

Luasan dan Kerapatan ekosistem mangrove di Kecamatan Cilamaya Wetan, Kabupaten Karawang

Angga Kurniawansyah, Masita Dwi Mandini Manessa, Aulia Puji Hartati

Departemen Geografi Jl. Prof. Sudjono D. Puspongoro, Kampus UI, Depok 16424, Jawa Barat, Indonesia
Angga.kurniawansyah11@ui.ac.id, 085156393702

Direvisi: 2022-06-20 Diterima: 2022-09-02

Abstrak. Pemantauan luasan dan kerapatan mangrove dapat berguna untuk keberlanjutan pemanfaatan ekosistem mangrove. Salah satu ekosistem mangrove yang telah dimanfaatkan berada di Kecamatan Cilamaya Wetan berupa peresmian objek wisata Pusat Bahari Tangkolak (PBT). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui dan juga menentukan luasan serta kerapatan ekosistem mangrove. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) menggunakan data perekaman citra satelit *PlanetScope* sensor *Dove-R* dengan cara dijitasi *on screen*, observasi, dan diskusi di lapangan. Analisis yang digunakan spasial, kuantitatif dan deskriptif untuk menjelaskan luasan dan kerapatan mangrove. Luas mangrove tahun 2017-2019 berturut-turut sebesar 77,40 Ha, 81,24 Ha, dan 50,91 Ha dengan dominasi kerapatan klasifikasi lebat setiap tahunnya. Penurunan luasan dan kerapatan mangrove terjadi karena adanya kegiatan wisata dan perubahan fungsi lahan ekosistem mangrove menjadi tambak ikan, udang, garam, dan penebangan pohon dalam pemenuhan kebutuhan rumahtangga.

Kata Kunci: Luasan, Kerapatan, Ekosistem Mangrove

Abstract. Monitoring the area and density of mangroves can be useful for the sustainable use of mangrove ecosystems. One of the mangrove ecosystems that have been utilized is in the District of Cilamaya Wetan in the form of the inauguration of the Tangkolak Marine Center (PBT) tourist attraction. The purpose of this study was to determine and also determine the extent and density of the mangrove ecosystem. The method used in this research is NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) using *PlanetScope* sensor *Dove-R* satellite image recording data by digitizing on screen, observation, and discussion in the field. The analysis used was spatial, quantitative and descriptive to explain the extent and density of mangroves. The area of mangroves in 2017-2019 was 77.40 Ha, 81.24 Ha, and 50.91 Ha, respectively, with the dominance of the dense category of density every year. The decrease in the area and density of mangroves occurs due to tourism activities and changes in the function of mangrove ecosystem land into fish, shrimp, salt ponds, and tree cutting to fulfill household needs.

Keywords: Area, Density, Mangrove Ecosystem

PENDAHULUAN

Sebagaimana diketahui, Kabupaten Karawang memiliki garis pantai yang merupakan ciri khas kawasan pesisir sepanjang 76,42 km dan luas pesisirnya dua pertiga atau sekitar 1.168,85 km² atau 3,73% dari total luas wilayah Provinsi Jawa Barat dan sumberdayanya berupa ekosistem dan perikanan tangkap (Sandria & Fadilla, 2020; Wicaksono, 2020; Jamaludin *et al.*, 2021; Nopiana, 2021). Menurut Asyiwati & Akliyah (2017), sumberdaya ekosistem pesisir terdiri dari ekosistem mangrove, padang lamun, terumbu karang, dan pulau-pulau kecil. Sebagai salah satu sumberdaya pesisir, ekosistem mangrove mempunyai beberapa fungsi dan juga manfaat, yaitu sebagai tempat rekreasi, konservasi, lahan tambak, kegiatan pariwisata, budidaya, perikanan, penelitian, dan pendidikan (Saparinto, 2007). mengurangi dampak bencana alam, seperti angin topan dan tsunami, maupun ombak (Nurdin *et al.*, 2015; Barbier, 2016), pencegah erosi dan abrasi, sebagai sumber nutrisi biota, serta penyedia sumberdaya bagi manusia dan wisata bahari (Prihadi *et al.*, 2018; Tufliha *et al.*, 2019), penyerap karbon dan penghasil bahan organik untuk suplai makanan bagi organisme melalui dekomposisi serasah (Giesen *et al.*, 2007), kegiatan pariwisata, budidaya, perikanan, penelitian, dan pendidikan (Barbier, 2016).

