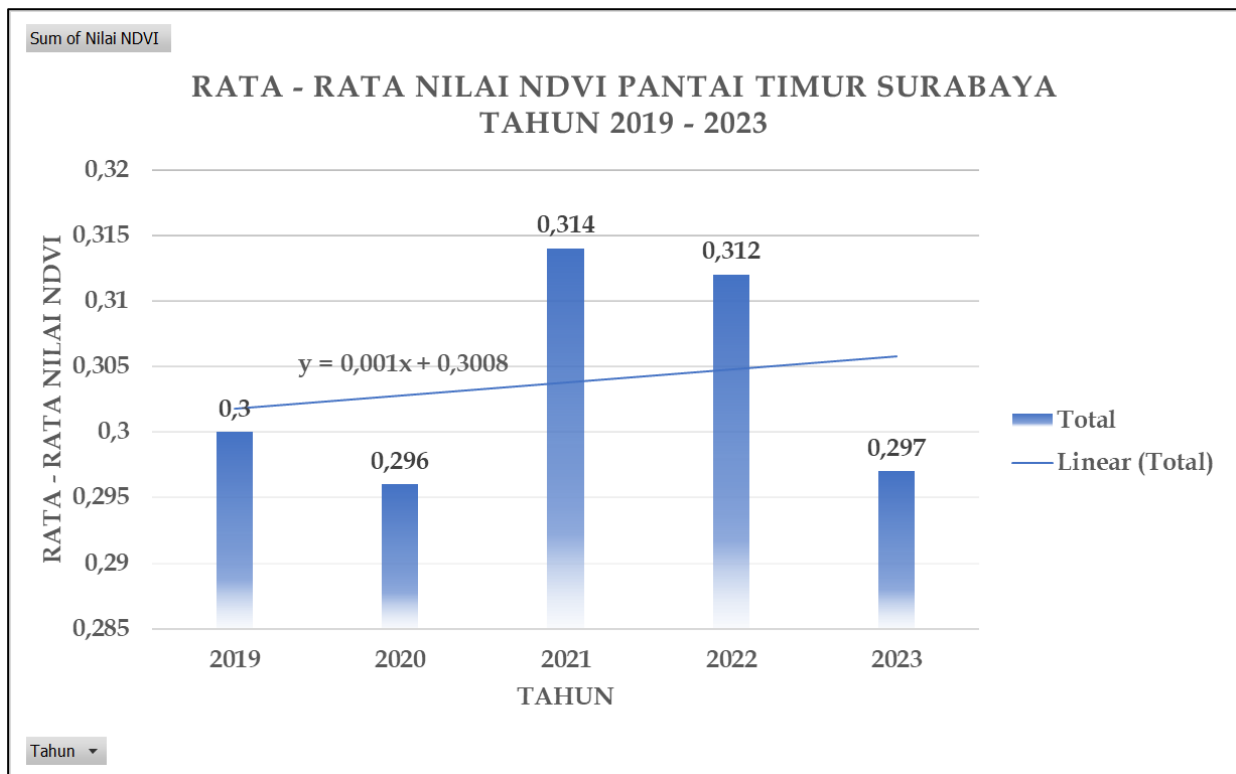
Gambar 4.8 menampilkan peta NDVI Pantai Timur Surabaya yang belum diklasifikasikan. Nilai maksimal NDVI pada peta ini digunakan untuk menghitung rata-rata nilai NDVI tiap tahun, dengan nilai NDVI maksimal sebagai batas atas dan nilai terendah dari kategori mangrove jarang sebagai batas bawah.



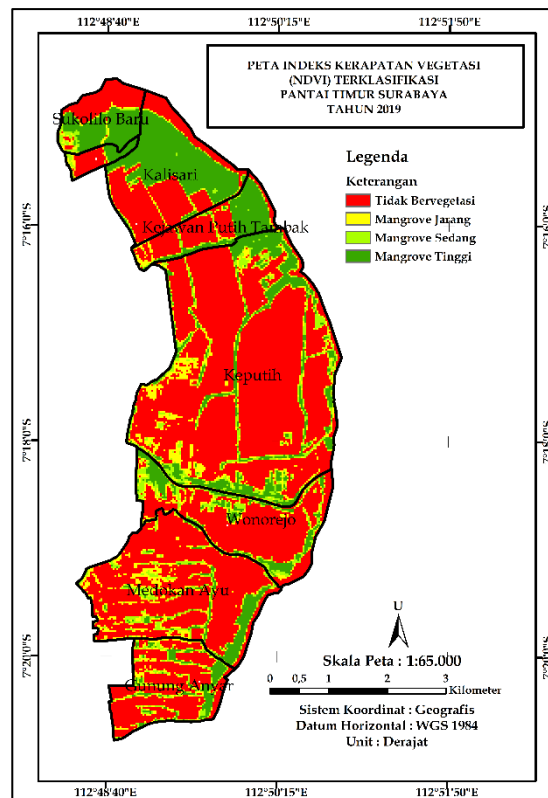


Gambar 4.8 Peta NDVI Tahun (a) 2019 (b) 2020 (c) 2021 (d) 2022 (e) 2023.

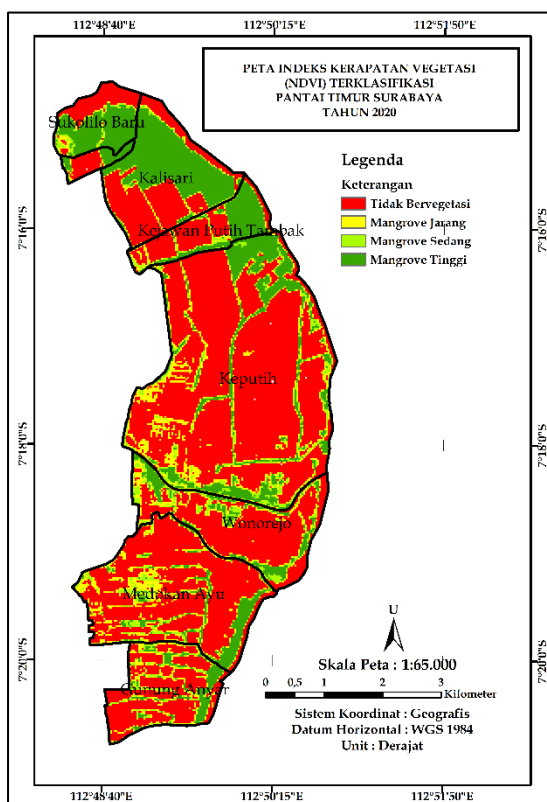
Berdasarkan rata-rata Nilai NDVI Pantai Timur Surabaya antara tahun 2019 hingga 2020, terjadi penurunan NDVI sebesar 1,33%. Namun, pada tahun berikutnya dari 2020 ke 2021, NDVI menunjukkan kenaikan sebesar 6,08%. Penurunan nilai NDVI sebesar 0,64% terjadi dari tahun 2021 ke 2022. Pada tahun 2023 terjadi penurunan yang cukup tajam, dengan nilai NDVI turun sebesar 4,81% dibandingkan tahun sebelumnya. Secara keseluruhan, nilai NDVI tertinggi dicapai pada tahun 2021 dengan angka 0,314, sementara nilai terendah tercatat pada tahun 2020 dengan angka 0,296. Gambar 4.10 hingga Gambar 4.14 menampilkan peta NDVI yang sudah terklasifikasi sesuai dengan Tabel 4.3.



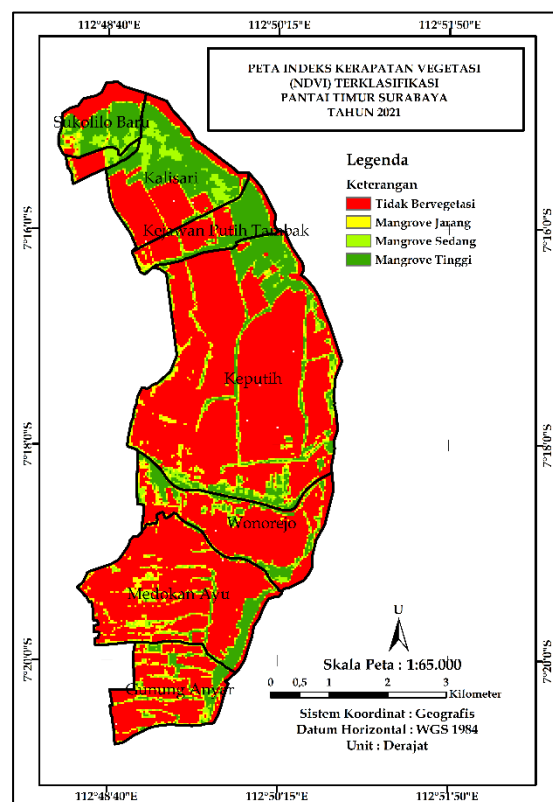
Gambar 4.9 Rata – Rata Nilai NDVI Pantai Timur Surabaya Tahun 2019 – 2023.



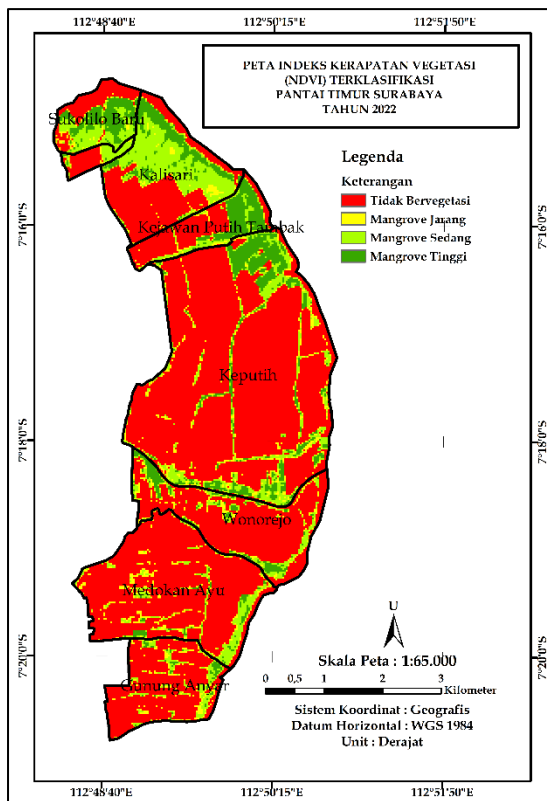
Gambar 4.10 NDVI Tahun 2019.



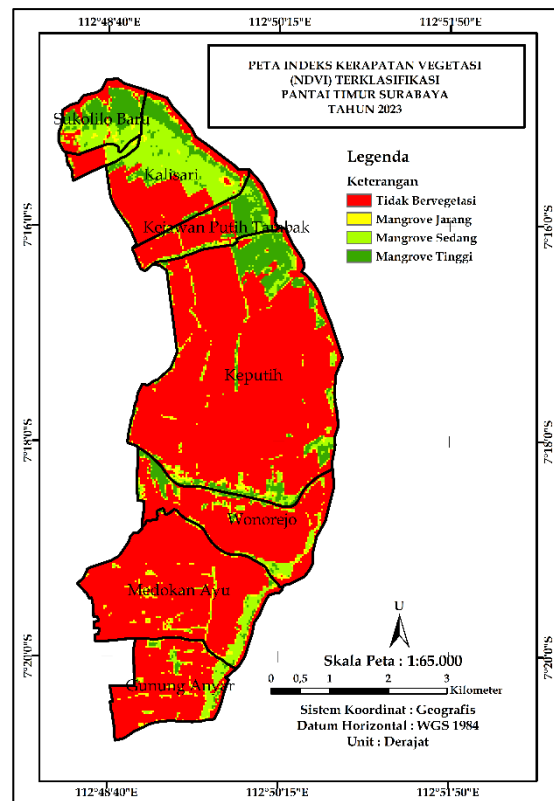
Gambar 4.11 NDVI Tahun 2020.



Gambar 4.12 NDVI Tahun 2021.



Gambar 4.13 NDVI Tahun 2022.

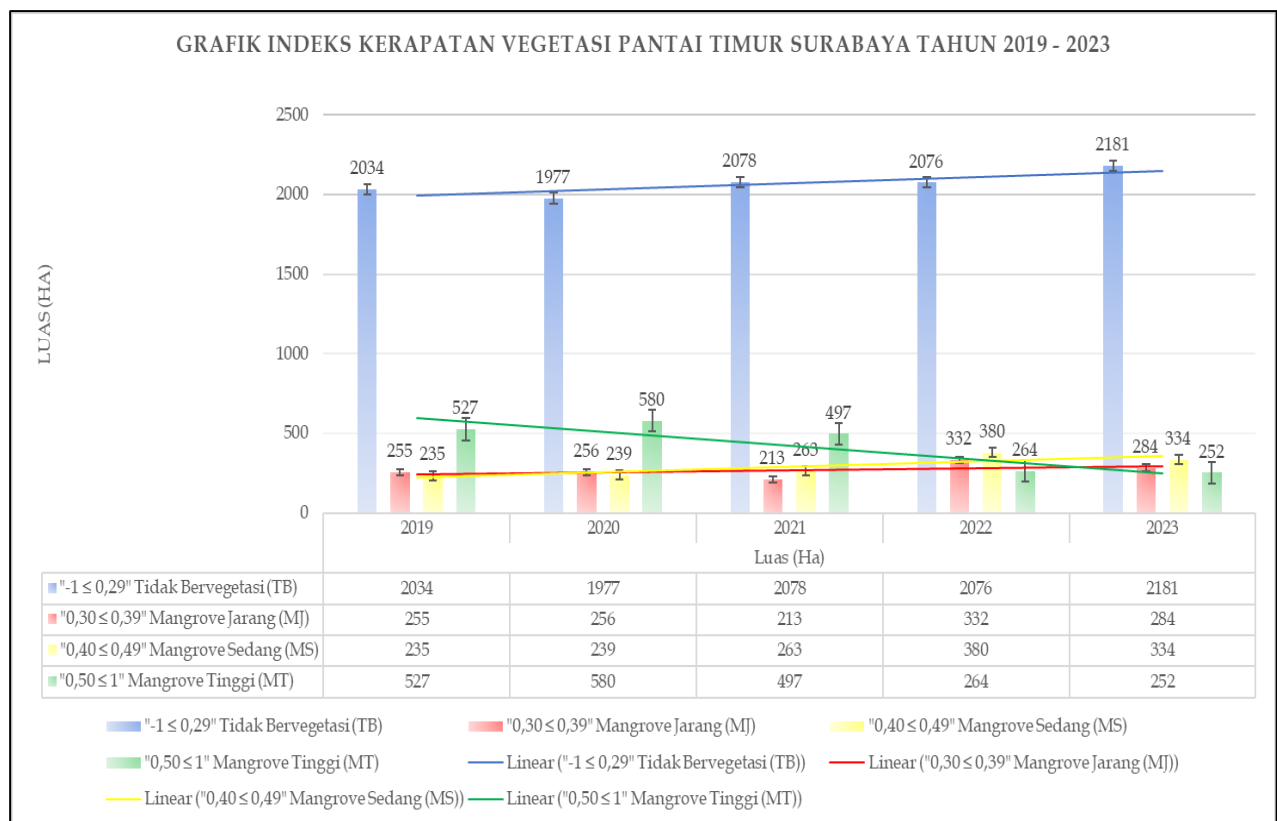


Gambar 4.14 NDVI Tahun 2023.

Tabel 4.4 Hasil Klasifikasi NDVI di Pantai Timur Surabaya.

