

Pemetaan Kerapatan Ekosistem Mangrove Menggunakan Analisis *Normalized Difference Vegetation Index* di Pesisir Kota Semarang

Fani Safitri^{1*}, Luky Adrianto^{1,3}, I Wayan Nurjaya²

¹Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB University

Jl. Agatis, Babakan, Kecamatan Dramaga, Kota Bogor, Jawa Barat, 16680 Indonesia

³Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, IPB University,
Kampus IPB Baranangsiang, Bogor Jawa Barat 16127 Indonesia
Email : fani.safitri1202@gmail.com

Abstract

Mapping of Mangrove Ecosystem Density Using Normalized Difference Vegetation Index in Coastal of Semarang City

Mangrove ecosystem in Semarang City has an important role for survival of the coastal area. This is due to the function of mangroves as a barrier to coastal erosion, wave barrier, carbon producer, as a habitat for biota in coastal areas, as well as improving water quality. However, as time goes by, mangroves condition in coastal of Semarang is decreasing every year and causing coastal disasters such as coastal erosion and tidal flooding which have identically occurred on the coast of Semarang. Mangrove ecosystem area in coastal of Semarang City in 2020 is 163,250 Ha. The aim of this study is to determine the density of mangroves ecosystem from 2013 to 2022 with Landsat 8 and Sentinel 2 satellites. The method used to classify and determine the density of mangroves ecosystem is NDVI or Normalized Difference Vegetation Index. The results of analysis show that the mangrove density in 2013 was 412.889 Ha, while in 2022 it was 142.562 Ha. The density of mangroves has decreased by around 270.327 Ha (65.5%), this is due to erosion, land conversion into pond areas, and recently the construction of the Semarang-Demak sea wall. Whereas Sentinel 2 satellite is better to use because it has better image quality, details, and accuracy to show objects on the earth's surface compared to Landsat 8.

Keywords: Mangrove, NDVI, remote sensing, Landsat 8, Sentinel 2

Abstrak

Ekosistem mangrove di Kota Semarang memiliki peran yang penting bagi keberlangsungan hidup wilayah pesisir. Hal tersebut dikarenakan fungsi mangrove sebagai penahan erosi pantai, penahan gelombang, penghasil karbon, sebagai habitat bagi biota di wilayah pesisir, serta memperbaiki kualitas air. Namun seiring perkembangan zaman, kondisi mangrove di pesisir Semarang semakin tahun kian berkurang sehingga menimbulkan bencana pesisir seperti terjadinya erosi pantai dan banjir rob yang telah identik terjadi di pesisir Semarang. Luas ekosistem mangrove di wilayah pesisir Kota Semarang pada tahun 2020 yaitu seluas 163,250 Ha. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kerapatan ekosistem mangrove dari tahun 2013 hingga 2022 dengan citra satelit Landsat 8 dan citra Sentinel 2. Metode yang digunakan untuk mengelaskan dan mengetahui kerapatan ekosistem mangrove adalah metode NDVI atau *Normalized Difference Vegetation Index*. Hasil analisa menunjukkan bahwa kerapatan mangrove pada tahun 2013 seluas 412,889 Ha, sedangkan pada tahun 2022 seluas 142,562 Ha. Kerapatan mangrove mengalami penurunan sekitar 270,327 Ha (65,5%), hal tersebut disebabkan karena adanya erosi, alih fungsi lahan menjadi area tambak, serta baru-baru ini yaitu adanya pembangunan tanggul laut Semarang-Demak. Sedangkan citra satelit Sentinel 2 merupakan citra yang lebih baik digunakan karena memiliki kualitas gambar yang lebih bagus, detail, dan akurat untuk menunjukkan obyek dipermukaan bumi dibandingkan dengan citra Landsat 8.

Kata Kunci: Mangrove, NDVI, pengideraan jauh, Landsat 8, Sentinel 2

PENDAHULUAN

Pesisir Kota Semarang saat ini dimanfaatkan sebagai pelabuhan, pariwisata, pemukiman, daerah industri, daerah komersial (Sejati *et al.*, 2020), sekaligus sebagai daerah yang memiliki ekosistem mangrove. Mangrove berfungsi untuk menjaga keberlangsungan ekosistem pesisir (Sunaryo *et al.*, 2018), karena mampu menahan erosi pantai, menghasilkan karbon (Handayani *et*

al., 2020), memperbaiki kualitas air, dan memberikan habitat bagi biota pesisir. Luas mangrove Kota Semarang menurut data dari DKP Provinsi Jawa Tengah tahun 2019, memiliki luas 186,49 Ha serta dalam kurun waktu dua tahun yaitu tahun 2020 mengalami penurunan yang cukup signifikan dengan luas 163,250 Ha. Perkembangan wilayah pesisir Kota Semarang tentunya memberikan dampak yang perlu diperhatikan, salah satunya ekosistem mangrove yang sering mendapat ancaman dari berbagai kegiatan.