Banyaknya fungsi dan manfaat dari ekosistem mangrove inilah yang menyebabkan daya tarik bagi masyarakat untuk memanfaatkannya, mulai dari pihak instansi sebagai regulator dan juga masyarakat sebagai eksekutor. Salah satu ekosistem mangrove yang menjadi objek untuk kegiatan pariwisata berada di Desa Sukakarta, Kecamatan Cilamaya Wetan, yaitu Pusat Bahari Tangkolak (PBT). Kecamatan Cilamaya Wetan memiliki luasan mangrove sebesar 793 Ha, yang mana merupakan luasan terbesar ke-2 di Kabupaten Karawang setelah Kecamatan Cibuaya (Dinas Perikanan dan Kelautan, 2017). Setelah diresmikannya Pusat Bahari Tangkolak (PBT) pada tahun 2018, penanaman bibit mangrove terus dilakukan untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas ekosistem mangrove sebagai langkah konservasi karena terjadinya degradasi lahan mangrove. Selain karena faktor alami seperti abrasi, menurut Fatmawati *et al.* (2017), pertumbuhan penduduk menyebabkan kebutuhan lahan untuk kegiatan pertanian, pertambakan, dan pemukiman yang menyebabkan ekosistem mangrove mengalami penyusutan. Nopiana *et al.* (2020) mengatakan bahwa wilayah ekosistem mangrove di Kabupaten Karawang sudah mengalami kerusakan yang mengkhawatirkan, yaitu berupa erosi yang menyebabkan terjadinya abrasi sekitar 50-300 meter. Kegiatan pariwisata secara masif yang menjadi ciri

dari perkembangan kawasan wisata (Poedjiastoeti *et al.*, 2022) pun dapat mengakibatkan kerusakan ekosistem mangrove. Kegiatan pariwisata berpotensi menjadi sumber sampah plastik, khususnya mikroplastik yang akan terkumpul dalam sedimen dan mengganggu keseimbangan ekosistem mangrove serta rantai makanan biota yang berasosiasi didalamnya (Angraini *et al.*, 2020). Sampah plastik merupakan penyebab dari matinya pohon mangrove karena dapat menghalangi atau menghambat proses fotosintesis dan bibit pohon banyak terbawa atau terseret ke laut (Li *et al.*, 2018).

Saat ini, penginderaan jauh merupakan salah satu instrumen teknologi pemetaan yang memungkinkan dilakukan karena dapat digunakan untuk wilayah yang cukup luas dan sulit diakses, seperti ekosistem mangrove yang berada di pesisir (Fawzi, 2016). Citra satelit yang merupakan salah satu produk penginderaan jauh sudah sering digunakan dalam penelitian, khususnya untuk ekosistem mangrove (Vaiphasa *et al.*, 2006) this research is the first to investigate the unexplored potential of exploiting mangrove-environment relationships for improving the quality of the final mangrove map at the species level. The relationships between mangroves and the surrounding environmental gradient were incorporated into the mapping process via a typical Bayesian probability model. The Bayesian model functioned as a post-classifier to improve the quality of an already-produced mangrove map. The environmental gradient in use was a GIS layer of soil pH data. Despite the remaining confusion between *R. mucronata* and *S. caseolaris*, it was found that the investment of the integration of soil pH into the mapping process paid off as it significantly increased the mapping accuracy from 76.04% to 88.21%. It is anticipated that the methodology presented in this study may be used as a guideline for producing mangrove maps at a finer level. © 2006 International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Inc. (ISPRS. Salah satu citra satelit yang bisa digunakan yaitu *PlanetScope* sensor *Dove-R* dengan resolusi spasial sebesar 3 meter per pixelnya dan menurut Oktaviani & Johan (2016) menggolongkan besaran tersebut pada klasifikasi resolusi spasial tinggi. Citra satelit dengan spesifikasi resolusi spasial yang tinggi dikatakan akan lebih baik dan detail dalam memetakan kondisi dan kerapatan mangrove (Ni-Meister *et al.*, 2010). Citra satelit *PlanetScope* sensor *Dove-R* merupakan salah satu produk dari *PlanetScope* dengan spesifikasi 4 Band, yaitu Band 1 berupa gelombang biru, Band 2 berupa gelombang hijau, Band 3 berupa gelombang merah, dan Band 4 berupa gelombang inframerah dekat. Selain itu, data perekaman citra ini tersedia secara harian/*daily* yang memungkinkan melakukan analisis temporal secara lebih spesifik. Produk perekaman yang sudah terkoreksi atmosfer juga tersedia dalam format *Analytic_SR* yang berguna untuk menghilangkan faktor-faktor yang menurunkan kualitas data citra satelit dan memperbaiki distorsi posisi objek.