Klasifikasi	Luas (Ha)				
	2019	2020	2021	2022	2023
Tidak Bervegetasi (TB)	2034	1977	2078	2076	2181
Mangrove Jarang (MJ)	255	256	213	332	284
Mangrove Sedang (MS)	235	239	263	380	334
Mangrove Tinggi (MT)	528	580	498	264	253
Total Luas	23052	3052	3052	3052	3052

Berdasarkan data pada Tabel 4.4, luas area Tidak Bervegetasi mengalami peningkatan bertahap, dimulai dari 2034 hektar pada tahun 2019 dan meningkat secara konsisten menjadi 2181 hektar pada tahun 2023. Peningkatan ini menunjukkan adanya penurunan vegetasi di beberapa area. Sebaliknya, Mangrove Jarang menunjukkan fluktuasi luas yang lebih dinamis, dengan area yang semula 255 hektar pada tahun 2019 mengalami kenaikan menjadi 332 hektar pada tahun 2022, sebelum akhirnya turun kembali menjadi 284 hektar pada tahun 2023. Mangrove Sedang juga mengalami perubahan, dengan peningkatan luas dari 235 hektar pada tahun 2019 menjadi 380 hektar pada tahun 2022, namun kembali menurun menjadi 334 hektar pada tahun 2023. Perubahan luas NDVI selama periode 2019 - 2023 menunjukkan penambahan luas Tidak Bervegetasi sebanyak 147 hektar, yang mengindikasikan hilangnya wilayah mangrove atau perubahan lain dalam tutupan lahan. Sementara itu, Mangrove Jarang dan Mangrove Sedang bertambah masing-masing sebesar 29 dan 99 hektar, namun Mangrove Tinggi mengalami penurunan yang signifikan sebesar 275 hektar. Gambar 4.15 menampilkan grafik yang menggambarkan perubahan ini secara visual, berdasarkan data yang disajikan dalam Tabel 4.4



Gambar 4.15 Grafik Hasil Klasifikasi NDVI di Pantai Timur Surabaya.

Berdasarkan Gambar 4.15, wilayah Pantai Timur Surabaya mayoritas ditutupi oleh hutan mangrove dengan klasifikasi NDVI mangrove tinggi. Namun, terjadi penurunan luasan mangrove yang signifikan mulai tahun 2022 hingga 2023. Menurut L. Saha dan kolega dalam artikel *The Impact of the COVID-19 Lockdown on Global Air Quality: A Review*, perbaikan kualitas udara yang signifikan akibat pengurangan emisi dari transportasi dan aktivitas industri, yang secara tidak langsung dapat menguntungkan kesehatan hutan dengan mengurangi deposisi polutan atmosfer. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa selama masa COVID-19, yaitu dari tahun 2019 hingga 2021, proses regenerasi alami tumbuhan di Pantai Timur Surabaya mengalami peningkatan akibat perbaikan kualitas udara tersebut. Akan tetapi, sejak tahun 2022 hingga 2023, ketika aktivitas masyarakat perkotaan mulai meningkat kembali, luasan mangrove yang terdegradasi kembali tercatat. Peningkatan interaksi manusia dan kemungkinan kembali meningkatnya polusi mungkin telah berkontribusi terhadap penurunan kesehatan ekosistem mangrove. Kondisi ini menggarisbawahi pentingnya manajemen berkelanjutan dan perlindungan hutan mangrove di tengah dinamika pembangunan dan perubahan pola aktivitas manusia pasca-pandemi. Gambar 4.10 hingga 4.14 menampilkan peta kerapatan indeks vegetasi mangrove di Pantai Timur Surabaya tahun 2019 hingga 2023.

Data klasifikasi NDVI per kecamatan di Pantai Timur Surabaya terdapat pada Tabel 4.5. Berdasarkan analisis, di Sukolilo Baru terdapat transisi dari tidak bervegetasi ke mangrove jarang atau sedang dengan penurunan tidak bervegetasi dari 53,74 hektar pada 2019 menjadi 23,92 hektar pada 2023, serta peningkatan mangrove jarang dari 6,55 hektar menjadi 15,85 hektar dan mangrove sedang dari 10,23 hektar menjadi 42,50 hektar. Di Dukuh Sutorejo, terjadi transisi mangrove tinggi ke kelas di bawahnya dengan penurunan dari 11,68 hektar menjadi 0,11 hektar, serta peningkatan mangrove jarang dari 3,57 hektar menjadi 5,73 hektar dan mangrove sedang dari 2,49 hektar menjadi 11,10 hektar. Di Kejawan Putih Tambak, terjadi penurunan mangrove tinggi dari 56,95 hektar menjadi 37,74 hektar, dengan peningkatan mangrove jarang dari 11,80 hektar menjadi 15,27 hektar dan mangrove sedang dari 8,91 hektar menjadi 20,46 hektar.

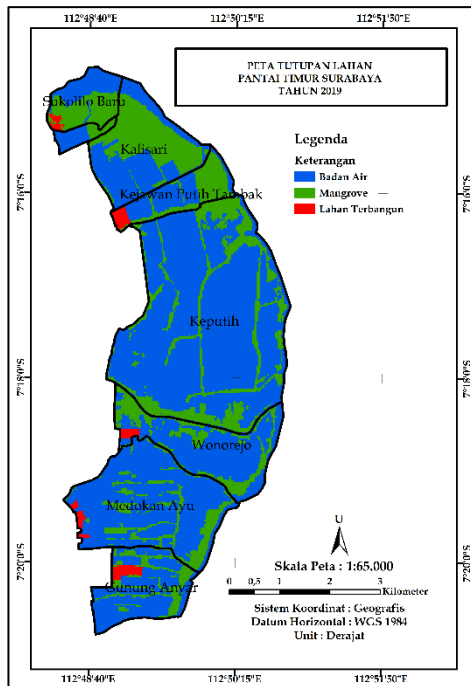
Pada wilayah Kalisari, terdapat penurunan mangrove di setiap kategori, dengan tidak bervegetasi menurun dari 153,92 hektar menjadi 139,46 hektar, mangrove jarang meningkat dari 10,06 hektar menjadi 24,59 hektar, mangrove sedang meningkat signifikan dari 12,10 hektar menjadi 124,68 hektar, dan mangrove tinggi menurun drastis dari 154,91 hektar menjadi 42,33 hektar. Di Keputih, terjadi peningkatan tidak bervegetasi dari 903,47 hektar menjadi 996,39 hektar dengan penurunan mangrove jarang dari 99,84 hektar menjadi 78,18 hektar dan mangrove sedang dari 88,21 hektar menjadi 55,66 hektar, serta penurunan mangrove tinggi dari 132,99 hektar menjadi 94,35 hektar. Kelurahan Wonorejo, Medokan Ayu, dan Gunung Anyar, terjadi transisi dari mangrove sedang dan tinggi ke mangrove jarang dengan penurunan mangrove tinggi masing-masing dari 41,84 hektar menjadi 16,75 hektar, dari 37,13 hektar menjadi 3,46 hektar, dan dari 27,21 hektar menjadi 4,36 hektar, serta peningkatan mangrove jarang di masing-masing kelurahan.

Tabel 4.5 Hasil Klasifikasi NDVI di Kelurahan Pantai Timur Surabaya.

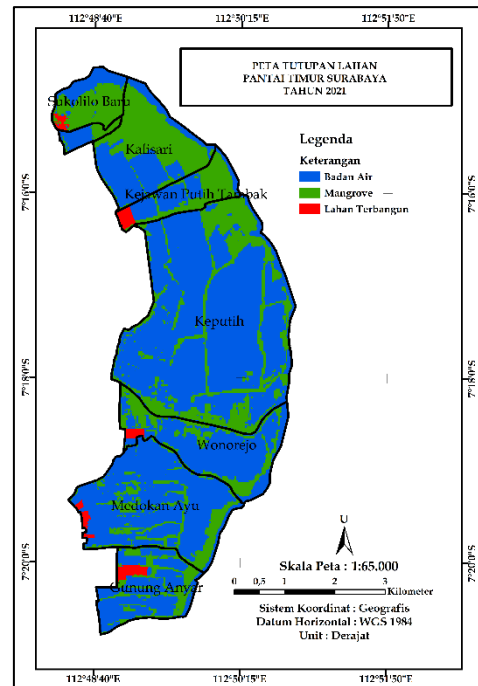
Kelurahan	Klasifikasi	Luas (Ha)				
		2019	2020	2021	2022	2023
Sukolilo Baru	TB	53,74	43,33	42,32	38,45	23,92
	MJ	6,55	5,85	7,19	14,03	15,85
	MS	10,23	9,97	20,90	39,40	42,50
	MT	62,33	73,70	62,44	40,97	50,57
Dukuh Sutorejo	TB	18,87	18,27	16,69	19,64	19,72
	MJ	3,57	1,92	2,95	3,81	5,73
	MS	2,49	1,77	9,15	13,07	11,10
	MT	11,68	14,65	4,88	0,74	0,11
Kejawen Putih Tambak	TB	77,80	73,56	74,03	77,79	82,01
	MJ	11,80	11,03	11,20	16,18	15,27
	MS	8,91	12,46	11,47	18,14	20,46
	MT	56,95	58,43	58,76	43,36	37,74
Kalisari	TB	153,92	145,71	145,25	146,38	139,46
	MJ	10,06	11,14	12,12	22,87	24,59
	MS	12,10	12,53	45,57	116,61	124,68
	MT	154,91	161,68	127,94	45,19	42,33
Keputih	TB	903,47	892,23	931,90	927,49	996,39
	MJ	99,84	98,75	70,76	108,20	78,18
	MS	88,21	84,76	82,58	94,42	55,66
	MT	132,99	148,53	139,06	94,46	94,35
Wonorejo	TB	208,14	205,63	221,56	224,36	237,36
	MJ	31,10	33,68	27,31	43,11	40,31
	MS	40,01	40,45	31,28	30,90	26,74
	MT	41,84	41,41	40,95	22,79	16,75
Medokan Ayu	TB	387,17	371,01	410,27	398,70	432,46
	MJ	61,04	63,15	49,11	78,36	63,71
	MS	41,46	46,70	33,43	41,87	29,18
	MT	37,13	47,94	35,94	9,88	3,46
Gunung Anyar	TB	161,31	157,34	162,41	171,74	179,48
	MJ	29,58	28,90	30,74	41,30	38,67
	MS	26,03	27,21	26,86	24,59	21,68
	MT	27,21	30,74	24,13	6,57	4,36

4.3 Tutupan Lahan Pantai Timur Surabaya

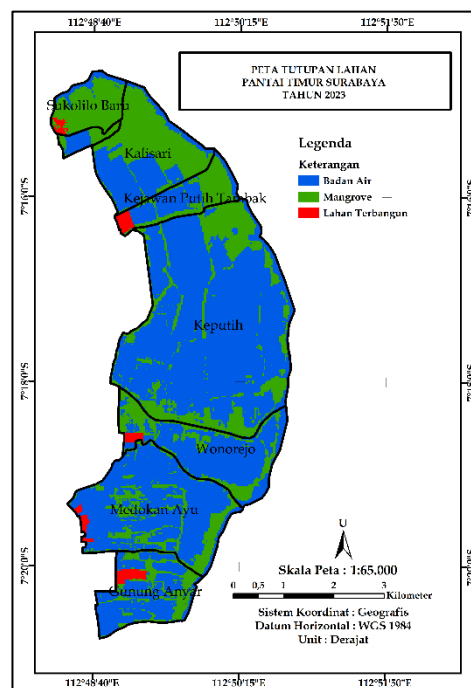
Berdasarkan pengolahan citra satelit Landsat 8 dan data penggunaan lahan Kota Surabaya untuk tahun 2022, telah dibuat peta tutupan lahan Pantai Timur Surabaya untuk tahun 2019, 2021, dan 2023. Proses pembuatan peta ini menggunakan teknik klasifikasi terbimbing. Citra yang digunakan telah melalui proses *pansharpening* untuk meningkatkan kualitas visual citra. Gambar 4.16 hingga 4.18 menunjukkan hasil klasifikasi tutupan lahan Pantai Timur Surabaya Tahun 2019, 2021 dan 2023.



Gambar 4.16 Tutupan Lahan Tahun 2019.



Gambar 4.17 Tutupan Lahan Tahun 2021.



Gambar 4.18 Tutupan Lahan Tahun 2023.

Tabel 4.6 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan di Pantai Timur Surabaya.

Klasifikasi	Luas (Ha)		
	2019	2021	2023
Badan Air (BA)	2178,16	2065,48	2031,86
Lahan Terbangun (LT)	46,89	46,89	68,21
Mangrove (MRV)	809,76	922,44	957,47

Berdasarkan data Tabel 4.6, terdapat penurunan luas badan dari 2178,16 Ha pada tahun 2019 menjadi 2065,48 Ha pada tahun 2021, dan akhirnya ke 2031,86 Ha pada tahun 2023. Luas lahan terbangun tetap stabil pada 46,89 Ha dari tahun 2019 hingga 2021, namun mengalami peningkatan signifikan menjadi 68,21 Ha pada tahun 2023, yang menunjukkan adanya aktivitas pembangunan dan urbanisasi di wilayah tersebut. Sebaliknya, luas mangrove meningkat secara signifikan dari 809,76 Ha pada tahun 2019 menjadi 922,44 Ha pada tahun 2021, dan selanjutnya ke 957,47 Ha pada tahun 2023. Tabel 4.7 menunjukkan hasil klasifikasi tutupan lahan di setiap kelurahan di Pantai Timur Surabaya.

Tabel 4.7 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan di Kelurahan Pantai Timur Surabaya.

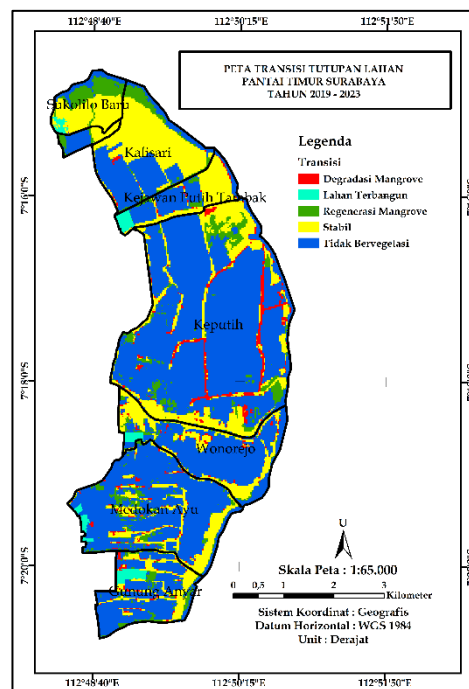
Kelurahan	Klasifikasi	Luas (Ha)		
		2019	2021	2023
Sukolilo Baru	BA	62,78	45,54	18,69
	LT	6,63	6,63	7,89
	MRV	71,46	88,70	115,55
Dukuh Sutorejo	BA	24,50	21,59	17,67
	LT	0,22	0,22	3,04
	MRV	12,24	15,15	19,08
Kejawen Putih Tambak	BA	87,44	78,68	80,71
	LT	10,94	10,94	11,83
	MRV	68,06	76,81	74,78
Kalisari	BA	163,27	148,88	137,63
	LT	-	-	-
	MRV	168,10	182,49	193,74
Keputih	BA	989,62	951,40	972,47
	LT	-	-	-
	MRV	239,38	277,60	256,53
Wonorejo	BA	233,39	232,87	228,99
	LT	6,47	6,47	7,13
	MRV	94,67	95,19	99,07
Medokan Ayu	BA	432,11	417,11	406,76
	LT	8,98	8,98	22,47
	MRV	96,73	111,73	123,48
Gunung Anyar	BA	184,69	169,07	168,61
	LT	13,61	13,61	15,26
	MRV	59,05	74,66	75,13

Tabel 4.8 Transisi Tutupan Lahan di Pantai Timur Surabaya Tahun 2019 - 2023.

TUPLA 2019	Luas (Ha)		Tutupan Lahan (TUPLA) 2023	
	Badan Air	Mangrove	Lahan Terbangun	Luas
Badan Air	1938,73	134,44	40,39	2113,56
Mangrove	102,83	823,03	6,50	932,36
Lahan Terbangun	41,51	10,61	46,89	99,00
Total Luas	2083,06	968,08	93,78	3144,92

Sebagian besar area Badan Air pada tahun 2019 tetap menjadi Badan Air pada tahun 2023 dengan luas 1938,73 hektar. Namun, terdapat konversi dari Badan Air menjadi Mangrove dengan luas 134,44 hektar, yang menunjukkan adanya perubahan fungsi lahan. Selain itu, sejumlah kecil area Badan Air berubah menjadi Lahan Terbangun dengan luas 40,39 hektar, yang mengindikasikan adanya pembangunan di area tersebut. Sementara itu, beberapa area Mangrove pada tahun 2019 berubah menjadi Badan Air pada tahun 2023 dengan luas 102,83 hektar. Sebagian besar area Mangrove tetap menjadi Mangrove dengan luas 823,03 hektar, menandakan stabilitas tutupan lahan Mangrove, meskipun terdapat sejumlah kecil area Mangrove yang berubah menjadi Lahan Terbangun dengan luas 6,50 hektar. Dalam kategori Lahan Terbangun, sejumlah kecil area pada tahun 2019 berubah menjadi Badan Air pada tahun 2023 dengan luas 41,51 hektar, sementara area Lahan Terbangun lainnya berubah menjadi Mangrove dengan luas 10,61 hektar. Sebagian besar area Lahan Terbangun tetap stabil dengan luas 46,89 hektar.