Studi terkait ekosistem mangrove telah banyak dilakukan seperti jasa ekosistem, struktur komunitas, serta *monitoring* mangrove menggunakan penginderaan jauh (Febrianto *et al.*, 2022; Handayani *et al.*, 2020; Latifah *et al.*, 2018; Safitri *et al.*, 2019). Saat ini pemantauan perubahan kerapatan mangrove dapat diketahui secara efektif melalui citra satelit dengan teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) (Dharma *et al.*, 2022; Purwanto, 2015; Rafsenja *et al.*, 2020). Pemanfaatan penginderaan jauh memberikan alternatif serta mempermudah manusia untuk mengetahui kondisi mangrove secara *time series* (Febrianto *et al.*, 2022). Informasi mengenai kerapatan ekosistem mangrove sangat penting untuk diketahui sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam mengelola wilayah pesisir agar sesuai dengan peruntukannya yang terdapat pada Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Semarang. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerapatan ekosistem mangrove menggunakan analisis metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dari tahun 2013 hingga 2022 dengan menggunakan citra satelit Landsat 8 dan Sentinel 2.

MATERI DAN METODE

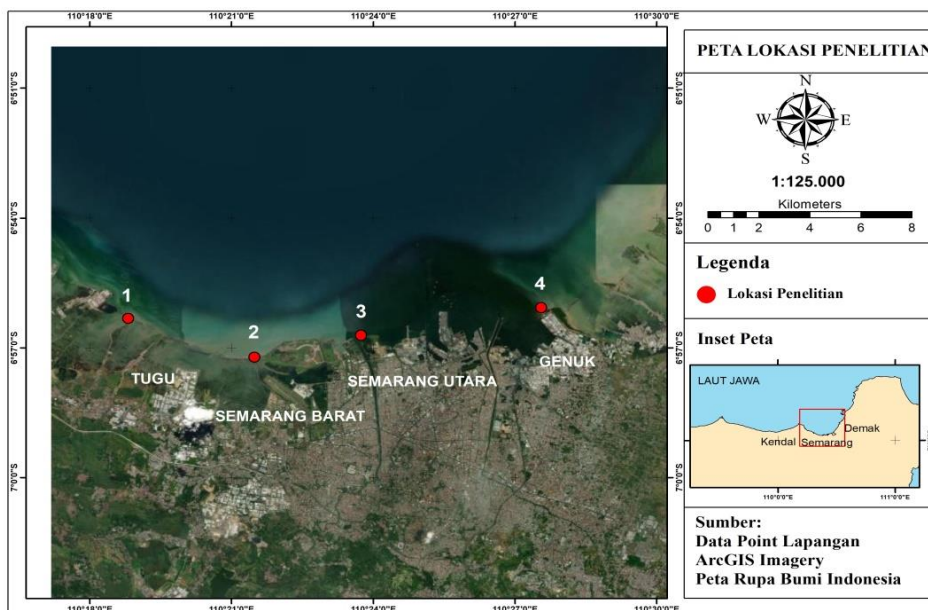
Penelitian ini dilakukan di wilayah pesisir Kota Semarang, khususnya Kecamatan Tugu, Kecamatan Semarang Barat, Kecamatan Semarang Utara, serta Kecamatan Genuk pada Bulan Desember 2022 hingga Januari 2023. Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari perangkat keras berupa laptop, perangkat lunak pengolah data atau *Excel* untuk mengetahui perubahan kerapatan dan analisis data. *ArcGIS* untuk mengolah data citra satelit dan *layouting*. *GPS* (*Global Positioning System*) digunakan untuk memplot titik lokasi mangrove pada saat observasi lapangan. Alat tulis untuk mencatat hasil di lapangan, serta kamera untuk mendokumentasikan kegiatan penelitian.

Metode penelitian dan lokasi penelitian ditentukan dengan metode *purposive sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel yang dilakukan dengan tujuan untuk memilih objek tertentu yang ingin diteliti. Penentuan titik *sampling* pada penelitian ini berdasarkan pada wilayah yang masih memiliki ekosistem mangrove cukup lebat, serta kombinasi koordinat lokasi dari hasil *survey* di lapangan dengan citra bebas akses pada laman *Google Earth* 2022. Sehingga pada penelitian ini terdapat 4 titik lokasi pengamatan (Gambar 1).