Dengan spesifikasi yang dimiliki, citra satelit *PlanetScope* sensor *Dove-R* ini dapat dimanfaatkan memetakan ekosistem mangrove secara lebih detail dengan menggunakan formula *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), yang mana mengaitkan 2 Band, yaitu Band 3 (gelombang merah) dan Band 4 (gelombang inframerah dekat). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan menentukan luasan serta kerapatan kerapatan ekosistem mangrove dengan bantuan penginderaan jauh pada periode tahunan sebelum peresmian dan sesudah peresmian ekosistem mangrove PBT sebagai objek wisata (26 Desember 2017 dan 26 Desember 2019). Nantinya, setelah diketahui luas dan kerapatan ekosistem mangrove secara temporal diharapkan dapat digunakan dalam menentukan

langkah yang nyata dalam pemanfaatan ekosistem mangrove secara bijak dan optimal. Hal ini diperlukan untuk perencanaan dan pengelolaan ekosistem pesisir secara berkelanjutan, dimana ekosistem tetap terus memberikan manfaat bagi pemerintah daerah setempat dan masyarakat lokal.

METODE PENELITIAN

Wilayah Penelitian

Wilayah penelitian mencakup desa di wilayah pesisir Kecamatan Cilamaya Wetan, Kabupaten Karawang, yang terdiri dari Desa Sukakarta, Desa Rawagempol Kulon, Desa Muara Baru, dan Desa Muara. Untuk peresmian objek wisata PBT terletak di Desa Sukakarta dan dapat dilihat pada **Gambar 1.** yang ditandai kotak berwarna merah.