Gambar 4.19 menunjukkan peta perubahan tutupan lahan dari tahun 2019 hingga 2023. Pada peta tersebut, terlihat adanya regenerasi mangrove di wilayah utara Pantai Timur Surabaya, serta beberapa area degradasi mangrove yang ditandai dengan warna merah. Gambar 4.19 dapat dijadikan acuan untuk memverifikasi hasil klasifikasi NDVI; semakin mirip peta tersebut dengan hasil klasifikasi NDVI, maka data yang diperoleh akan semakin akurat. Peta tutupan lahan ini dibuat berdasarkan klasifikasi terbimbing dengan tingkat pengenalan objek yang tinggi, sementara klasifikasi NDVI sangat bergantung pada penentuan nilai klasifikasi oleh pengguna.



Gambar 4.19 Pola Tutupan Lahan Tahun 2019 - 2023.

4.4 Validasi Data

Validasi data adalah proses untuk memastikan keakuratan data yang diperoleh. Dalam penelitian ini, metode validasi data dilakukan dengan membandingkan hasil peta tutupan lahan dan peta NDVI yang telah dibuat. Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk memastikan akurasi data. Metode yang digunakan adalah rumus *Relative Changes* atau perubahan relatif untuk tiap luasan per kelurahan di Pantai Timur Surabaya. Jika persentase perbedaan relatif terhadap nilai maksimal kecil, maka semakin tinggi akurasi data. Selanjutnya, perlu dilakukan validasi lapangan dengan melakukan *Ground Truth* untuk memastikan bahwa peta tutupan lahan dan peta NDVI yang telah dibuat akurat, baik secara data maupun secara nyata.

Rumus perubahan relatif secara umum dapat dinyatakan dengan persamaan 4.1.

$$RC = \frac{|X-Y|}{MAX(X,Y)} \dots\dots\dots 4.1$$

(Sumber: Brauen, dkk. 2020)

Dimana:

RC = *Relative Changes* (Perubahan Relatif)

X = Nilai Awal

Y = Nilai Akhir

$MAX(X,Y)$ = Nilai maksimum dari X dan Y

Perhitungan perubahan relatif dilakukan dengan membandingkan terhadap nilai maksimum, agar selisih yang didapat relatif terhadap nilai maksimumnya. Dengan kata lain, tingkat perbedaan dari satu nilai ke nilai lainnya dapat diketahui; semakin besar persentasenya, semakin besar perbedaannya. Parameter lahan terbangun dan badan air pada peta tutupan lahan, sedangkan kedua parameter tersebut di peta NDVI menjadi satu dalam kategori tidak bervegetasi. Sementara itu, kategori mangrove jarang, sedang, dan tinggi pada peta NDVI menjadi satu kategori mangrove di peta tutupan lahan. Tabel 4.9 menunjukkan hasil analisis validasi data dengan menghitung perubahan relatif tiap tahun untuk setiap kategori.

Tabel 4.9 Hasil Validasi Peta NDVI dan Tutupan Lahan.

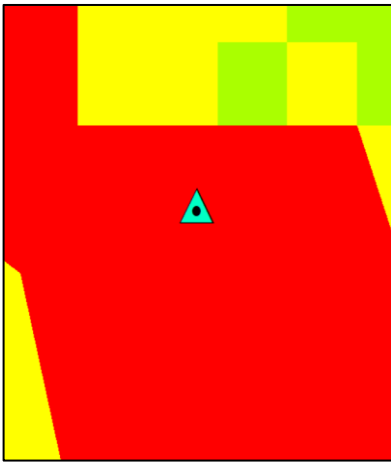
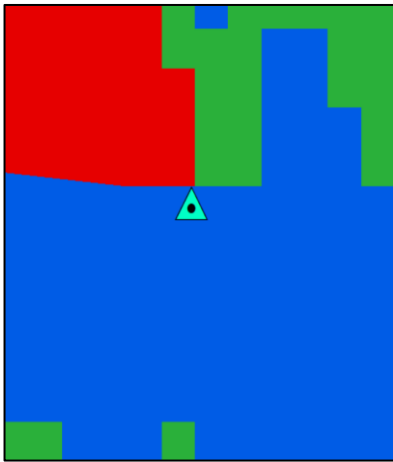
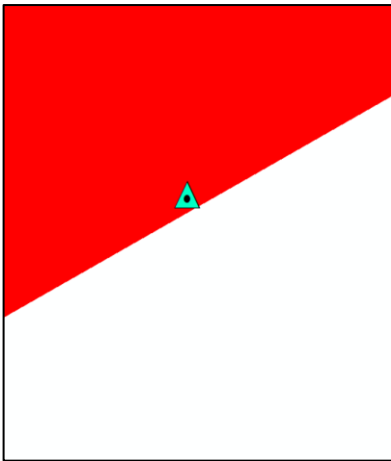
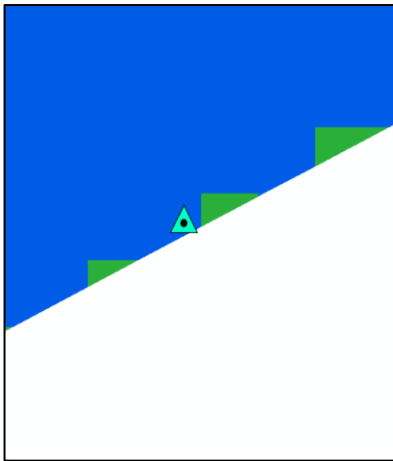
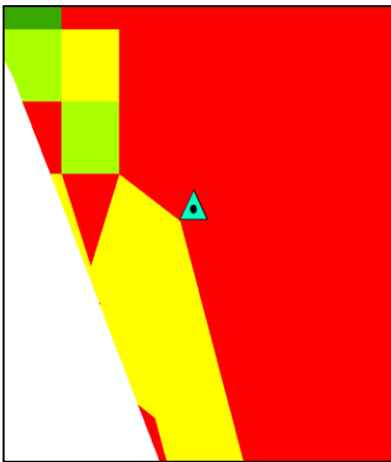
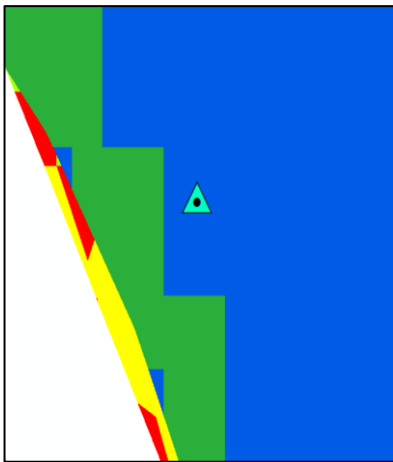
Kelurahan	Kategori	Tutupan Lahan (Ha)			NDVI (Ha)			<i>Relative Changes</i>		
		2019	2021	2023	2019	2021	2023	2019	2021	2023
Sukolilo	LT, BA	69,41	52,17	26,58	53,74	42,32	23,92	22,6%	18,9%	10,0%
Baru	MRV	71,46	88,7	115,6	79,11	90,53	108,9	9,7%	2,0%	5,7%
Dukuh	LT, BA	24,72	21,81	20,71	18,87	16,69	19,72	23,7%	23,5%	4,8%
Sutorejo	MRV	12,24	15,15	19,08	17,74	16,98	16,94	31,0%	10,8%	11,2%
K. Putih	LT, BA	98,38	89,62	92,54	77,8	74,03	82,01	20,9%	17,4%	11,4%
Tambak	MRV	68,06	76,81	74,78	77,66	81,43	73,47	12,4%	5,7%	1,8%
Kalisari	LT, BA	163,3	148,9	137,6	153,9	145,3	139,5	5,7%	2,4%	1,3%
	MRV	168,1	182,5	193,7	177,1	185,6	191,6	5,1%	1,7%	1,1%
Keputih	LT, BA	989,6	951,4	972,5	903,5	931,9	996,4	8,7%	2,0%	2,4%
	MRV	239,4	277,6	256,5	321	185,6	228,2	25,4%	33,1%	11,0%
Wonorejo	LT, BA	239,9	239,3	236,1	208,1	221,6	237,4	13,2%	7,4%	0,5%
	MRV	94,67	95,19	99,07	113	99,54	83,8	16,2%	4,4%	15,4%
Medokan Ayu	LT, BA	441,1	426,1	429,2	387,2	410,3	432,5	12,2%	3,7%	0,7%
	MRV	96,73	111,7	123,5	139,6	118,5	96,35	30,7%	5,7%	22,0%
Gunung Anyar	LT, BA	198,3	182,7	183,9	161,3	162,4	179,5	18,7%	11,1%	2,4%
	MRV	59,05	74,66	75,13	82,82	81,73	64,71	28,7%	8,7%	13,9%

Berdasarkan pada Tabel 4.9 rata-rata akurasi data Lahan Terbangun dan Badan Air (Tutupan Lahan) terhadap Tidak Bervegetasi (NDVI) tercatat sebesar 84,3% pada tahun 2019, meningkat menjadi 89,2% pada tahun 2021, dan mencapai 95,8% pada tahun 2023. Untuk data Mangrove (Tutupan Lahan) terhadap Mangrove Jarang, Sedang, dan Tinggi (NDVI), akurasi tercatat 80,1% pada tahun 2019, naik menjadi 94,5% pada tahun 2021, dan kemudian turun menjadi 89,7% pada tahun 2023. Hasil tersebut mencerminkan konsistensi data yang relatif tinggi, dengan semua tingkat akurasi di atas 80%. *Ground Truth* adalah data yang dikumpulkan secara langsung dari lapangan. Dalam konteks penginderaan jauh, *Ground Truth* mencakup informasi mengenai kondisi sebenarnya dari objek yang sedang diteliti. Objek yang diteliti adalah parameter Mangrove, Lahan Terbangun, dan Badan Air. Dalam penelitian ini, *Ground Truth* diambil dari 21 titik sampel yang tersebar di berbagai wilayah di pantai timur Surabaya, dengan 9 titik berada di kawasan mangrove dan 12 titik di lahan terbangun atau badan air. Proses *Ground Truth* ini dilakukan untuk memvalidasi data peta tutupan lahan dan NDVI yang telah dibuat.

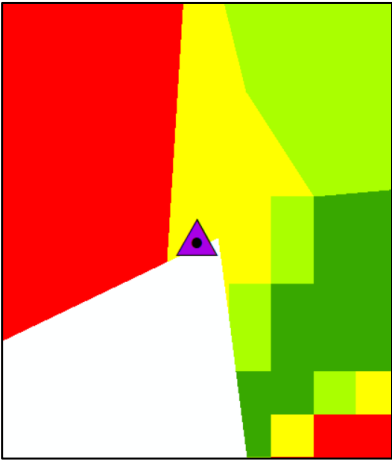
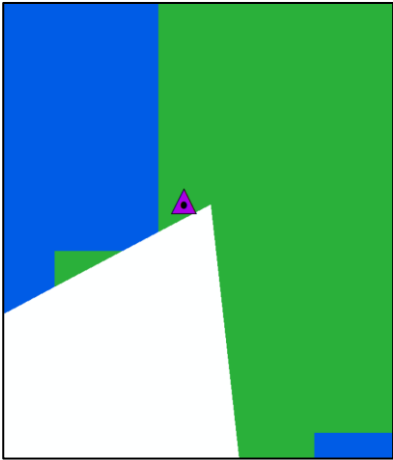
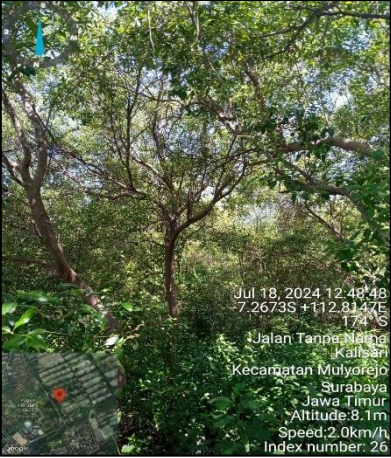
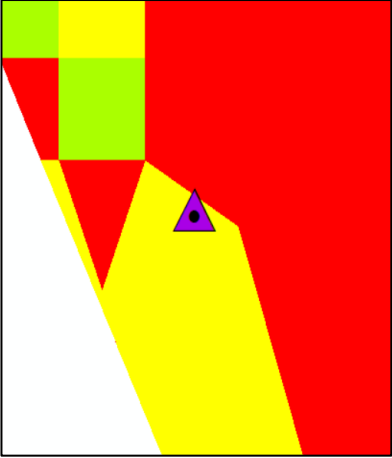
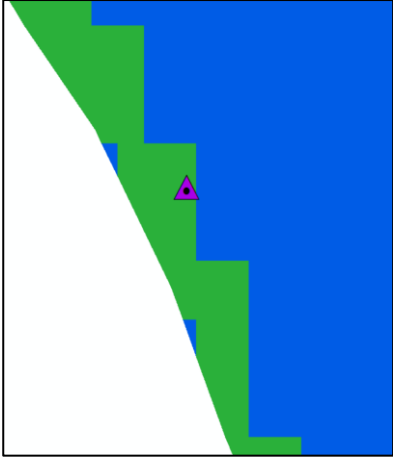
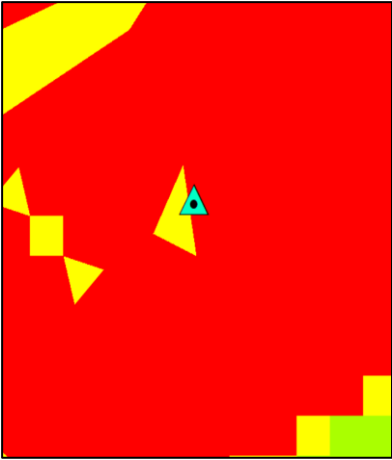
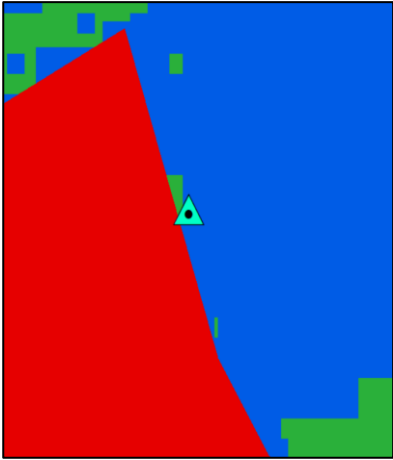
Tabel 4.10 Titik Sampel *Ground Truth*.