Proses yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data, survei lapangan, pengolahan, serta analisis data. Pengumpulan data dimulai dari data sekunder dan data primer. Data sekunder diperoleh melalui *website* USGS <https://earthexplorer.usgs.gov/> dan <https://scihub.copernicus.eu/> untuk mendownload data citra satelit Landsat 8 dan Sentinel 2, laporan studi penelitian, serta studi literatur. Sedangkan data primer diperoleh melalui *survey* lapangan atau observasi lapang dengan cara plot titik pada wilayah yang masih terdapat ekosistem mangrove cukup lebat.

Landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan 11 kanal, kanal 1-9 berada pada OLI dan kanal 10-11 pada TIRS. Landsat 8 memiliki resolusi spasial 30m untuk kanal 1-9, 15m untuk kanal *panchromatic*, dan 100m pada kanal 10-11. Kelebihan yang dimiliki Landsat 8 adalah adanya kanal Near Infra Red (NIR) pada kanal 5, sehingga dengan kombinasi kanal yang tepat dapat membedakan antara vegetasi mangrove dengan non-mangrove (Irawan & Sirait, 2017; Rafsenja *et al.*, 2020).

Sentinel 2 memiliki sensor pasif multispektral buatan Eropa dengan 13 kanal, dimana 4 kanal beresolusi spasial 10m, 6 kanal beresolusi 20m, dan 3 kanal beresolusi 60m dengan area sapuan 290km. Resolusi spasial milik Sentinel 2 ini tergolong tinggi dibandingkan dengan multispektral lainnya dan dapat digunakan untuk monitoring perubahan penggunaan lahan, tutupan lahan, bencana, dan aplikasi lainnya (Kawamuna *et al.*, 2017). Tabel karakteristik Citra Landsat 8 dan Sentinel 2 dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Tabel 1. Karakteristik Citra Landsat 8 dan Sentinel 2

Band	Landsat 8		Sentinel 2	
	Panjang Gelombang (µm) & Resolusi Spasial	Aplikasi	Panjang Gelombang (µm) & Resolusi Spasial	Aplikasi
1	0,43-0,45 (30 m)	Coastal Aerosol	0,443 (60 m)	Coastal aerosol
2	0,45-0,51 (30 m)	Blue	0,490 (10 m)	Blue
3	0,53-0,59 (30 m)	Green	0,560 (10 m)	Green
4	0,64-0,67 (30 m)	Red	0,665 (10 m)	Red
5	0,85-0,88 (30 m)	Near Infrared (NIR)	0,705 (20 m)	Vegetation Red Edge
6	1,57-1,65 (30 m)	Short Wave Infrared (SWIR) 1	0,740 (20 m)	Vegetation Red Edge
7	2,11-2,29 (30 m)	Short Wave Infrared (SWIR) 1	0,783 (20 m)	Vegetation Red Edge
8	0,50-0,68 (15 m)	Pachromatic	0,842 (10 m)	NIR
8a	-	-	0,865 (20 m)	Narrow NIR
9	0,43-0,45 (30 m)	Cirrus	0,945 (60 m)	Water Vapour
10	0,45-0,51 (100 m)	TIRS 1	1,375 (60 m)	SWIR – Cirrus
11	0,53-0,59 (100 m)	TIRS 2	1,610 (20 m)	SWIR
12	-	-	2,190 (20 m)	SWIR

Sumber: (Dharma et al., 2022; Febrianto et al., 2022; E. S. Putri et al., 2021; Rauf et al., 2018)

Analisis data perubahan kerapatan ekosistem mangrove pesisir Kota Semarang yang diambil pada tahun 2013 hingga 2022, menggunakan citra satelit Landsat 8 dan Sentinel 2. Data citra satelit dapat di download melalui website USGS <https://earthexplorer.usgs.gov/> dan <https://scihub.copernicus.eu/> serta data batas wilayah administrasi dapat di download melalui portal resmi Badan Informasi Geospasial. Data citra Landsat 8 yang digunakan merupakan data rekaman tanggal 1 Januari hingga 31 Desember 2013 dan data citra Sentinel 2 perekaman tanggal 1 Januari hingga 31 Desember 2022. Citra yang diambil merupakan citra dengan tutupan