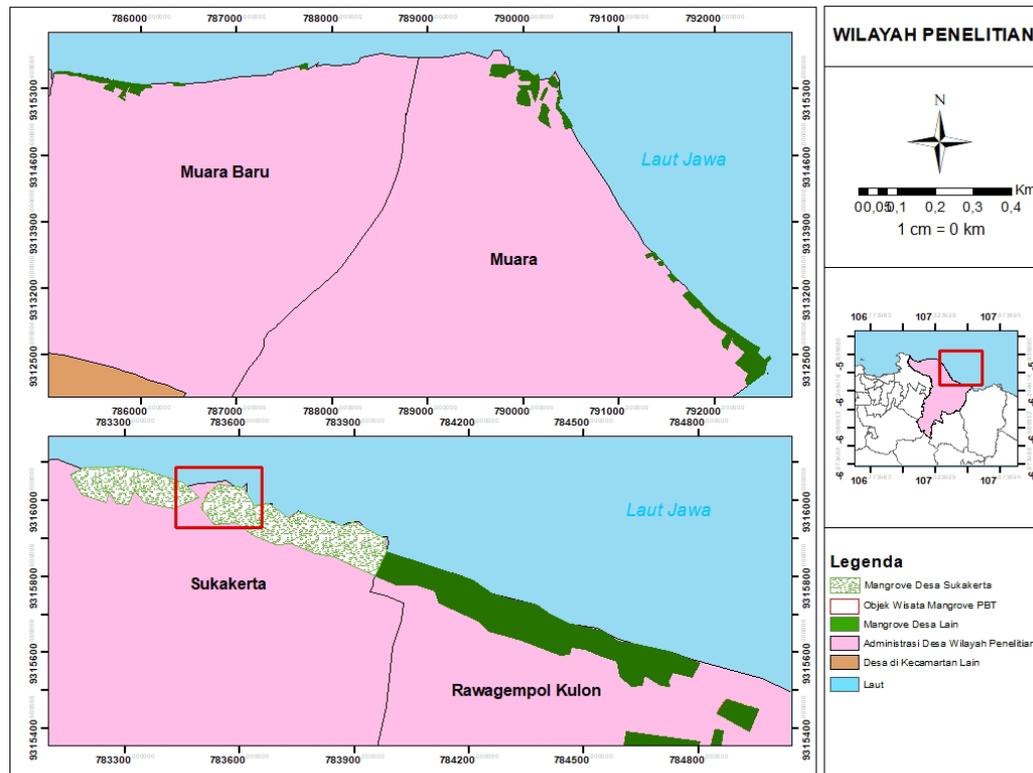
Bahan dan Data

Data yang dipakai adalah perekaman citra satelit *PlanetScope* sensor *Dove-R* dalam 3 periode tanggal secara tahunan yang mengacu pada tanggal peresmian objek wisata PBT (26 Desember 2018) dengan filterisasi cakupan wilayah $\geq 90\%$ dan tutupan awan $\geq 10\%$. Tanggal-tanggal yang dimaksud antara lain, 26 Desember 2017, 26 Desember 2018, dan 26 Desember 2019. Mulai tahun 2020 hingga sekarang tidak akan diperhitungkan karena terjadinya pandemi Covid-19 yang mempengaruhi kegiatan pariwisata. Data perekaman citra satelit nantinya akan dilakukan digitasi *on screen* untuk mengetahui luasan ekosistem mangrove dan akan diintegrasikan formula NDVI untuk mengetahui dan menentukan nilai kerapatan mangrove. Akan dilakukan juga uji akurasi menggunakan matriks kesalahan/*confusion matrix* dengan bantuan pengecekan dari *Google Earth* untuk memperoleh nilai indeks kappa. Sampel untuk uji akurasi yang digunakan berupa sampel yang sama namun diambil pada tempat berbeda, yang mana ditujukan agar lebih diterima keakuratannya (Wulansari 2017). Data perekaman citra satelit akan diolah dengan *software* ArcGIS 10.4 dan ENVI 5.1. Dilakukan juga survei lapang untuk observasi dan diskusi dengan pihak pengelola PBT, pemerintah daerah, maupun masyarakat lokal di masing-masing desa pada tanggal 4 sampai 9 November 2019 dalam memperoleh keterkaitan perubahan luasan dan kerapatan ekosistem mangrove dengan aktivitas masyarakat sekitar. Untuk formula NDVI dapat dilihat dibawah ini:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (\text{Cabello et al., 2021}) \quad (1)$$

Pengolahan Data

Data perekaman citra satelit *PlanetScope* sensor *Dove-R* dilakukan proses penggabungan (*mosaic*) di *software* ENVI 5.1 dan dilakukan proses *extract by mask* di *software* ArcGIS 10.4 pada peta administrasi Kecamatan Cilamaya Wetan. Setelah itu, dilakukan digitasi untuk interpretasi wilayah ekosistem mangrove di masing-masing desa. Wilayah ekosistem mangrove hasil interpretasi akan diintegrasikan dengan formula NDVI untuk memperoleh nilai yang menggambarkan kerapatan mangrove. Nilai NDVI yang dihasilkan akan diklasifikasikan menurut Departemen Kehutanan (2005) dengan *tools reclassify* di *software* ArcGIS 10.4 untuk beberapa klasifikasi/klasifikasi, yaitu jarang, sedang, dan lebat. Klasifikasi nilai NDVI yang sudah diperoleh akan dilakukan deliniasi berdasarkan tahap *reclassify* yang dilakukan sebelumnya. Hal ini ditujukan untuk memudahkan peneliti untuk menyajikan nilai kerapatan