Kelurahan	No. Sampel	Kategori	Koordinat Wilayah	
			<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>
Sukolilo Baru	1	Badan Air	112,8060	-7,2558
Dukuh Sutorejo	2	Badan Air	112,8092	-7,2580
	3	Badan Air	112,8149	-7,2673
Kalisari	4	Mangrove	112,8105	-7,2574
	5	Mangrove	112,8147	-7,2673
Kejawen Putih	6	Badan Air	112,8178	-7,2703
Tambak	7	Lahan Terbangun	112,8183	-7,2717
	8	Lahan Terbangun	112,8151	-7,2952
Keputih	9	Lahan Terbangun	112,8088	-7,3229
	10	Badan Air	112,8213	-7,3088
	11	Mangrove	112,8218	-7,3081
	12	Mangrove	112,8222	-7,3080
	13	Mangrove	112,8217	-7,3081
	14	Mangrove	112,8218	-7,3083
	15	Mangrove	112,8218	-7,3076
	16	Mangrove	112,8202	-7,3292
Medokan	17	Badan Air	112,8237	-7,3302
Ayu	18	Lahan Terbangun	112,8110	-7,3288
	19	Lahan Terbangun	112,8105	-7,3286
Gunung	20	Badan Air	112,8212	-7,3365
Anyar	21	Mangrove	112,8217	-7,3361

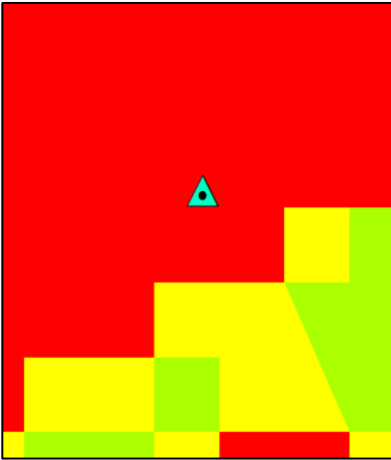
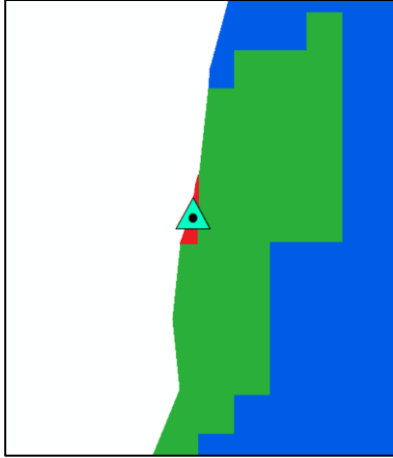
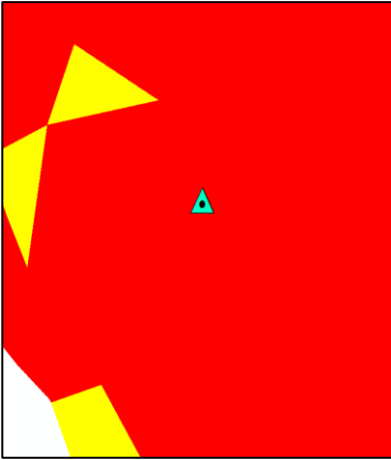
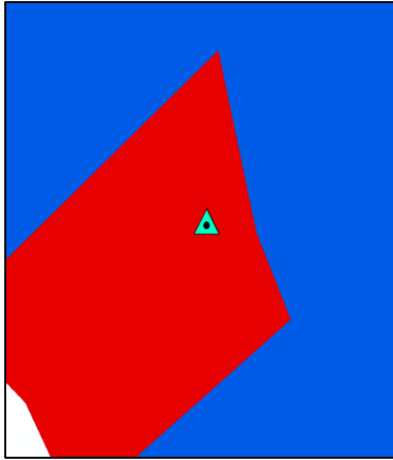
Kesimpulan yang didapat dari hasil *Ground Truth* adalah bahwa semua sampel yang diambil menunjukkan data yang sesuai. Hal ini dibuktikan dengan data lapangan pada titik koordinat yang menunjukkan parameter yang sesuai dengan peta NDVI dan peta tutupan lahan. Sebagai contoh, pada sampel nomor 1, data lapangan terlihat pada foto adalah wilayah Badan Air. Pada peta NDVI, wilayah tersebut dikategorikan sebagai tidak bervegetasi, dan pada peta tutupan lahan, wilayah tersebut adalah badan air. Gambar 4.20 hingga Gambar 4.26 menunjukkan data lapangan, peta NDVI dan juga peta tutupan lahan.

	Data Lapangan	Peta NDVI	Peta Tutupan Lahan	Status
	-	TB MJ MS MT	BA LT MRV	
1				Sesuai (BA)
2				Sesuai (BA)
3				Sesuai (BA)

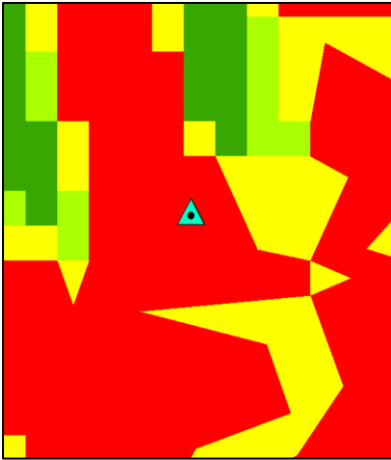
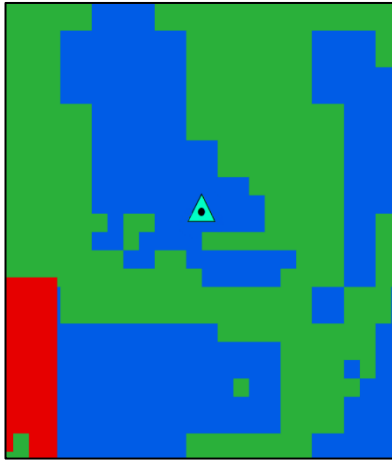
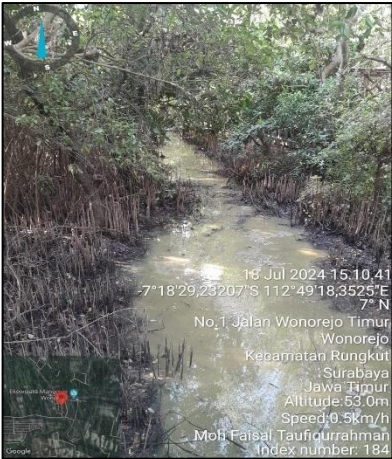
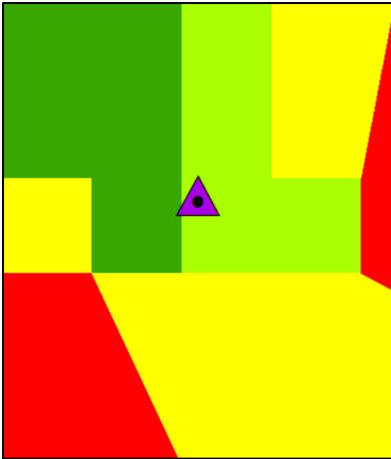
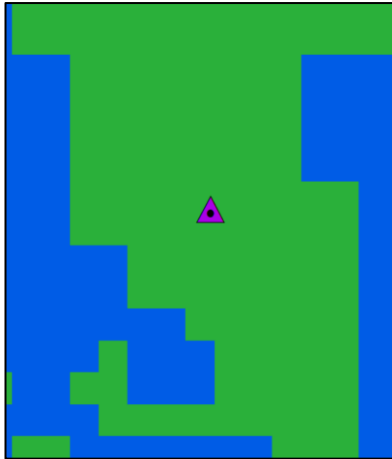
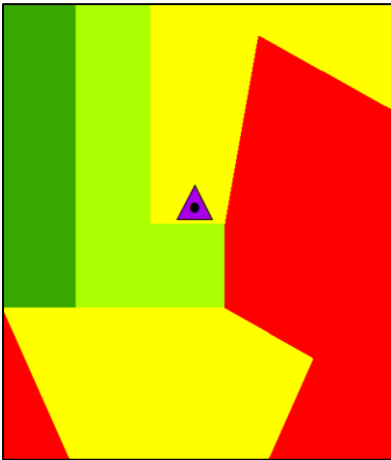
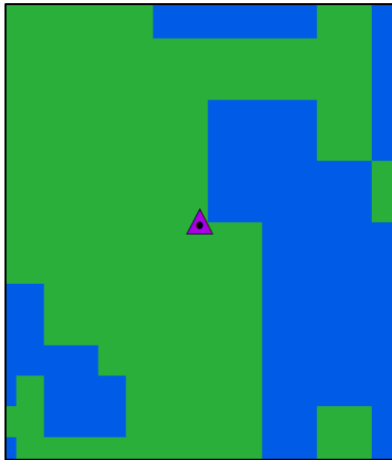
Gambar 4.20 Sampel *Ground Truth* Nomor 1 – 3.

No	Data Lapangan	Peta NDVI	Peta Tutupan Lahan	Status
	-	TB MJ MS MT	BA LT MRV	
4	 Jul 18, 2024 13:05:41 -7.2574S +112.8105E 149° SE KAV 06 Jalan Kaliasari Daman Kaliasari Kecamatan Mulyorejo Surabaya Jawa Timur Altitude: 20.3m Speed: 1.3km/h Index number: 42			Sesuai (MRV)
5	 Jul 18, 2024 12:48:48 -7.2673S +112.8144E 174° S Jalan Tampak Nelaya Kaliasari Kecamatan Mulyorejo Surabaya Jawa Timur Altitude: 8.1m Speed: 2.0km/h Index number: 26			Sesuai (MRV)
6	 18/07/2024 -7.2703S +112.8178E 25° NE Kejawaan Putih Tamba Kecamatan Mulyorejo Surabaya Jawa Timur lahan bangunan Sukolilo			Sesuai (MRV)

Gambar 4.21 Sampel *Ground Truth* Nomor 4 – 6.

No	Data Lapangan	Peta NDVI	Peta Tutupan Lahan	Status
	-	TB MJ MS MT	BA LT MRV	
7	 18/07/2024 7,2717S +112,8183E F20.no 23 Jalan Imperial Beach Kelurahan Putih Tamaa Kecamatan Mulyorejo Surabaya Jawa Timur lahan mangrove Sukolilo			Sesuai (LT)
8	 18/07/2024 7,2950116666666664S 112,81511166666665E 233° SW 68 Jalan Sukolilo Mulia I Keputih Kecamatan Sukolilo Surabaya Jawa Timur lahan bangunan Sukolilo Dian regency 2 Surabaya			Sesuai (LT)
9	 Kecamatan Rungkut, Jawa Timur, Indonesia Jl. Tambak Medoan Ayu GS XVI Mawar No.47, Medoan Ayu, Kec. Rungkut, Surabaya, Jawa Timur 60286, Indonesia Lat -7,322653° Long 112,906842° 18/07/24 10:00 AM GMT +07:00			Sesuai (LT)

Gambar 4.22 Sampel *Ground Truth* Nomor 7 – 9.

No	Data Lapangan	Peta NDVI	Peta Tutupan Lahan	Status
	-	TB MJ MS MT	BA LT MRV	
10				Sesuai (BA)
11				Sesuai (MRV)
12				Sesuai (MRV)

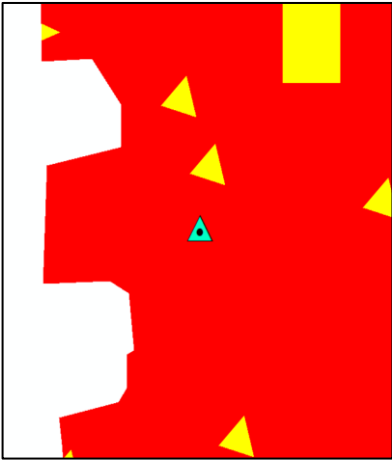
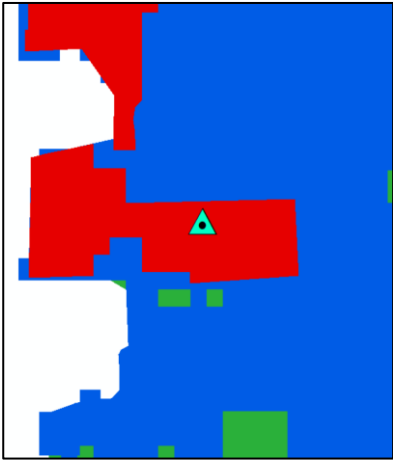
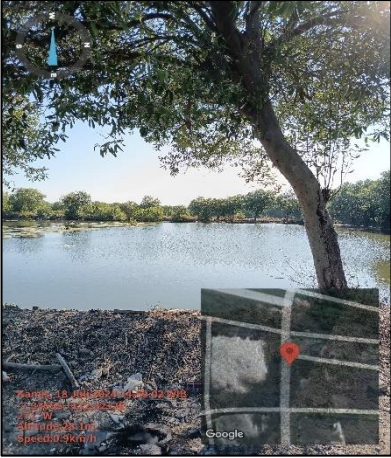
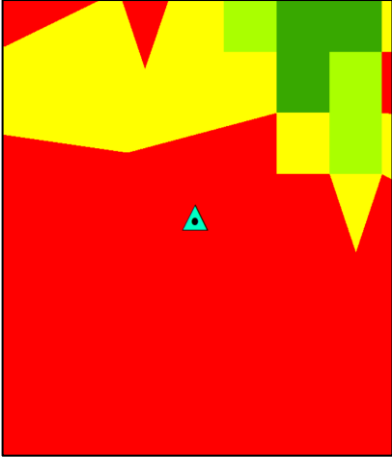
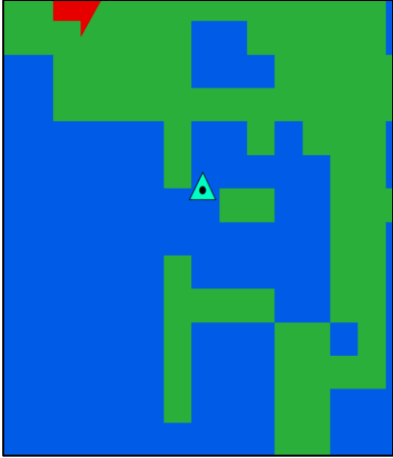
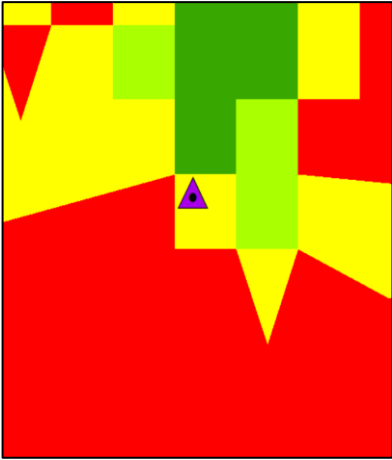
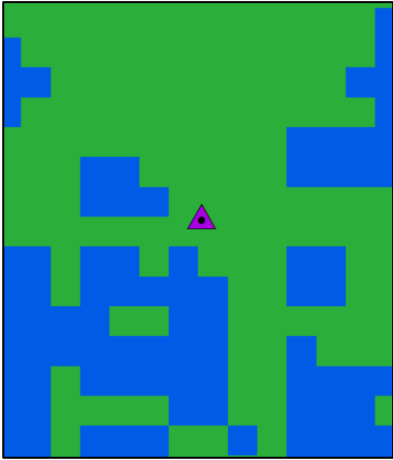
Gambar 4.23 Sampel *Ground Truth* Nomor 10 – 12.

No	Data Lapangan	Peta NDVI	Peta Tutupan Lahan	Status
	-	TB MJ MS MT	BA LT MRV	
13				Sesuai (MRV)
14				Sesuai (MRV)
15				Sesuai (MRV)

Gambar 4.24 Sampel *Ground Truth* Nomor 11 – 15.

No	Data Lapangan	Peta NDVI	Peta Tutupan Lahan	Status
	-	TB MJ MS MT	BA LT MRV	
16				Sesuai (MRV)
17				Sesuai (MRV)
18				Sesuai (LT)

Gambar 4.25 Sampel *Ground Truth* Nomor 16 – 18.

No	Data Lapangan	Peta NDVI	Peta Tutupan Lahan	Status
	-	TB MJ MS MT	BA LT MRV	
19				Sesuai (LT)
20				Sesuai (BA)
21				Sesuai (MRV)

Gambar 4.26 Sampel *Ground Truth* Nomor 19 – 21.

Inter-rater reliability adalah reliabilitas yang dilihat dari tingkat kesepakatan (*agreement*) antara penilai (*rater*), yang akan memberikan gambaran (berupa skor) tentang sejauh mana tingkat kesepakatan/persetujuan yang diberikan oleh ahli. Salah satu koefisien IRR adalah *Cohen Kappa* (κ), yang merupakan ukuran reliabilitas yang menyatakan konsistensi pengukuran oleh dua orang penilai (*rater*). (McHugh, 2012). Rumus 4.2 adalah persamaan *Cohen's Kappa*.

$$\kappa = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} \dots\dots\dots 4.2$$

Keterangan:

κ = Koefisien *Cohen's Kappa*.

p_o = Proporsi kesesuaian yang diamati antara dua penilai (*actual observed agreement*).

p_e = Proporsi kesesuaian yang diharapkan secara kebetulan (*chance agreement*).

Rumus 4.2 Persamaan *Cohen's Kappa*

(Sumber: Mary L. McHugh, 2012:281)

Tabel 4.11 Interpretasi Nilai Koefisien *Cohen's Kappa*.