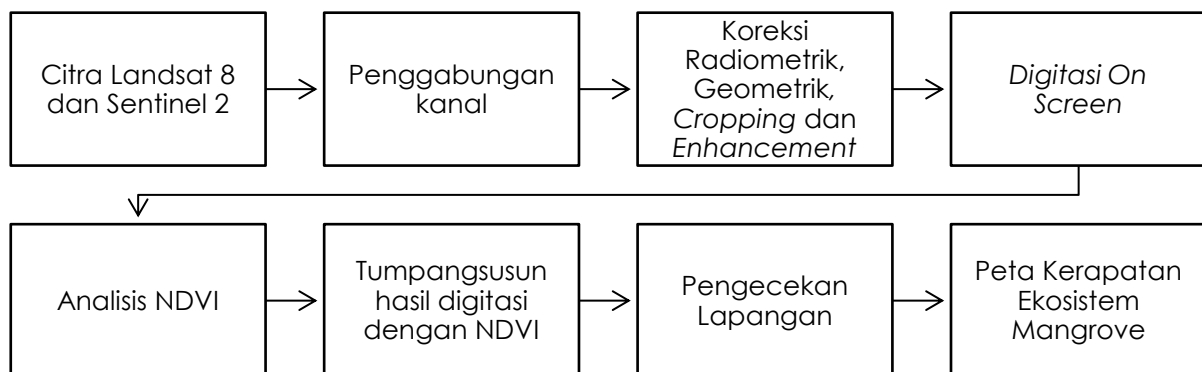
awan kurang dari 10%. Pengolahan data citra dapat dilakukan dengan beberapa tahapan seperti yang telah disajikan pada Gambar 2.

Penggabungan kanal atau komposit citra bertujuan untuk meningkatkan informasi yang diperoleh dari citra satelit sehingga memperoleh hasil interpretasi yang lebih akurat. Landsat 8 menggunakan kanal 564 dimana merupakan warna yang tidak sebenarnya (*false color*) di permukaan bumi sehingga memudahkan mengidentifikasi mangrove (Sukojo & Arindi, 2019). Sedangkan Sentinel 2 menggunakan kanal 432 atau warna yang sebenarnya dipermukaan bumi (*natural color*). Koreksi radiometrik perlu dilakukan untuk memperbaiki ketidakakuratan nilai reflektansi pada citra satelit, seperti menghilangkan efek atmosfer, penyesuaian responsivitas sensor, serta menghilangkan *noise* yang dihasilkan oleh instrumen sensor satelit. Koreksi geometrik dilakukan untuk memperbaiki ketidakakuratan posisi dan bentuk objek yang ditampilkan pada citra satelit, seperti perbaikan distorsi perspektif, rotasi, skala, dan pergeseran citra satelit. Lalu *cropping* dan *enhancement* bertujuan untuk memotong bagian citra sesuai dengan lokasi yang akan dianalisis, dan agar citra terlihat lebih tajam. Menurut (Dharma *et al.*, 2022) pemotongan citra perlu dilakukan karena untuk mengetahui *Area of Interest (AOI)*.

Digitasi on screen bertujuan untuk mengetahui bagian mana saja yang termasuk ekosistem mangrove sekaligus dapat diketahui luas dari ekosistem mangrove. Setelah itu dilakukan pengecekan lapang yang bertujuan untuk memastikan keakuratan data yang diperoleh dari citra satelit, sehingga dapat dipastikan bahwa data dari citra satelit benar-benar merefleksikan kondisi di lapangan (Buana *et al.*, 2015). Lalu proses tumpang-susun bertujuan untuk memperoleh informasi yang lebih lengkap dan detail tentang kondisi objek di permukaan bumi serta untuk memantau perubahan yang terjadi pada pesisir Kota Semarang dari waktu ke waktu.

Analisis *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* merupakan salah satu algoritma indeks vegetasi yang paling sering digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan vegetasi, salah satunya untuk menghitung kepadatan ekosistem mangrove. NDVI juga dapat menunjukkan parameter vegetasi, seperti biomassa daun hijau, wilayah dedaunan hijau, sehingga dapat diperkirakan untuk pembagian vegetasi (Setiawan *et al.*, 2018). NDVI menggunakan perbedaan reflektansi antara cahaya merah (*Red*) dan inframerah dekat (*NIR*) untuk mengukur tingkat aktivitas fotosintesis dan kepadatan vegetasi. Cara kerja metode NDVI dimulai dengan tahap pre-prosesing citra satelit, kemudian kalkulasi NDVI dengan persamaan $(NIR-RED)/(NIR+RED)$. Terakhir yaitu tahap interpretasi hasil NDVI.