Gambar 1. Wilayah Penelitian (BIG, 2019 dan PlanetScope sensor Dove-R, 2019)

ekosistem mangrove agar informasi nilai tidak terlalu kompleks atau lebih sederhana. Untuk lebih jelasnya, perhatikan **Tabel 1.** dibawah ini untuk klasifikasi nilai NDVI.

Analisis Data

Data dianalisis secara spasial, kuantitatif, dan deskriptif. Analisis spasial dan kuantitatif dalam mengetahui luasan mangrove dan persebaran nilai NDVI dalam rangka menentukan nilai kerapatan ekosistem mangrove berdasarkan klasifikasi Departemen Kehutanan (2005) yang ada di keseluruhan desa. Dengan mengetahui kedua hal tersebut, dapat dikaitkan dengan observasi dan diskusi yang dilakukan di lapangan terkait aktivitas manusia dalam memanfaatkan ekosistem mangrove di masing-masing desa terkait perubahan luasan dan nilai kerapatan ekosistem mangrove yang diperoleh. Lalu, analisis deskriptif digunakan untuk menjelaskan perubahan luasan mangrove dan hasil perhitungan NDVI untuk nilai klasifikasi kerapatan mangrove.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luasan Mangrove

Luasan mangrove yaitu ukuran atau besaran ekosistem mangrove yang memiliki batasan yang jelas (Fatmawati *et al.*, 2017). Luasan mangrove diperoleh dengan melakukan digitasi *on screen* langsung dari perekaman data citra satelit PlanetScope sensor Dove-R pada daerah mangrove sesuai interpretasi peneliti. Proses digitasi dilakukan dengan memperbesar wilayah mangrove (*zoom in*) di software ArcGIS 10.4 berupa *polygon* hingga seluruh wilayah mangrove di Kecamatan Cilamaya Wetan terdigitasi dengan sempurna dan diperoleh juga luasannya melalui *calculate geometry*. Hasil luasan mangrove dapat dilihat pada **Tabel 2.**

Dapat dilihat sesuai tabel diatas, luasan mangrove di Kecamatan Cilamaya Wetan secara total pada tahun 2017 sebesar 77,40 Ha dan mengalami penambahan 3,84 Ha pada 2018.

Tabel 1. Klasifikasi Nilai NDVI (Departemen Kehutanan, 2005)

Nilai	Klasifikasi/Klasifikasi
$\geq 0,43 - \leq 1,00$	Lebat
$\geq 0,33 - \leq 0,42$	Sedang
$\geq -1 - \leq 0,32$	Jarang

Namun pada tahun 2019, mangrove mengalami penurunan total luasan sebesar 30,33 Ha menjadi 50,91 Ha. Dari observasi dan diskusi di lapangan, penambahan luasan mangrove yang terjadi dari 2017 ke 2018 secara kumulatif dikarenakan terdapatnya beberapa program penanaman bibit mangrove yang berasal dari pemerintah daerah ataupun Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) dan mengalami keberhasilan penanaman dengan penambahan luasan dalam setahun sebesar 0,38 Ha di Desa Sukakarta, khususnya di Pusat Bahari Tangkolak (PBT). Selain itu, dari diskusi yang telah dilakukan di lapangan, penambahan luasan mangrove tahun 2017 ke 2018 terjadi juga dikarenakan adanya inisiatif masyarakat di Desa Muara dalam mempertahankan pohon mangrove sebagai pelindung rumah dan tambak mereka dengan cara menanam pohon mangrove di dalam tambak-tambak. Menurut mereka, hal tersebut dapat dianggap sebagai pagar untuk melindungi tambak mereka dari ombak saat pasang. Sementara itu, di desa lain pada waktu yang sama mengalami penurunan luasan karena beberapa hal, yaitu perubahan lahan menjadi tambak garam, udang, ataupun ikan, serta penebangan untuk keperluan rumahtangga dan bangunan.