κ	Tingkat Reliabilitas	Persentase Reliabilitas
< 0	Tidak Ada	Tidak Ada Reliabilitas
0 – 0,20	Minimal	0 – 0.20
0,40 – 0,59	Lemah	15 – 35%
0,60 – 0,79	Sedang	35 – 63%
0,80 – 0,90	Kuat	64 – 81%
Di atas 0,90	Sangat Kuat	82 – 100%

Dalam penelitian ini, perhitungan *Cohen's Kappa* digunakan sebagai tolak ukur tingkat akurasi data *Ground Truth* terhadap peta NDVI dan Tutupan Lahan. Terdapat dua penilai yang terlibat: penilai pertama adalah penulis, yang memberikan skor berdasarkan kategori yang sama untuk data tutupan lahan pada data *Ground Truth*, sedangkan penilai kedua adalah data dari peta tutupan lahan itu sendiri. Tabel 4.12 menampilkan tabel kontingensi yang menggambarkan hasil penilaian dari kedua penilai tersebut.

Tabel 4.12 Tabel Kontingensi Data Tutupan Lahan Terhadap *Ground Truth*.

TUPLA / <i>Ground Truth</i>	Badan Air	Mangrove	Lahan Terbangun	Total
Badan Air	7	0	0	7
Mangrove	0	9	0	9
Lahan Terbangun	0	0	5	5
Total	7	9	5	21

$$p_o = \frac{\text{total nilai diagonal}}{\text{total nilai}} = \frac{7+9+5}{21} = \frac{21}{21} = 1 \dots\dots\dots 4.3$$

$$p_e = \left(\frac{7}{21}\right)^2 + \left(\frac{9}{21}\right)^2 + \left(\frac{5}{21}\right)^2 = \left(\frac{49}{441}\right) + \left(\frac{81}{441}\right) + \left(\frac{25}{441}\right) \approx 0,351 \dots\dots\dots 4.4$$

$$\kappa = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} = \frac{1 - 0,351}{1 - 0,351} = \frac{0,649}{0,649} = 1 \dots\dots\dots 4.5$$

Dapat disimpulkan bahwa dari uji akurasi kappa yang dilakukan, koefisien *Cohen's Kappa* yang diperoleh dari *Ground Truth* adalah 1. Hal ini berarti semua 21 titik sampel koordinat *Ground Truth* sesuai dengan data tutupan lahan, dan tingkat reabilitas data pada kategori sangat kuat.

4.5 Analisis Temporal

Paul A. Longley et al, (2015) dalam buku "*Geographic Information Systems and Science*" menjelaskan bahwa analisis temporal adalah proses eksplorasi informasi yang mengenai perubahan data sepanjang waktu. Proses ini melibatkan observasi, pemodelan, dan interpretasi perubahan fenomena atau variabel terhadap waktu. Analisis temporal yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mengamati perubahan data setiap variabel yang tersedia pada peta tutupan lahan dan juga peta NDVI, yang mana juga akan berguna untuk membuat peta pola penyebaran mangrove, dengan cara mengikuti aturan khusus yang sudah dibuat seperti pada Tabel 4.13 untuk pola penyebaran NDVI.

Tabel 4.13 Klasifikasi Pola Penyebaran Mangrove Peta NDVI.

Kategori Awal	Kategori Akhir	Deskripsi
Tidak Bervegetasi	Tidak Bervegetasi	Tidak Bervegetasi
Tidak Bervegetasi	Mangrove Jarang	Regenerasi Mangrove
Tidak Bervegetasi	Mangrove Sedang	Regenerasi Mangrove
Tidak Bervegetasi	Mangrove Tinggi	Regenerasi Mangrove
Mangrove Jarang	Tidak Bervegetasi	Degradasi Mangrove
Mangrove Jarang	Mangrove Jarang	Stabil
Mangrove Jarang	Mangrove Sedang	Regenerasi Mangrove
Mangrove Jarang	Mangrove Tinggi	Regenerasi Mangrove
Mangrove Sedang	Tidak Bervegetasi	Degradasi Mangrove
Mangrove Sedang	Mangrove Jarang	Degradasi Mangrove
Mangrove Sedang	Mangrove Sedang	Stabil
Mangrove Sedang	Mangrove Tinggi	Regenerasi Mangrove
Mangrove Tinggi	Tidak Bervegetasi	Degradasi Mangrove
Mangrove Tinggi	Mangrove Jarang	Degradasi Mangrove
Mangrove Tinggi	Mangrove Sedang	Degradasi Mangrove
Mangrove Tinggi	Mangrove Tinggi	Stabil

Penjelasan Tabel 4.13 adalah sebagai berikut:

1. Kategori Awal 1 dan Kategori Akhir 2, 3, dan 4: Ada peningkatan atau perkembangan dari kondisi awal, mengindikasikan penambahan vegetasi.
2. Kategori Awal 2 dan Kategori Akhir 3 dan 4: Menunjukkan perbaikan dari kondisi yang lebih rendah menjadi lebih hijau.
3. Kategori Awal 3 dan Kategori Akhir 4: Menandakan peningkatan atau kemajuan dari kondisi sedang ke kondisi yang lebih baik.
4. Kategori Awal 2 dan Kategori Akhir 1: Menggambarkan penurunan dari kondisi stabil menjadi kondisi yang tidak bervegetasi.
5. Kategori Awal 3 dan Kategori Akhir 1 dan 2: Menunjukkan penurunan kondisi dari sedang atau stabil menjadi lebih buruk atau kurang vegetasi.
6. Kategori Awal 4 dan Kategori Akhir 1, 2, dan 3: Menunjukkan penurunan signifikan dari kondisi tinggi atau baik menjadi kondisi yang lebih buruk.
7. Kategori Awal 2 dan Kategori Akhir 2 serta Kategori Awal 3 dan Kategori Akhir 3: Kondisi tetap stabil, tidak ada perubahan yang signifikan dari awal sampai akhir.
8. Kategori Awal dan Kategori Akhir sama: Menandakan bahwa kondisi stabil dan tidak terjadi penurunan atau peningkatan.

Analisis temporal telah dilakukan per tahun untuk mengamati perubahan indeks kerapatan vegetasi di Pantai Timur Surabaya selama periode dari tahun 2019 hingga 2023. Tabel *pivot* dari data luas per tahun menunjukkan dinamika perubahan secara terperinci, untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana vegetasi berkembang atau berubah dalam kurun waktu tersebut.

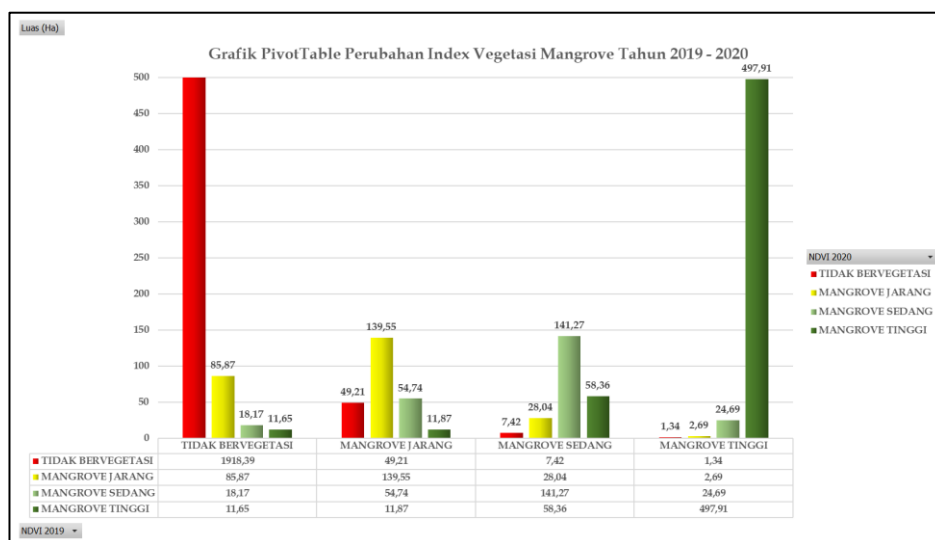
Tabel 4.14 Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2019 – 2020.

NDVI 2019	Luas (Ha)			NDVI 2020	
	Tidak Bervegetasi	Mangrove Jarang	Mangrove Sedang	Mangrove Tinggi	Total Luas
Tidak Bervegetasi	1918,39	85,87	18,17	11,65	2034,08
Mangrove Jarang	49,21	139,55	54,74	11,87	255,36
Mangrove Sedang	7,42	28,04	141,27	58,36	235,09
Mangrove Tinggi	1,34	2,69	24,69	497,91	526,63
Total Luas	1976,35	256,15	238,87	579,79	3051,16

Berdasarkan data pada Tabel 4.14, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Tidak Bervegetasi: Mayoritas tetap tidak bervegetasi (1918,39 ha). Sedikit area berubah menjadi mangrove jarang (85,87 ha), sedang (18,17 ha), dan tinggi (11,65 ha).
2. Mangrove Jarang: Sebagian besar tetap jarang (139,55 ha), ada peningkatan densitas menjadi sedang (54,74 ha) dan tinggi (11,87 ha). Beberapa area berubah menjadi tidak bervegetasi (49,21 ha).
3. Mangrove Sedang: Mayoritas tetap sedang (141,27 ha). Ada peningkatan menjadi tinggi (58,36 ha) dan sedikit degradasi ke jarang (28,04 ha) dan tidak bervegetasi (7,42 ha).
4. Mangrove Tinggi: Sebagian besar tetap tinggi (497,91 ha). Sedikit degradasi ke sedang (24,69 ha), jarang (2,69 ha), dan tidak bervegetasi (1,34 ha).

Kesimpulan tersebut menunjukkan adanya perkembangan positif dalam kerapatan vegetasi. Secara keseluruhan, kondisi NDVI dari 2019 ke 2020 menunjukkan tren yang stabil.



Gambar 4.27 Grafik Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2019 – 2020.

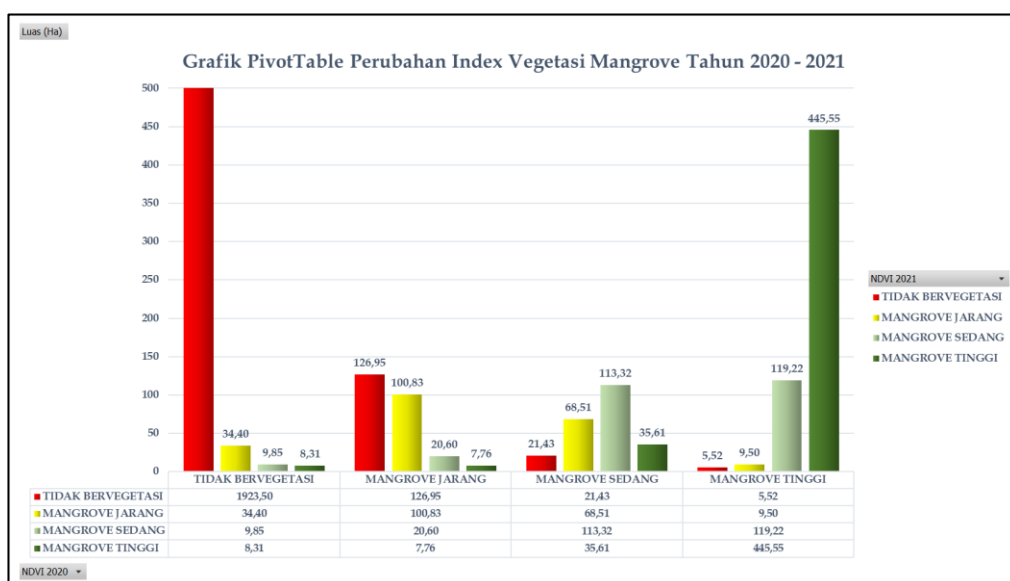
Tabel 4.15 Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2020 – 2021.

NDVI 2020	Luas (Ha)			NDVI 2021	
	Tidak Bervegetasi	Mangrove Jarang	Mangrove Sedang	Mangrove Tinggi	Total Luas
Tidak Bervegetasi	1923,50	34,40	9,85	8,31	1976,06
Mangrove Jarang	126,95	100,83	20,60	7,76	256,15
Mangrove Sedang	21,43	68,51	113,32	35,61	238,87
Mangrove Tinggi	5,52	9,50	119,22	445,55	579,79
Total Luas	2077,40	213,23	263,00	497,24	3050,87

1. Tidak Bervegetasi: Mayoritas tetap tidak bervegetasi (1923,50 ha). Sedikit area berubah menjadi mangrove jarang (34,40 ha), sedang (9,85 ha), dan tinggi (8,31 ha).
2. Mangrove Jarang: Sebagian besar tetap jarang (100,83 ha). Ada peningkatan densitas menjadi sedang (20,60 ha) dan tinggi (7,76 ha). Beberapa area berubah menjadi tidak bervegetasi (126,95 ha).
3. Mangrove Sedang: Mayoritas tetap sedang (113,32 ha). Ada peningkatan menjadi tinggi (35,61 ha) dan sedikit degradasi ke jarang (68,51 ha) dan tidak bervegetasi (21,43 ha).
4. Mangrove Tinggi: Sebagian besar tetap tinggi (445,55 ha). Sedikit degradasi ke sedang (119,22 ha), jarang (9,50 ha), dan tidak bervegetasi (5,52 ha).

Sebagian besar area tidak bervegetasi tetap stabil, sementara ada peningkatan densitas di beberapa area mangrove dan juga degradasi yang terjadi pada:

1. Mangrove jarang ke tidak bervegetasi (126,95 ha).
2. Mangrove sedang ke mangrove jarang (68,51 ha) dan tidak bervegetasi (21,43 ha).
3. Mangrove tinggi ke mangrove sedang (119,22 ha), jarang (9,50 ha), dan tidak bervegetasi (5,52 ha).



Gambar 4.28 Grafik Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2020 – 2021.

Tabel 4.16 Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2021 – 2022.

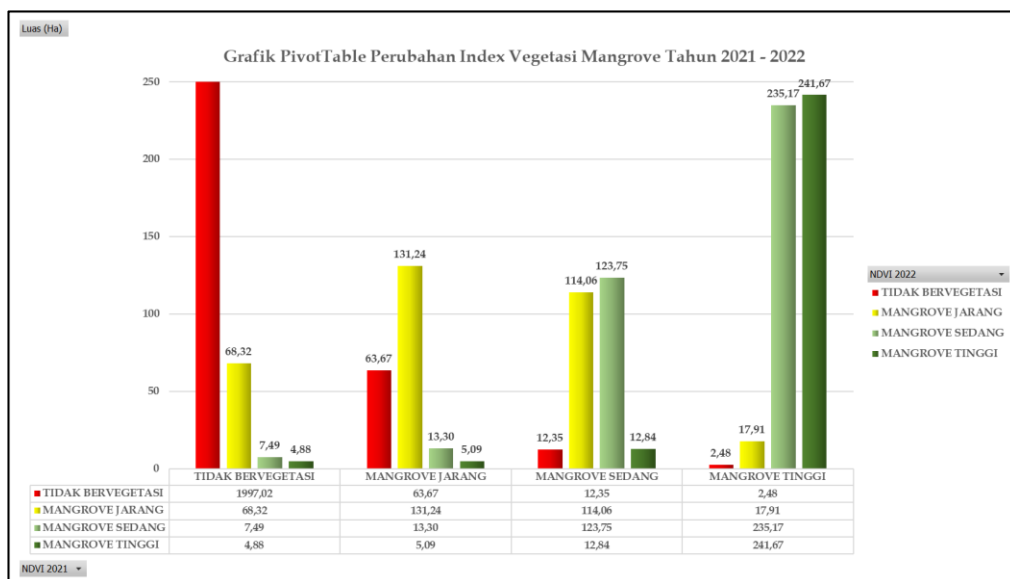
NDVI 2021	Luas (Ha)			NDVI 2022	
	Tidak Bervegetasi	Mangrove Jarang	Mangrove Sedang	Mangrove Tinggi	Total Luas
Tidak Bervegetasi	1997,02	68,32	7,49	4,88	2077,71
Mangrove Jarang	63,67	131,24	13,30	5,09	213,29
Mangrove Sedang	12,35	114,06	123,75	12,84	263,00
Mangrove Tinggi	2,48	17,91	235,17	241,67	497,24
Total Luas	2075,52	331,52	379,70	264,49	3051,23

1. Tidak Bervegetasi: Mayoritas tetap tidak bervegetasi (1997,02 ha). Sedikit area berubah menjadi mangrove jarang (68,32 ha), sedang (7,49 ha), dan tinggi (4,88 ha).
2. Mangrove Jarang: Sebagian besar tetap jarang (131,24 ha). Ada peningkatan densitas menjadi sedang (13,30 ha) dan tinggi (5,09 ha). Beberapa area berubah menjadi tidak bervegetasi (63,67 ha).
3. Mangrove Sedang: Mayoritas tetap sedang (123,75 ha). Ada peningkatan menjadi tinggi (12,84 ha) dan sedikit degradasi ke jarang (114,06 ha) dan tidak bervegetasi (12,35 ha).
4. Mangrove Tinggi: Sebagian besar tetap tinggi (241,67 ha). Ada degradasi ke sedang (235,17 ha), jarang (17,91 ha), dan tidak bervegetasi (2,48 ha).