Hasil NDVI akan selalu berada pada rentang -1 hingga +1, dengan nilai negatif atau kurang dari nol menunjukkan objek non vegetasi, awan, dan air. Nilai positif dengan rentang 0,1 sampai 0,7 mewakili vegetasi dan diatas nilai tersebut menunjukkan nilai vegetasi dengan tingkat kesehatan yang tinggi atau lebih baik (Marlina, 2022). Landsat 8 menggunakan kanal 5 sebagai *NIR (Near Infrared)* dan kanal 4 sebagai *Red*, sedangkan Sentinel 2 menggunakan kanal 8 sebagai *NIR* dan kanal 4 sebagai *Red*. Setelah itu dilakukan klasifikasi NDVI dengan membagi menjadi 5 kelas kepadatan, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi.



Gambar 2. Diagram alir metode pengolahan data citra

HASIL DAN PEMBAHASAN

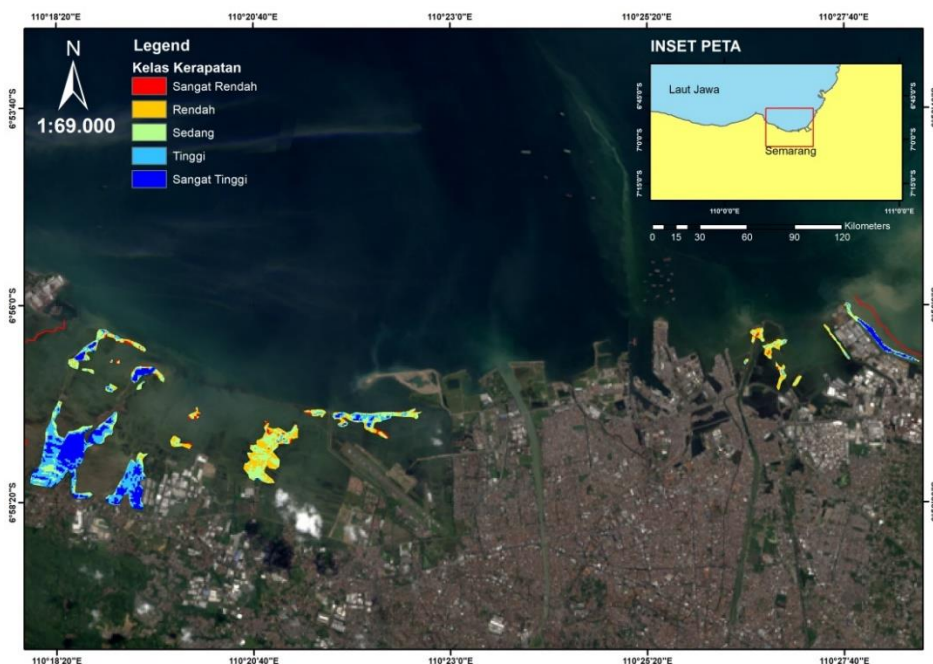
Berdasarkan hasil analisis klasifikasi pada 5 kelas kerapatan, diperoleh hasil sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi (Tabel 2). Dimana pada bagian yang sangat rendah masih terdapat bagian non vegetasi, atau badan perairan. Distribusi spasial menunjukkan bahwa mangrove terdistribusi pada pematang tambak (Susilo & Sanjoto, 2022), garis pantai, serta terdistribusi pada sungai seperti pada Kecamatan Genuk dan Tugu. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa mangrove di pesisir Kota Semarang mengalami regenerasi dan degradasi ekosistem.

Hasil analisis yang diperoleh menunjukkan bahwa kerapatan ekosistem mangrove pada tahun 2013 seluas 412,889 Ha, sedangkan pada tahun 2022 mengalami penurunan kerapatan yang cukup signifikan yaitu dengan luas kerapatan seluas 142,562 Ha. Berkurangnya luas kerapatan ekosistem mangrove dipengaruhi oleh adanya faktor alam seperti erosi pantai dan terjadinya badai (Safitri *et al.*, 2019), serta dipengaruhi pula oleh faktor manusia seperti pembukaan lahan, pengalih fungsian lahan, maupun penebangan mangrove (Eddy *et al.*, 2016; Latifah *et al.*, 2018; Sejati *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian dari (T. Y. Putri & Dewi, 2023), pembangunan jalan tol tanggul laut Semarang-Demak juga menyebabkan ekosistem mangrove harus direlokasi serta menimbulkan dampak negatif lainnya yang diluar perkiraan rancangan pemerintah.