Pada tahun 2019, total luasan mangrove mengalami penurunan secara drastis dengan total 50,91 Ha dan Desa Muara adalah desa yang memiliki penurunan paling tinggi sebesar 20,98 Ha. Hal ini dikarenakan dari pemahaman warga sekitar yang memiliki lahan disekitar ekosistem mangrove ingin terus memanfaatkan lahan mereka atau lahan yang mereka anggap tidak terpakai ataupun lahan hasil dari *claim/*

Tabel 2. Luasan Mangrove Per Tanggal 26 Desember (Pengolahan Data, 2022)

No	Desa (Barat ke Timur)	Luas (Ha)		
		2017	2018	2019
1	Sukakarta	6,01	6,39	6,00
2	Rawagempol Kulon	11,74	10,64	7,65
3	Muara Baru	16,27	14,58	8,61
4	Muara	43,38	49,63	28,65
Total		77,40	81,24	50,91

pengakuan mereka untuk digunakan sebagai ladang mata pencaharian berupa tambak garam, udang, dan ikan. Menurut mereka, tidak terdapatnya manfaat yang dirasakan dari adanya ekosistem mangrove secara signifikan terhadap peningkatan ekonomi mereka, termasuk kegiatan wisata pun hanya berpusat di PBT di Desa Sukakarta saja. Ketidaksiertaan pemerintah daerah dalam pemenuhan kebutuhan pada masyarakat dan kesenjangan pembangunan antardaerah dalam pemanfaatan ekosistem mangrove untuk wisata pun menjadi faktor yang menjadi alasan masyarakat di Desa Muara melakukan alih fungsi lahan mangrove tersebut.

Sama halnya dengan Desa Muara, mangrove di Desa Rawagempol Kulon dan Desa Muara Baru juga berkurang secara signifikan karena perubahan alih fungsi lahan menjadi lahan tambak dan kebutuhan rumahtangga atau bangunan. Biasanya, keperluan untuk rumahtangga ditujukan sebagai kayu bakar dalam keperluan memasak. Selain itu, batang-batang pohon yang dirasa lebih kuat akan dimanfaatkan untuk bahan bangunan oleh masyarakat sekitar. Untuk Desa Sukakarta mengalami penurunan luasan mangrove paling sedikit dibanding desa lain dari tahun sebelumnya (dari 2018 ke 2019), yaitu sebesar 0,39 Ha. Hal ini dikarenakan adanya aktivitas wisata yang mengalami peningkatan secara signifikan dan tidak memperhatikan lingkungan dengan cara membuang sampah sembarang di ekosistem mangrove. Walaupun terdapat beberapa program pemerintah daerah untuk penanaman bibit mangrove dengan mengikutsertakan masyarakat lokal dan LSM di lokasi PBT, namun hal tersebut sukar memberikan hasil karena banyaknya sampah yang terkumpul pada sedimen ekosistem mangrove. Tercatat bahwa setelah 3 bulan peresmiannya, jumlah kunjungan meningkat $\pm 100\%$. Hal ini yang mengakibatkan luasan mangrove secara total di Desa Sukakarta menurun. Penurunan luasan ekosistem ini harus menjadi perhatian bersama dan dikatakan dapat menciptakan dampak yang merugikan bagi suatu daerah (Rajan *et al.*, 2013), seperti kondisi ekonomis dan ekologis (Rahmayanti, 2014).