Sebagian besar area tidak bervegetasi tetap stabil, sementara ada peningkatan densitas di beberapa area mangrove dan juga degradasi yang terjadi pada:

Mangrove jarang ke tidak bervegetasi (63,67 ha)

1. Mangrove sedang ke mangrove jarang (114,06 ha) dan tidak bervegetasi (12,35 ha).
2. Mangrove tinggi ke mangrove sedang (235,17 ha), jarang (17,91 ha), dan tidak bervegetasi (2,48 ha).



Gambar 4.29 Grafik Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2021 – 2022.

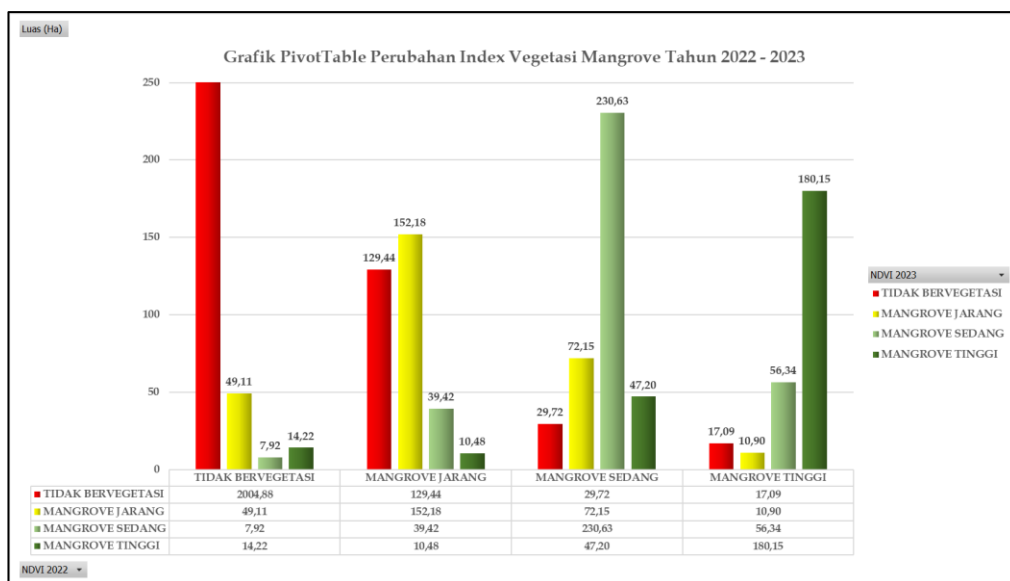
Tabel 4.17 Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2022 – 2023.

NDVI 2022	Luas (Ha)			NDVI 2023	
	Tidak Bervegetasi	Mangrove Jarang	Mangrove Sedang	Mangrove Tinggi	Total Luas
Tidak Bervegetasi	2004,88	49,11	7,92	14,22	2076,12
Mangrove Jarang	129,44	152,18	39,42	10,48	331,52
Mangrove Sedang	29,72	72,15	230,63	47,20	379,70
Mangrove Tinggi	17,09	10,90	56,34	180,15	264,49
Total Luas	2181,14	284,35	334,31	252,05	3051,84

1. Tidak Bervegetasi: Mayoritas tetap tidak bervegetasi (2004,88 ha). Sedikit area berubah menjadi mangrove jarang (49,11 ha), sedang (7,92 ha), dan tinggi (14,22 ha).
2. Mangrove Jarang: Sebagian besar tetap jarang (152,18 ha). Ada peningkatan densitas menjadi sedang (39,42 ha) dan tinggi (10,48 ha). Beberapa area berubah menjadi tidak bervegetasi (129,44 ha).
3. Mangrove Sedang: Mayoritas tetap sedang (230,63 ha). Ada peningkatan menjadi tinggi (47,20 ha) dan sedikit degradasi ke jarang (72,15 ha) dan tidak bervegetasi (29,72 ha).
4. Mangrove Tinggi: Sebagian besar tetap tinggi (180,15 ha). Ada degradasi ke sedang (56,34 ha), jarang (10,90 ha), dan tidak bervegetasi (17,09 ha).

Sebagian besar area tidak bervegetasi tetap stabil, sementara ada peningkatan densitas di beberapa area mangrove dan juga degradasi yang terjadi pada:

1. Mangrove jarang ke tidak bervegetasi (129,44 ha).
2. Mangrove sedang ke mangrove jarang (72,15 ha) dan tidak bervegetasi (29,72 ha).
3. Mangrove tinggi ke mangrove sedang (56,34 ha), jarang (10,90 ha), dan tidak bervegetasi (17,09 ha).



Gambar 4.30 Grafik Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2022 – 2023.

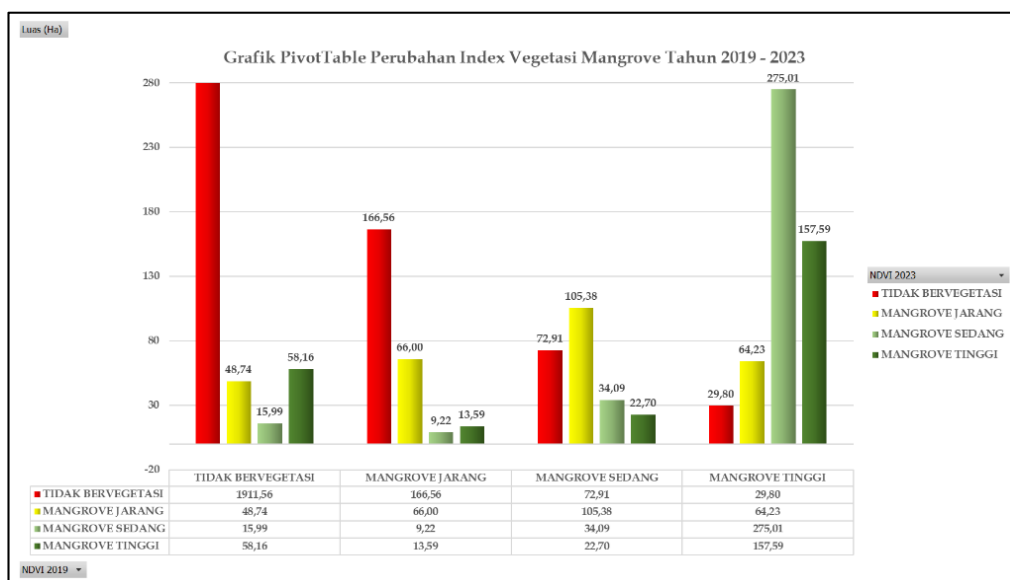
Tabel 4.18 Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2019 – 2023.

NDVI 2019	Luas (Ha)			NDVI 2023	
	Tidak Bervegetasi	Mangrove Jarang	Mangrove Sedang	Mangrove Tinggi	Total Luas
Tidak Bervegetasi	1911,56	48,74	15,99	58,16	2034,45
Mangrove Jarang	166,56	66,00	9,22	13,59	255,36
Mangrove Sedang	72,91	105,38	34,09	22,70	235,09
Mangrove Tinggi	29,80	64,23	275,01	157,59	526,63
Total Luas	2180,83	284,35	334,31	252,05	3051,53

1. Tidak Bervegetasi: Mayoritas tetap tidak bervegetasi (1911,56 ha). Sedikit area berubah menjadi mangrove jarang (48,74 ha), sedang (15,99 ha), dan tinggi (58,16 ha).
2. Mangrove Jarang: Sebagian besar tetap jarang (66,00 ha). Ada peningkatan densitas menjadi sedang (9,22 ha) dan tinggi (13,59 ha). Beberapa area berubah menjadi tidak bervegetasi (166,56 ha).
3. Mangrove Sedang: Mayoritas tetap sedang (34,09 ha). Ada peningkatan menjadi tinggi (22,70 ha) dan sedikit degradasi ke jarang (105,38 ha) dan tidak bervegetasi (72,91 ha).
4. Mangrove Tinggi: Sebagian besar tetap tinggi (157,59 ha). Ada degradasi ke sedang (275,01 ha), jarang (64,23 ha), dan tidak bervegetasi (29,80 ha).

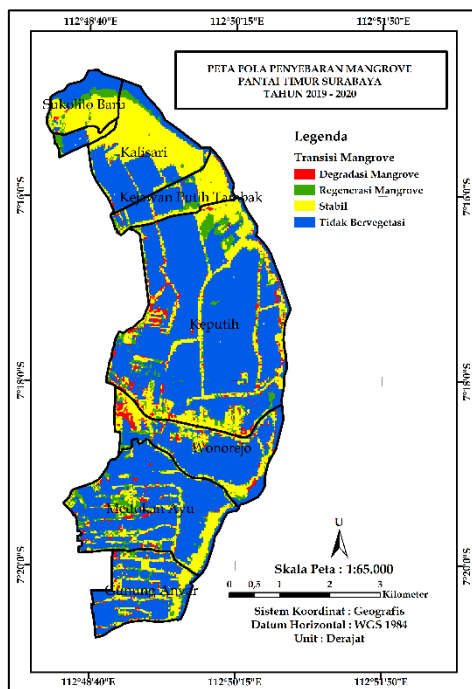
Sebagian besar area tidak bervegetasi tetap stabil, sementara ada peningkatan densitas di beberapa area mangrove dan juga degradasi yang terjadi pada:

1. Mangrove jarang ke tidak bervegetasi (166,56 ha).
2. Mangrove sedang ke mangrove jarang (105,38 ha) dan tidak bervegetasi (72,91 ha).
3. Mangrove tinggi ke mangrove sedang (275,01 ha), jarang (64,23 ha), dan tidak bervegetasi (29,80 ha).

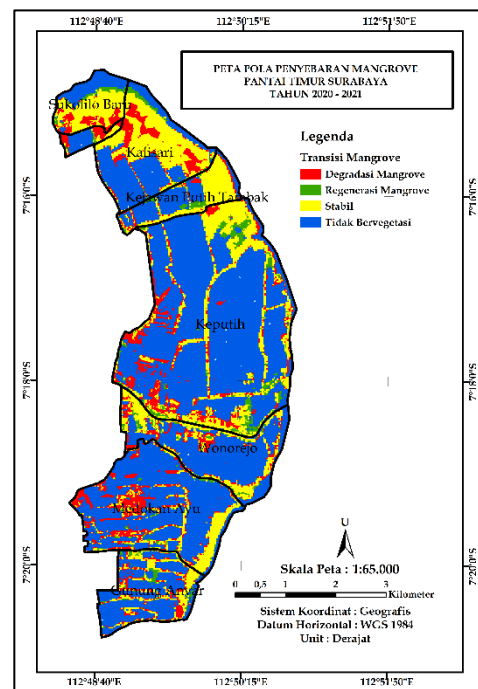


Gambar 4.31 Grafik Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Tahun 2019 – 2023.

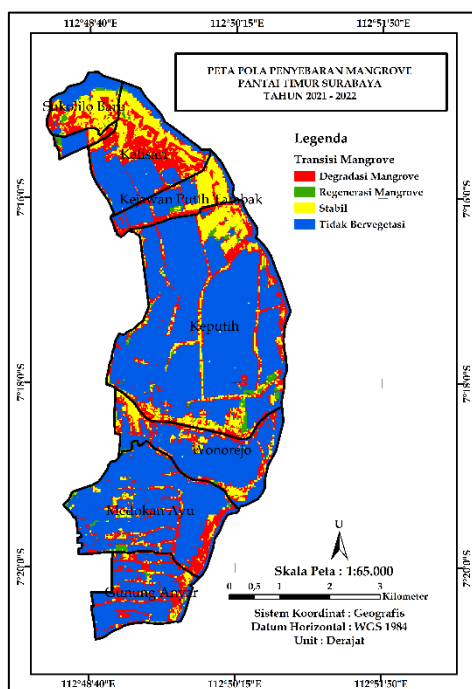
Analisis yang dilakukan terhadap pola penyebaran mangrove, yang divisualisasikan dalam peta pada gambar 4.32 hingga 4.36, menunjukkan dinamika yang berubah-ubah dari tahun 2019 hingga 2023. Awalnya, terdapat peningkatan dalam penyebaran mangrove antara tahun 2019 dan 2021, menandakan regenerasi mangrove dalam kerapatan mangrove. Namun, periode tahun 2020 hingga 2021 diikuti oleh degradasi mangrove yang relatif kecil dalam kerapatan mangrove. Degradasi mangrove yang lebih signifikan terjadi dari tahun 2021 hingga 2022, mencerminkan penurunan paling tinggi dalam kerapatan vegetasi tersebut. Akan tetapi, pada tahun 2023, mangrove menunjukkan regenerasi mangrove yang kembali terjadi.



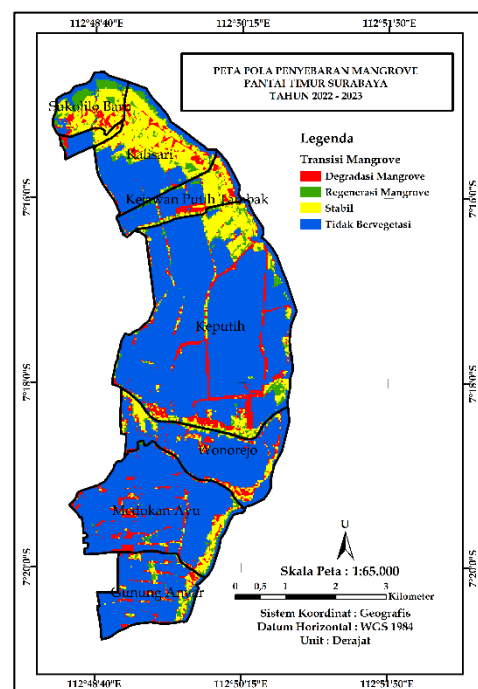
Gambar 4.32 Pola NDVI 2019 – 2020.