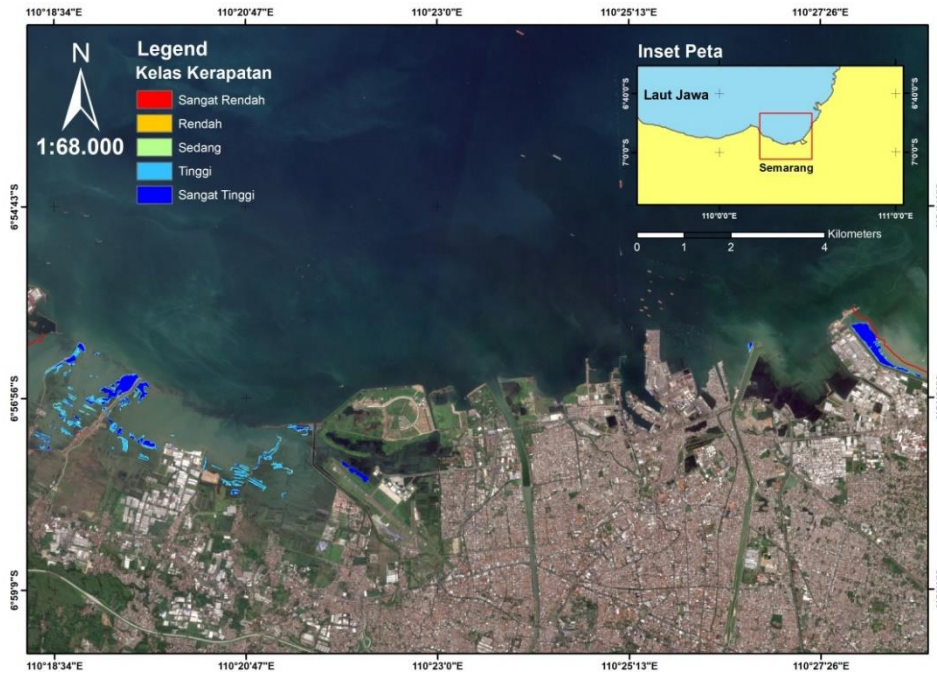
Hasil klasifikasi NDVI atau pembagian kelas kerapatan mangrove di pesisir Kota Semarang berada pada selang -1 sampai dengan 1. Menurut Pratama & Isdianto (2017), jika nilai NDVI yang diperoleh semakin tinggi maka vegetasi pada wilayah tersebut semakin rapat. Kemudian diperoleh klasifikasi kerapatan dari kelas sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi pada tahun 2013 (Gambar 3) dan tahun 2022 (Gambar 4).

Tabel 2. Klasifikasi Kelas Kerapatan Mangrove Tahun 2013 dan 2022

Kelas Kerapatan	Kerapatan 2013 (Ha)	Kerapatan 2022 (Ha)	Perubahan (Ha)
Sangat Rendah	9.565 (2,32%)	0.01 (0%)	(-) 9.555
Rendah	68.959 (16,70%)	5.447 (3,82%)	(-) 63.512
Sedang	127.785 (30,95%)	32.585 (22,86%)	(-) 95.200
Tinggi	110.861 (26,85%)	42.295 (29,67%)	(-) 68.566
Sangat Tinggi	95.718 (23,18%)	62.225 (43,65%)	(-) 33.494



Gambar 3. Peta Kerapatan Mangrove Tahun 2013



Gambar 4. Peta Kerapatan Mangrove Tahun 2022

Kerapatan ekosistem mangrove di Kota Semarang tahun 2013 hingga 2022 mengalami perubahan yang cukup signifikan. Tahun 2013 dengan kelas kerapatan sangat rendah yaitu seluas 9,565 Ha, kerapatan rendah seluas 68,959 Ha, kerapatan sedang seluas 127,785 Ha, kerapatan tinggi seluas 110,861 Ha, serta kerapatan sangat tinggi seluas 95,718 Ha. Sedangkan tahun 2022, dimana ekosistem mangrove mengalami penurunan kerapatan dari tahun 2013 dengan kerapatan sangat rendah seluas 0,01 Ha. Kerapatan rendah seluas 5,447 Ha, kerapatan sedang seluas 32,585 Ha, kerapatan tinggi seluas 42,295 ha, serta kerapatan sangat tinggi seluas 62,225 Ha.

Kategori kerapatan tinggi dan sangat tinggi dengan interval waktu dari tahun 2013 hingga 2022 mengalami peningkatan, dikarenakan mangrove mengalami pertumbuhan menjadi semakin tinggi dan lebat (Febrianto *et al.*, 2022). Mangrove yang ditanam pada tahun 2013 akan tumbuh menjadi kepadatan tinggi dan sangat tinggi pada tahun 2022. Selain itu kegiatan reboisasi serta rehabilitasi juga aktif dilakukan oleh beberapa pihak di wilayah pesisir Kota Semarang. Menurut Rini & Rahmah (2019), penanaman mangrove di pesisir Semarang masih sering dilakukan karena mengingat pesisir Semarang merupakan daerah rawan terjadinya erosi serta untuk mengurangi dampak bencana di pesisir.