Kerapatan Mangrove

Kerapatan mangrove diklasifikasikan dan divisualisasikan dari nilai NDVI pada masing-masing desa. Diketahui bahwa nilai NDVI di Kecamatan Cilamaya Wetan pada tahun 2017 memiliki interval antara 0,79 sampai -0,10. Untuk nilai NDVI pada tahun 2018 dan 2019 berturut-turut memiliki interval antara 0,81 sampai -0,04 dan 0,82 sampai -0,11. Hasil nilai NDVI dari ketiga tahun tersebut diklasifikasikan berdasarkan Departemen Kehutanan (2005) dalam 3 klasifikasi yaitu, kerapatan klasifikasi lebat ($\geq -1 - \leq 0,32$), kerapatan klasifikasi sedang ($\geq 0,33 - \leq 0,42$), dan kerapatan klasifikasi jarang ($\geq -1 - \leq 0,32$). Masing-masing klasifikasi akan diwakili dengan suatu warna, yaitu warna merah (klasifikasi jarang), kuning (klasifikasi sedang), dan hijau (klasifikasi lebat). Untuk lebih jelasnya perhatikan **Gambar 2, 3, dan 4**.

Setelah diklasifikasikan berdasarkan Departemen Kehutanan (2005), diperolehlah klasifikasi kerapatan mangrove dengan besaran rincian luasnya seperti pada **Tabel 3**. sebagai berikut:

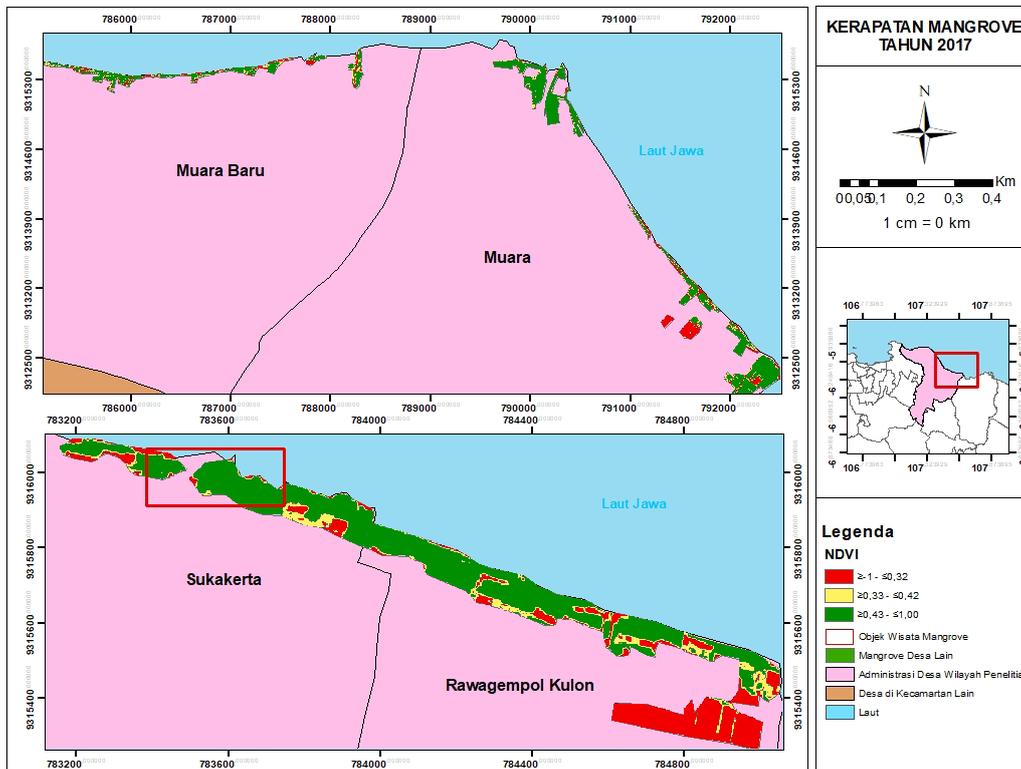
Tabel 3. Kerapatan Mangrove Beserta Luasan (Pengolahan Data, 2022)

No	Klasifikasi/ Klasifikasi	Luas (Ha)		
		2017	2018	2019
1	Lebat	54,13	61,39	42,57
2	Sedang	8,74	7,26	3,49
3	Jarang	14,53	12,59	4,85
Total		74,34	81,24	50,91