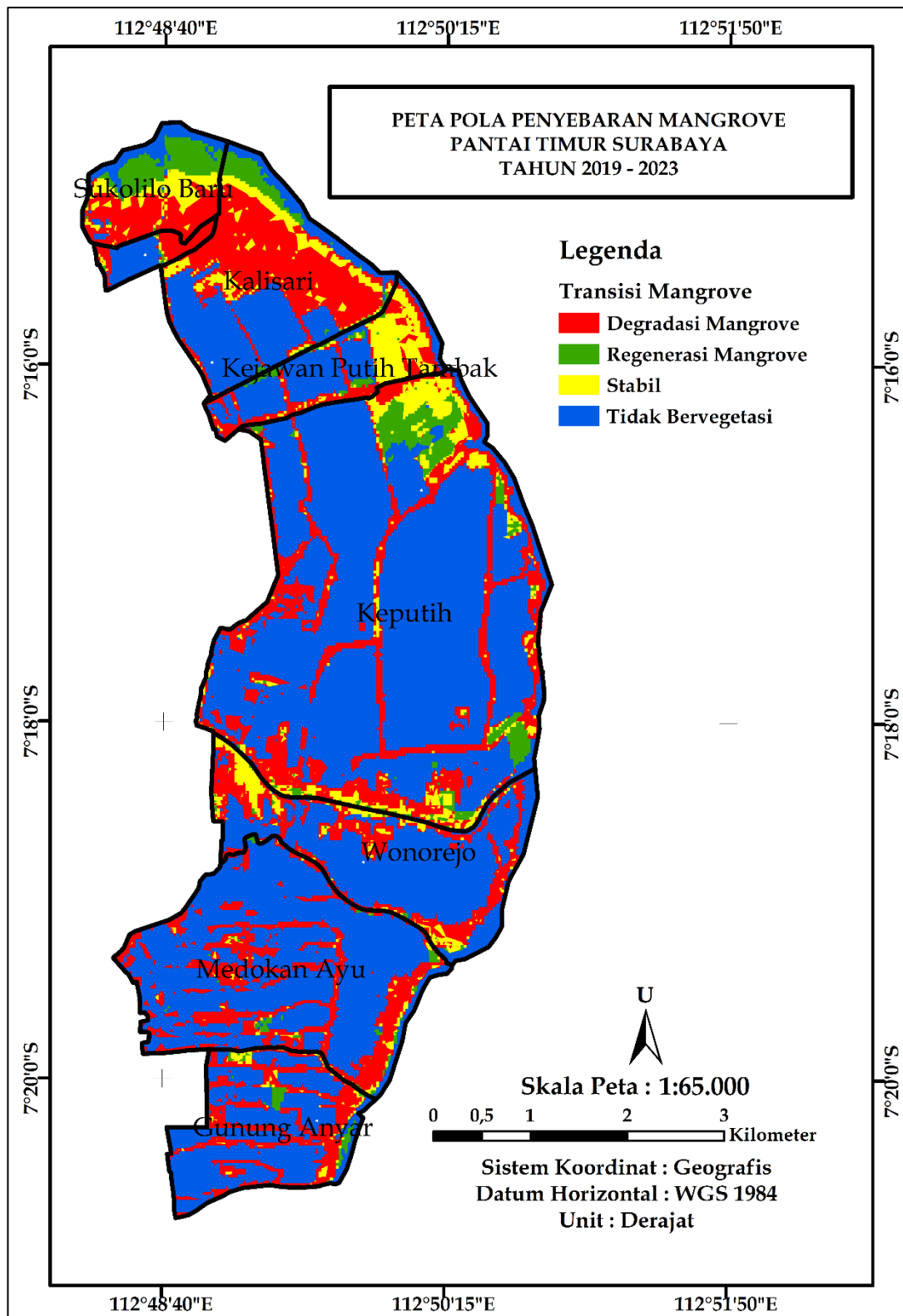
Gambar 4.33 Pola NDVI 2020 – 2021.



Gambar 4.34 Pola NDVI 2021 – 2022.



Gambar 4.35 Pola NDVI 2022 – 2023.



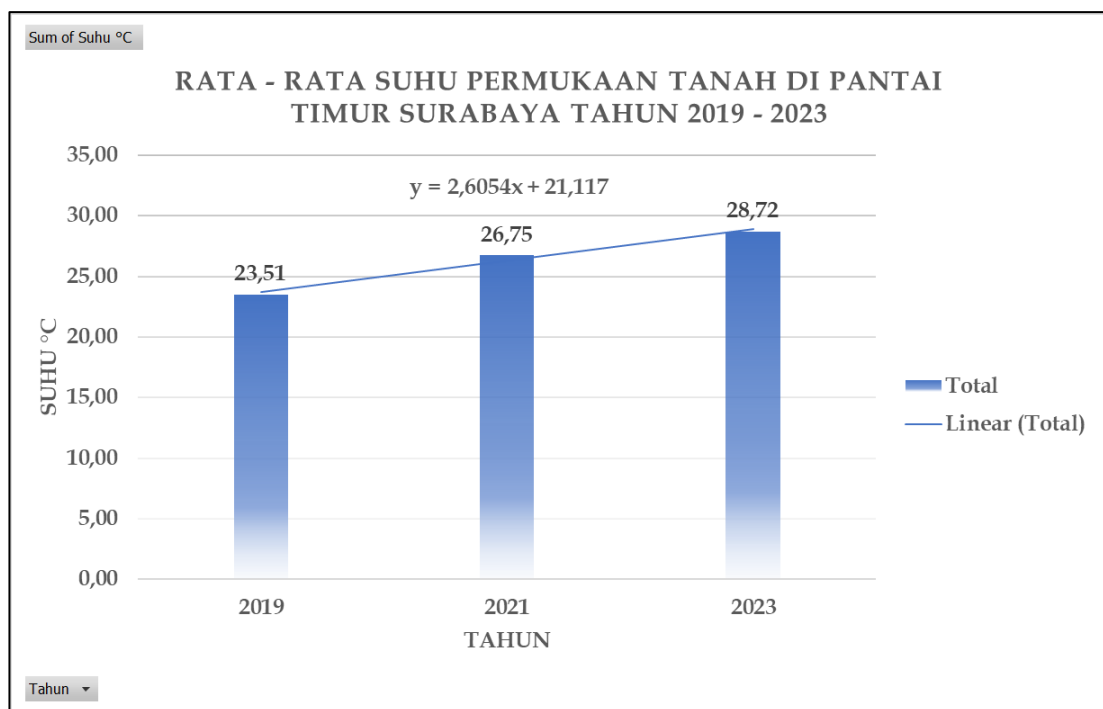
Gambar 4.36 Pola NDVI 2019 – 2023.

Fluktuasi nilai NDVI mencerminkan regenerasi dan degradasi mangrove, dipengaruhi oleh faktor antropogenik, seperti deforestasi dan aktivitas terkait lainnya. Faktor alam juga berperan penting, terutama suhu permukaan tanah yang mempengaruhi penyerapan dan retensi air serta aktivitas mikroba di tanah, faktor-faktor ini esensial untuk pertumbuhan mangrove. Di bulan Maret 2019, saat COVID-19 pertama kali terdeteksi di Indonesia, penerapan PPKM menyebabkan penurunan signifikan emisi NO₂ dari transportasi dan industri. Namun, emisi NO₂ meningkat lagi setelah PPKM dicabut pada tahun 2021, dan peningkatan aktivitas manusia kembali terjadi. Gas NO₂, dari pembakaran bahan bakar fosil, berpotensi merugikan mangrove. Peningkatan NO₂ dapat mengganggu fotosintesis mangrove dan mengubah komposisi kimia tanah serta kualitas air, mempengaruhi nutrisi mangrove. Akumulasi jangka panjang NO₂ dapat menurunkan kualitas habitat mangrove, mengancam keanekaragaman hayati dan fungsi ekologisnya.

Tabel 4.19 Rata – Rata Suhu Permukaan Tanah di Pantai Timur Surabaya.

Klasifikasi	Suhu °C		
	2019	2021	2023
Nilai Maksimum	26,25	30,65	34,31
Nilai Minimum	20,76	22,84	23,12
Rata - Rata	23,50	26,75	28,72

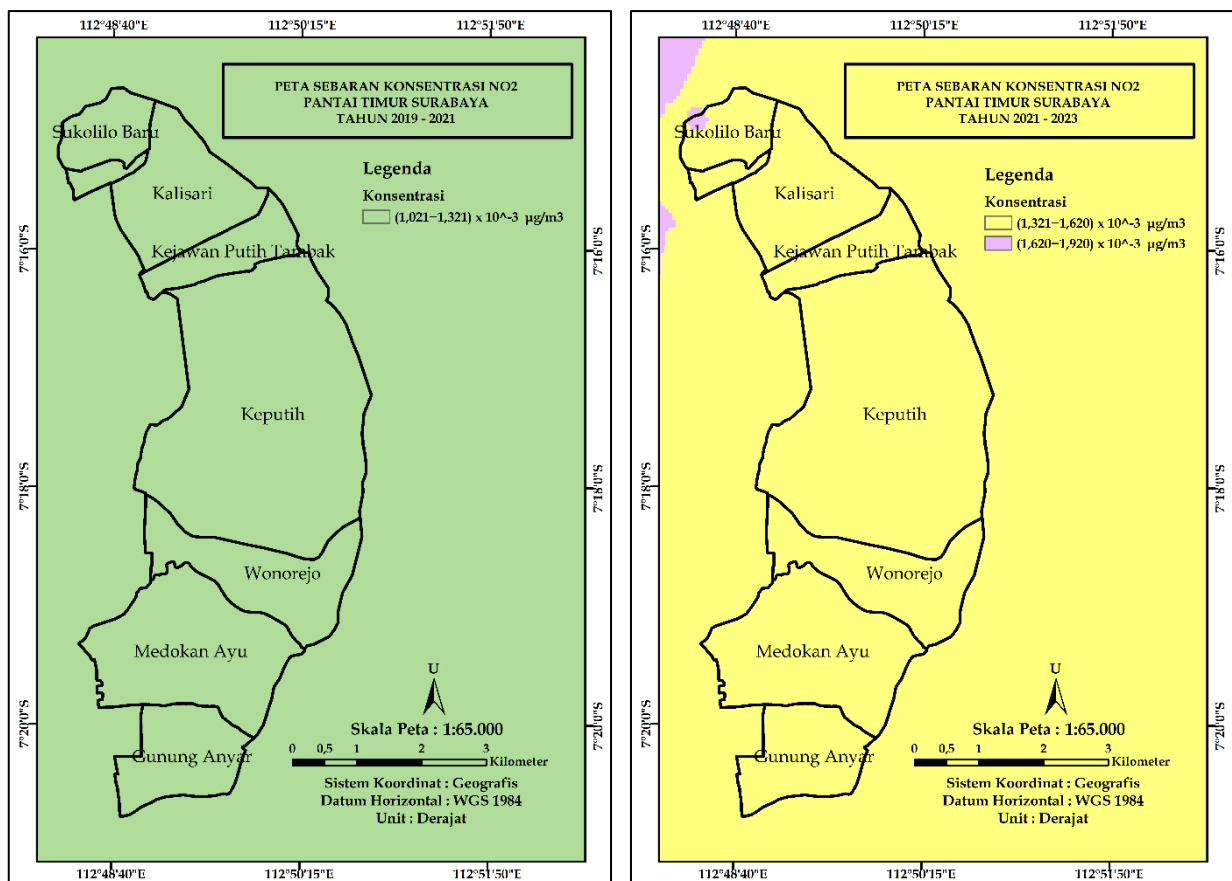
Berdasarkan Tabel 4.19, terdapat tren peningkatan suhu dari tahun 2019 hingga 2023. Pada tahun 2019, suhu maksimum tercatat sebesar 26,25°C, sedangkan pada tahun 2021 meningkat menjadi 30,65°C, dan pada tahun 2023 mencapai 34,3195°C. Hal ini menunjukkan peningkatan yang signifikan dan konsisten dalam nilai maksimum suhu selama periode tersebut. Untuk nilai rata-rata suhu, pada tahun 2019, suhu rata-rata adalah 23,50°C, yang meningkat menjadi 26,75°C pada tahun 2021, dan lebih lanjut naik menjadi 28,72°C pada tahun 2023. Faktor-faktor yang mungkin berkontribusi terhadap fenomena ini termasuk perubahan pola cuaca, aktivitas industri yang meningkat, atau perubahan alami lainnya yang mempengaruhi iklim lokal. Gambar 4.37 menampilkan grafik yang diambil dari data pada Tabel 4.19.



Gambar 4.37 Rata-Rata Suhu Permukaan Tanah 2019 – 2023.

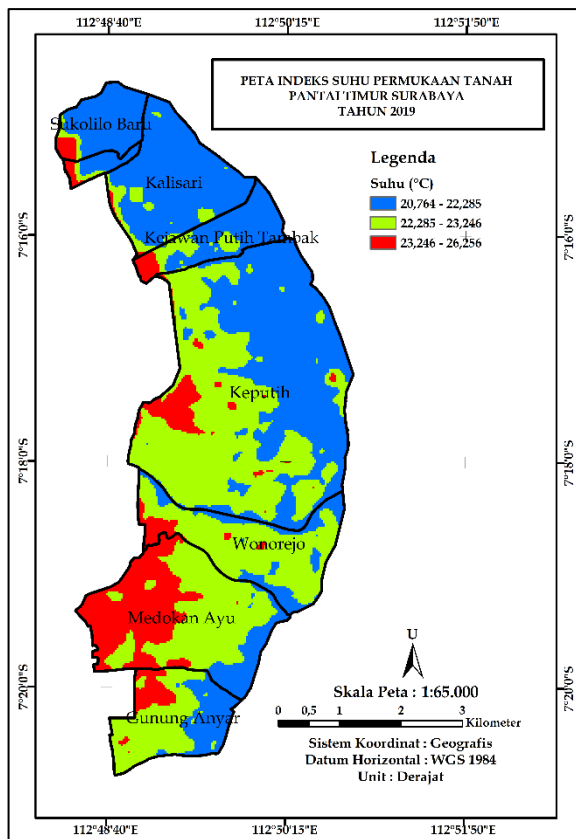
Konsentrasi NO_2 yang berasal dari emisi transportasi publik berdampak signifikan terhadap kualitas udara perkotaan. Area dengan kepadatan transportasi tinggi cenderung mengalami tingkat polusi NO_2 yang lebih tinggi, yang secara langsung mempengaruhi kesehatan publik dan lingkungan. Mangrove yang terpapar tingkat NO_2 yang tinggi akan mengalami penurunan fungsi fotosintesis dan perubahan pada struktur vegetasi, yang dapat mengurangi efektivitasnya dalam menyimpan cadangan karbon. Data dari satelit Sentinel-5P menunjukkan bahwa nilai rata-rata konsentrasi NO_2 di Pantai Timur Surabaya pada tahun 2019 hingga 2021 adalah sebesar $(2,220 - 2,871) \times 10^{-5} \text{ mol/m}^2$ atau sekitar $(0,00102 - 0,00132) \mu\text{g/m}^3$, meningkat sebesar 22.74% pada tahun 2021 hingga 2023 menjadi $(2,871 - 3,522) \times 10^{-5} \text{ mol/m}^2$ atau sekitar $(0,00132 - 0,00162) \mu\text{g/m}^3$. Meskipun nilai tersebut masih di bawah batas aman WHO yang ditetapkan dalam Air Quality Guidelines (AQG) Tahun 2021 untuk NO_2 tahunan ($10 \mu\text{g/m}^3$), dampak negatif terhadap ekosistem mangrove tetap terlihat jelas, terutama selama periode 2021 hingga 2023.

Analisis citra satelit yang ditampilkan pada Gambar 4.34 dan 4.35 menunjukkan penurunan kualitas dan luas area mangrove, menandakan degradasi signifikan dibandingkan dengan periode 2019 hingga 2021, di mana perubahan luas kawasan mangrove tidak terlalu signifikan. Peningkatan konsentrasi NO_2 , meskipun masih dalam batas aman, berdampak kronis terhadap kesehatan mangrove, mengganggu fotosintesis dan mengubah komposisi kimia tanah di habitatnya. Hal ini menekankan pentingnya pemantauan berkelanjutan terhadap konsentrasi NO_2 dan dampaknya terhadap ekosistem mangrove, serta perlunya upaya mitigasi untuk meminimalisir dampak negatif tersebut.

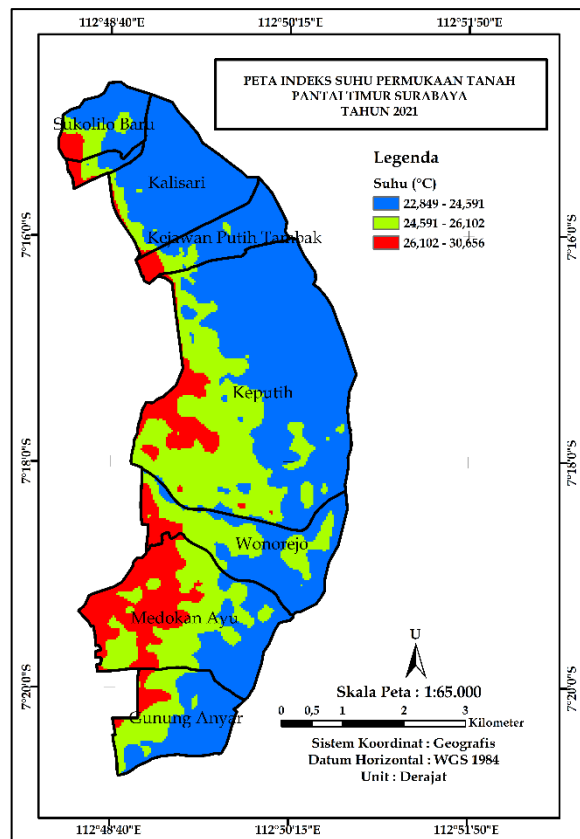


Gambar 4.38 Sebaran NO_2 Tahun 2019 – 2021. Gambar 4.39 Sebaran NO_2 Tahun 2021 – 2023.