Penelitian ini menggunakan dua citra yang berbeda yaitu citra Landsat 8 dan citra Sentinel 2 yang mana memiliki resolusi spasial yang berbeda pula. Melalui hasil yang diperoleh setelah dilakukan pengolahan data, citra Sentinel 2 dapat lebih detail dalam menampilkan objek dipermukaan bumi khususnya vegetasi mangrove. Sehingga pada saat dilakukan proses digitasi, vegetasi mangrove terlihat lebih jelas dibandingkan dengan Landsat 8. Hal ini memengaruhi hasil dari nilai kerapatan atau NDVI ekosistem mangrove, karena setiap citra memiliki nilai kerapatan masing-masing. Resolusi yang semakin kecil menghasilkan kualitas gambar yang lebih baik dan lebih teliti dibandingkan resolusi yang besar (Rafsenja *et al.*, 2020). Dapat disimpulkan pula bahwa citra Sentinel memiliki kemampuan lebih baik untuk mengidentifikasi suatu obyek di permukaan bumi karena memiliki bias dan eror yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan citra Landsat (Philiani *et al.*, 2016).

KESIMPULAN

Kerapatan ekosistem mangrove dipesisir Kota Semarang pada tahun 2013 adalah 412,889 Ha dan tahun 2022 adalah 142,562 Ha, dengan total pengurangan luas kerapatan seluas 270,327 Ha

(65,5%). Nilai indeks klasifikasi NDVI ekosistem mangrove Kota Semarang dari kerapatan sangat rendah hingga sangat tinggi mengalami penurunan. Kerapatan sangat rendah mengalami penurunan seluas 9,55 Ha, rendah seluas 63,51 Ha, sedang seluas 95,2 Ha, tinggi seluas 68,57 Ha, dan sangat tinggi seluas 33,49 Ha. Berkurangnya luas kerapatan ekosistem mangrove dipengaruhi oleh faktor alam seperti erosi serta faktor manusia akibat pembukaan lahan. Citra yang lebih baik untuk mengidentifikasi suatu obyek di permukaan bumi dengan detail dan kualitas gambar yang lebih baik serta memiliki bias dan eror yang lebih rendah adalah citra Sentinel 2.