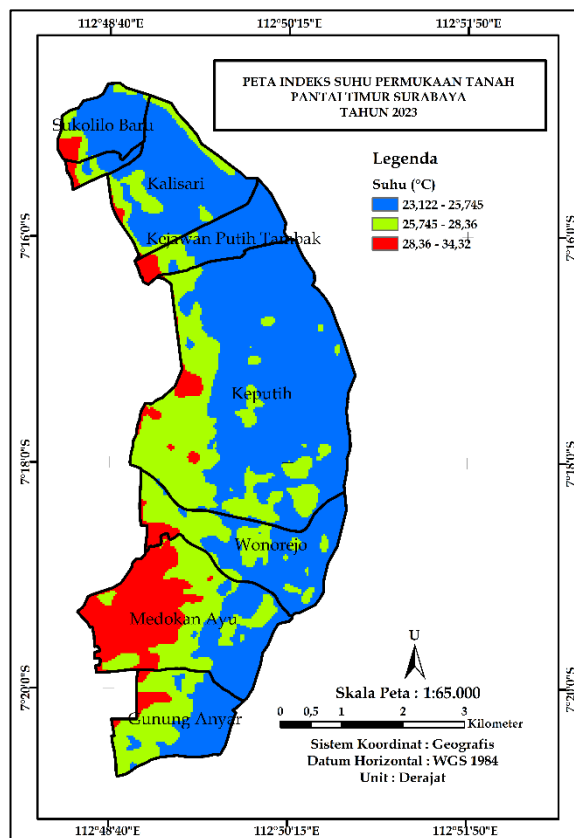
Gambar 4.40 hingga 4.42 menampilkan hasil analisis suhu permukaan tanah di Pantai Timur Surabaya selama rentang waktu tahun 2019, 2021, dan 2023.



Gambar 4.40 Peta LST Tahun 2019.



Gambar 4.41 Peta LST Tahun 2021.



Gambar 4.42 Peta LST Tahun 2023.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.5 Kesimpulan

1. Berdasarkan rata-rata nilai NDVI Pantai Timur Surabaya dari tahun 2019 (0,3) ke 2020 (0,296), NDVI mengalami penurunan sebesar 1,33%. Dari 2020 (0,296) ke 2021 (0,314), NDVI meningkat sebesar 6,08%, namun mengalami penurunan lagi sebesar 0,64% dari 2021 (0,314) ke 2022 (0,312), mengindikasikan penurunan kondisi vegetatif. Pada tahun 2023 (0,297), NDVI turun secara signifikan sebesar 4,81% dari tahun sebelumnya. Puncak nilai NDVI dicapai pada tahun 2021 dengan nilai 0,314, sementara nilai terendah tercatat pada tahun 2020 dengan angka 0,296.
2. Terjadi degradasi total di area yang sebelumnya ditumbuhi mangrove jarang, yang kini menjadi tidak bervegetasi sama sekali, mencakup area seluas 166,56 ha dalam periode 2019 hingga 2023. Mangrove yang awalnya memiliki indeks kerapatan vegetasi tinggi mengalami degradasi, berubah menjadi mangrove dengan kerapatan sedang di area seluas 275,01 ha, jarang di area 64,23 ha, dan menjadi tidak bervegetasi di area 29,80 ha.
3. Tutupan Lahan menunjukkan penurunan luas badan air dari 2178,16 Ha di tahun 2019 menjadi 2031,86 Ha pada tahun 2023, yang mengindikasikan transisi dari Badan Air ke Mangrove. Sementara itu, luas lahan terbangun tetap stabil pada 46,89 Ha dari tahun 2019 hingga 2021, namun mengalami peningkatan signifikan menjadi 68,21 Ha pada tahun 2023, menunjukkan adanya aktivitas pembangunan dan urbanisasi yang meningkat. Di sisi lain, luas mangrove juga meningkat signifikan dari 809,76 Ha pada tahun 2019 menjadi 957,47 Ha pada tahun 2023, mengindikasikan ekspansi wilayah mangrove.

5.6 Saran

1. Gunakan citra satelit resolusi tinggi untuk memperoleh gambaran yang akurat dan detail mengenai kondisi mangrove dan kawasan badan air yang berdekatan.
2. Peta *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan tutupan lahan dianjurkan untuk dikembangkan dengan teknik pemrosesan citra yang lebih baik agar akurasi klasifikasi dapat ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ana, et al. (2015). Laporan Kelompok Kuliah Kerja Nyata (KKN) Kelompok 2061 Dusun Gedongan, Desa Bangunjiwa, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Aryani, Dian Eka., Sasmito, Bandi., Wijaya, Arwan Putra. (2014). Pembuatan Peta Potensi Curah Hujan Dengan Menggunakan Citra Satelit Mtsat di Pulau Jawa. *Jurnal Geodesi Undip*. Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Volume 3, Nomor 1, Tahun 2014, (ISSN: 2337-845X).
- Asadi, et al. (2019). Carbon storage of mangrove ecosystems in Pasuruan and Probolinggo Regency, East Java, Indonesia. *DOI:10.13140/RG.2.2.12317.67045*.
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota. (2016). Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) Kota Surabaya Tahun 2016. Surabaya: Pemerintah Kota Surabaya.
- Basuki, H.I., Putri. (2019). Inovasi Masyarakat Lokal Terhadap Pemanfaatan Hutan Mangrove Di Tanjung Api – Api Kecamatan Banyuasin II Kabupaten Banyuasin. *Jurnal Geografi 08*, No. 2. Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Padang.
- Brauen, S., Erpf, P., & Wasem, M. (2020). *On Absolute and Relative Change*. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3739890>
- Danoedoro, Projo. (1996). Pengolahan Citra digital Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Dwi Ayu R A., Bangun M.S, dan Lalu M. J. (2012). Studi Perubahan Suhu Permukaan Laut. Program Studi Teknik Geomatika ITS.
- Edwar, E. (2012). Komposisi Dan Struktur Permudaan Pohon Pionir Berdasarkan Jenis Tanah Di Kabupaten Siak. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. <https://doi.org/10.31258/jil.5.2.p.149-167>.
- Ekadinata, A., et al. (2008). Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan Bentang Lahan Berbasis Sumber Daya Alam. Buku 1: Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh menggunakan *ILWIS Open Source*. Bogor: *World Agroforestry Centre*.
- Faraj, et al. (2017). *Detection of Structural Control on Formation Water Quality, in Hemrin Oilfield, northern Iraq, Using Lineament Analysis and Hydrochemical Data*. *Tikrit Journal of Pure Science*, 22(2), 146-158. *DOI:10.25130/tjpsv22i2.641*
- Fawzi, N.I. (2021). Landsat 8-Sebuah Teori dan Teknik Pemrosesan Tingkat Dasar. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/350819219_Landsat_8_-_Sebuah_Teori_dan_Teknik_Pemrosesan_Tingkat_Dasar.
- Goutam, et al. (2016). *Design and Fabrication of an Image Processing Based Autonomous Weapon*. *International Journal of Engineering Research*, ISSN(512), 2319-68902347. *DOI:10.17950/ijer/v5s12/1212*
- Hadi, Bambang Syaeful. (2019). Penginderaan Jauh. Yogyakarta: UNY Press.
- Hendra, A. (2009). Kondisi Mangrove Pantai Timur Surabaya Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Hidup.
- Januar, D. (2016). Analisis Penggunaan *Normalized Difference Vegetation Index* Dan Bsi Untuk Identifikasi Tutupan Lahan Pada Citra Satellite Landsat 8. *Diponegoro University*. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/10566>
- Kusumaningrum, T.E., Sukojo, B.M. (2013). Analisa Kesehatan Mangrove Berdasarkan Nilai *Normalized Difference Vegetation Index* Menggunakan Citra ALOS AVNIR-2. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Systems and Science*. John Wiley & Sons.
- Maia, D. S., & Trindade, R. M. P. (2016). *Face Detection and Recognition in Color Images under MATLAB*. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*. <https://doi.org/10.14257/ijcip.2016.9.2.02>.

- Matatula, J., Poedjirahajoe, E., & Pudyatmoko, S. (2019). Sebaran Spasial Kondisi Lingkungan Hutan Mangrove Di Pesisir Pantai Kota Kupang. *DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals)*. <https://doi.org/10.29244/jpsl.9.2.467-482>
- McHugh, M. L. (2012). *Interrater reliability: The kappa statistic*. *Biochemia Medica*, 22(3), 276-282. <https://doi.org/10.11613/BM.2012.031>
- Mus'af, M. (2019). Kondisi Kimia Tanah Pada Dua Level Ketinggian Tempat Di Kawasan Taman Nasional Lore Lindu Sulawesi Tengah. *Mus'af | Jurnal Warta Rimba*. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/WartaRimba/article/view/15226>
- NASA Earth Observatory. (2000). Measuring Vegetation. Diakses dari: https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php#:~:text=NDVI%20is%20calculated%20from%20the,and%20less%20near%20infrared%20light.
- Pemkot Surabaya. (2018). Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 8 Tahun 2018 tentang Rencana Detail Tata Ruang dan Peraturan Zonasi Kota Surabaya Tahun 2018-2038. https://jdih.surabaya.go.id/t_detail.php?prokum=3637.
- Poedjirahajoe, E., Widyorini, R., & Mahayani, N. P. D. (2011). Kajian Ekosistem Mangrove Hasil Rehabilitasi pada Berbagai Tahun Tanam untuk Estimasi Kandungan Ekstrak Tanin di Pantai Utara Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 5(2), 99-107. <https://doi.org/10.22146/jik.1854>.
- Pramudji. (2001). Ekosistem Hutan Mangrove Dan Peranannya Sebagai Habitat Berbagai Fauna Akuatik. *Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*, 26(4), 13-23.
- Prasita, V. D., Subianto, A., & Soegianto, A. (2019). *Assessment of the mangrove protected area in the Eastern Coast of Surabaya*. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/335492329_Assessment_of_the_mangrove_protected_area_in_the_Eastern_Coast_of_Surabaya.
- Pratiwi, D. I. N., Pribadi, R., & Suryoputro, A. (2014). Kajian Perubahan Luas Mangrove Menggunakan Metode Ndvi Data Citra Satelit Landsat 7 Etm+ Dan Landsat 8 Etm+ Tahun 1999, 2003 Dan 2013 Di Pesisir Desa Berahan Kulon Dan Desa Berahan Wetan Kecamatan Wedung, Demak. *Journal of Marine Research*, 3(4), 650-657. <https://doi.org/10.14710/jmr.v3i4.11427>.
- Priscillia Harly O, P., & Kristi J., P. Eunike, S.T., M.Des.Sc. 2013. "Fasilitas Edu-wisata Pembudidayaan Mangrove Wonorejo di Surabaya". *eDIMENSI ARSITEKTUR*, 1(1-2): 70-76. Prodi Arsitektur, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya. E-mail: cyl_91@windowslive.com; kristi@petra.ac.id.
- Purwanto, A. (2015). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Identifikasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) Di Kecamatan Silat Hilir Kabupaten Kapuas Hulu. *Edukasi: Jurnal Pendidikan*, 13(1), 27-36. <https://doi.org/10.31571/edukasi.v13i1.17>
- Rega, Kestrlia P., Christianto, Ivan O., & Setiawan, Hendry. 2018. "Implementasi Convolutional Neural Network untuk Sistem Prediksi Pigmen Fotosintesis pada Tanaman Secara Real Time". *JUTISI*, 4(2). Teknik Informatika, Universitas Ma Chung. Villa Puncak Tidar N-01, Malang-Jawa Timur. DOI: <http://dx.doi.org/10.28932/jutisi.v4i2.812>.
- Rendra, P. P. R. (2019). Peran Citra Satelit Landsat 8 Dalam Identifikasi Tata Guna Lahan Di Wilayah Kabupaten Sumedang. *Bulletin Of Scientific Contribution: Geology*. <https://doi.org/10.24198/bscgeology.v17i2.21302>.
- Riwayati, R. (2014). Manfaat Dan Fungsi Hutan Mangrove Bagi Kehidupan. *Pusdibang-KS LPPM Unimed*. <https://doi.org/10.24114/jkss.v12i24.357>.
- Rusdi, M. (2008). Perbandingan *Object Oriented Classification* Dan *Maximum Likelihood Classification* Pada Pemetaan Penutupan. *ResearchGate*. <http://tiny.cc/qz66vz>.

- Saha, L., Kumar, A., Kumar, S., et al. (2022). The impact of the COVID-19 *lockdown on global air quality: A review. Environmental Sustainability*, 5, 5–23. <https://doi.org/10.1007/s42398-021-00213-6>
- Sapitri, E. (2022). Implementasi Metode *Normalized Differenced Vegetation Indeks* (Ndvi) Untuk Analisis Kerapatan Mangrove Di Sepanjang Pesisir Timur Sumatera Selatan. Diploma Thesis, Universitas Pgri Palembang.
- Simarmata, N., Wikantika, K., Tarigan, T. A., Aldyansyah, M., Tohir, R. K., Fauziah, A. N., & Purnama, Y. (2021). Analisis Transformasi Indeks Ndvi, Ndwi Dan Savi Untuk Identifikasi Kerapatan Vegetasi Mangrove Menggunakan Citra Sentinel Di Pesisir Timur Provinsi Lampung. *Jurnal Geografi Geografi Dan Pengajarannya*, 19(2), 69–79. <https://doi.org/10.26740/jggp.v19n2.p69-79>.
- Sodikin, D. (2018). Sistem Informasi Geografis Pemetaan Tempat Kost Berbasis Web. Sarjana thesis, Universitas Siliwangi. <http://repositori.unsil.ac.id/195/>.
- Soerianegara, I. 1988. Ekologi Hutan Indonesia. Bogor: Laboratorium Ekologi Hutan Fakultas Kehutanan IPB.
- Suardana, I.W.O.D. 2017. Pembangunan Aplikasi Pengelolaan Data Dan Sistem Informasi Geografis Berbasis Web. S1 Thesis, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Tersedia di: <https://e-journal.uaaj.ac.id/12379>.
- Susilo, S.B. 2000. Penginderaan Jauh Kelautan Terapan. Bogor: Penerbit Institut Pertanian Bogor.
- Syamsu, I.F. 2018. Kajian Perubahan Tutupan Lahan di Ekosistem Mangrove Pantai Timur Surabaya. *Researchgate*. Tersedia di: <http://tiny.cc/zk76vz>.
- Szukalski, B. 2017. “*Learning more about the World Imagery basemap*”. Esri ArcGIS Blog, 23 Januari. Diakses dari: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/imagery/imagery/learning-more-about-the-world-imagery-basemap/>.
- U.S. Geological Survey. (2014). Landsat Normalized Difference Vegetation Index. Diakses dari: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-normalized-difference-vegetation-index>
- U.S. Geological Survey. 2021. “*Common Landsat Band Combinations*”, 12 November. Diakses dari: <https://www.usgs.gov/media/images/common-landsat-band-combinations>.
- U.S. Geological Survey. 2023. Landsat 8. Diakses dari: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>.
- World Health Organization. 2021. WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM2.5 and PM10), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide. Geneva: World Health Organization. Lisensi: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Surabaya, Jawa Timur, pada tanggal 30 Mei 1998 dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di beberapa institusi, antara lain Sekolah Dasar Islam Terpadu (SDIT) Al-Uswah Surabaya, SMP dan SMA Ar-Risalah Lirboyo Kediri. Saat ini, penulis terdaftar sebagai mahasiswa di program Teknik Geomatika, Universitas Dr. Soetomo. Selama masa studi, penulis aktif dalam berbagai kegiatan kepanitiaan yang diadakan oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Geomatika (HIMAGEMA), Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM FT), dan Unit Kegiatan Mahasiswa, khususnya Unit Kegiatan Kerohanian Islam (UKKI). Penulis juga telah mengambil peran sebagai Anggota Dewan Legislatif Mahasiswa (DLM) periode 2020-2021 dan anggota Divisi PSDM HIMAGEMA selama periode 2019 – 2021.