DAFTAR PUSTAKA

- Buana, Y., Sugiyanta, I.G., & Zulkarnain. (2015). Perubahan Luas Mangrove Tahun 1994-2014 di Kecamatan Padang Cermin. *Jurnal Penelitian Geografi*, 3(1), 1–14.
- Dharma, F., Aulia, A., Shubhan, F., & Ridwana, R. (2022). Pemanfaatan Citra Sentinel-2 dengan Metode NDVI untuk Perubahan Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kabupaten Indramayu. *Pendidikan Geografi Undiksha*, 10(2), 155–165. doi: 10.23887/jjpg.v10i2.42645
- Eddy, S., Rasyid Ridho, M., Iskandar, I., & Mulyana, A. (2016). Community-Based Mangrove Forests Conservation for Sustainable Fisheries. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 07(3), 42–47.
- Febrianto, S., Syafina, H.A., Latifah, N., & Muskananfolo, M.R. (2022). Dinamika Perubahan Luasan dan Kerapatan Ekosistem Mangrove Di Kawasan Taman Nasional Sembilang Menggunakan Citra Satelit Landsat 8. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25, 369–377. doi: doi: 10.14710/jkt.v25i3.14909
- Handayani, S., Adrianto, L., Bengen, D.G., Nurjaya, I.W., & Wardiatno, Y. (2020). Pemetaan Jasa Ekosistem Mangrove pada Wilayah Rehabilitasi di Pesisir Sayung, Kabupaten Demak. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(4), 574–583. doi: 10.18343/jipi.25.4.574
- Irawan, S., & Sirait, J. (2017). Perubahan Kerapatan Vegetasi Menggunakan Citra Landsat 8 di Kota Batam Berbasis Web. *Jurnal Kelautan*, 10(2), 174–184.
- Kawamuna, A., Suprayogi, A., & Wijaya, A.P. (2017). Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi NDVI pada Citra Sentinel-2 (Studi Kasus: Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 277–284.
- Latifah, N., Febrianto, S., Endrawati, H., & Zainuri, M. (2018). Pemetaan Klasifikasi Dan Analisa Perubahan Ekosistem Mangrove Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal Di Karimunjawa , Jepara , Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21, 97–102. doi: 10.14710/jkt.v21i2.2977
- Marlina, D. (2022). Klasifikasi Tutupan Lahan pada Citra Sentinel-2 Kabupaten Kuningan dengan NDVI dan Algoritme Random Forest. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 7(1), 41–49.
- Philiani, I., Saputra, L., Harvianto, L., & Muzaki, A.A. (2016). Pemetaan Vegetasi Hutan Mangrove Menggunakan Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di Desa Arakan, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. *Surya Octagon Interdisciplinary Journal of Sscience & Technology*, 1(2), 211–222.
- Pratama, L. W., & Isdianto, A. (2017). Pemetaan Kerapatan Hutan Mangrove di Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah Menggunakan Citra Landsat 8 di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Jakarta. *Jurnal Floratek*, 12(1), 57–61.
- Purwanto, A. (2015). Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Identifikasi Normalized Difference vegetation Index (NDVI) di Kecamatan Silat Hilir Kabupaten Kapuas Hulu. *Jurnal Edukasi*, 13(1), 27–36.
- Putri, E.S., Widiasari, A., Karim, R.A., Somantri, L., & Ridwana, R. (2021). Pemanfaatan Citra Sentinel-2 untuk Analisis Kerapatan vegetasi Wilayah Gunung Manglayang. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 9(2), 133–143. doi: 10.23887/jjpg.v9i2.35357
- Putri, T.Y., & Dewi, F.L. (2023). Peninjauan Kembali terkait Efektifitas Relokasi Mangrove dalam Rangka Pembangunan Jalan Tol Demak-Semarang. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 5(1), 4231–4240.
- Rafsensa, U., Muh, L., Jaya, G., & Rahim, S. (2020). Analisis Perbandingan Citra Landsat 8 dan Citra Sentinel 2-A untuk Mengidentifikasi Sebaran Mangrove. *Jurnal Geografi Aplikasi Dan Teknologi*, 4(1), 63–70.
- Rauf, S., Aboe, A.F., & Mangiri, I. (2018). Analisis Tata Guna Lahan di Kabupaten Soppeng Berbasis

- GIS Menggunakan Citra Sentinel 2. Repositori Universitas Hasanuddin p.1–12.
- Rini, E.I.H.A.N., & Rahmah, Y. (2019). Penanaman Pohon Mangrove di Desa Mangunharjo Tugu Semarang Sebagai bentuk Kepedulian Lingkungan. *Jurnal Harmoni*, 3(2), 1–5.
- Safitri, F., Suryanti, & Febrianto, S. (2019). Analisis Perubahan Garis Pantai Akibat Erosi di Pesisir Kota Semarang (Coastline Change Analysis due to Erosion in Coastal of Semarang City). *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 25(1), 37–46.
- Sejati, A.W., Buchori, I., Kurniawati, S., Brana, Y.C., & Fariha, T. I. (2020). Quantifying the Impact of Industrialization on Blue Carbon Storage in the Coastal Area of Metropolitan Semarang , Indonesia. *Applied Geography*, 124, 1–13. doi: 10.1016/j.apgeog.2020.102319
- Setiawan, A., Akhbar, & Arianingsih, I. (2018). Analisis vegetasi Mangrove Menggunakan (NDVI) pada Ekosistem MAangrove di Kecamatan Balinggi Kabupaten parigi Moutong. *Jurnal ForestSains*, 15(2), 82–90.
- Sukojo, B.M., & Arindi, Y.N. (2019). Analisa Perubahan Kerapatan Mangrove Berdasarkan Nilai Normalized Difference Vegetation Index Menggunakan Citra Landsat 8 (Studi Kasus: Pesisir Utara Surabaya). *Jurnal Geoid*, 14(2), 1–5.
- Sunaryo, S., Ambariyanto, A., Sugianto, D.N., & Helmi, M. (2018). Risk Analysis of Coastal Disaster of Semarang City, Indonesia. *E3S Web of Conference (ICENIS 2017)*, 31, 1–5. doi: 10.1051/e3sconf/20183112009
- Susilo, B.A., & Sanjoto, T.B. (2022). Analisis Spasial Kerapatan Tajuk Mangrove Kota Semarang tahun 2021 Menggunakan Indeks Vegetasi MRE-SR pada Citra Sentinel 2A. *Geo Image (Spatial-Ecological-Regional)*, 11(1), 1–13.