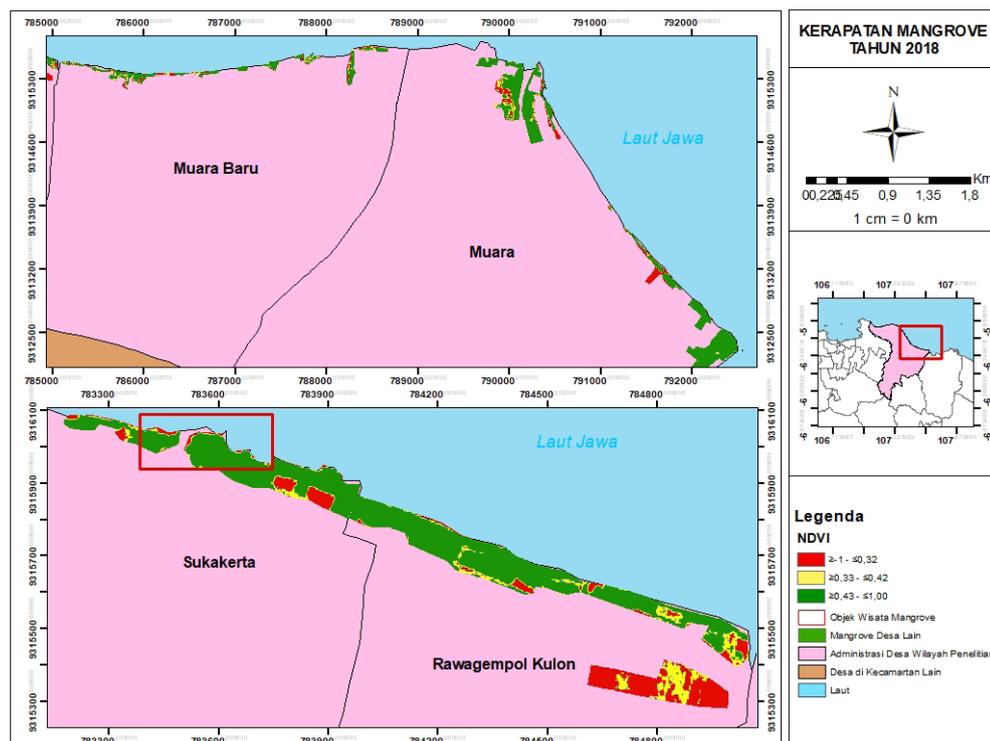
Berdasarkan data di **Tabel 3.**, kondisi kerapatan mangrove mengalami peningkatan maupun penurunan untuk klasifikasi lebat, sedangkan klasifikasi sedang dan jarang mengalami penurunan pada setiap tahunnya. Klasifikasi lebat bertambah 6,50 Ha di tahun 2018 dan berkurang secara drastis di tahun 2019 sebesar 18,06 Ha. Untuk klasifikasi sedang mengalami penurunan setiap tahunnya sebesar 1,48 Ha pada tahun 2018 dan sebesar 3,7 Ha pada tahun 2019. Sama halnya dengan klasifikasi sedang, klasifikasi jarang pun mengalami penurunan setiap tahunnya sebesar 1,94 Ha pada tahun 2018 dan sebesar 7,74 Ha pada tahun 2019. Penurunan luasan klasifikasi kerapatan mangrove yang terjadi pada klasifikasi sedang dan jarang tidak mengartikan bahwa kondisi kerapatan mangrove memburuk, melainkan perubahan yang terjadi menggambarkan bahwa kondisi mangrove di Kecamatan Cilamaya Wetan bisa jadi dikatakan semakin membaik karena pada klasifikasi sedang dan jarang mengalami perubahan menjadi klasifikasi lebat, seperti yang terjadi pada tahun 2018. Hal ini bisa dikatakan bahwa ekosistem mangrove klasifikasi kerapatan lebat memiliki kondisi penambahan luasan.

Jika dikaitkan dengan data luasan mangrove pada **Tabel 2.**, pengurangan luasan terjadi tahun 2019 terjadi di keseluruhan desa. Hal ini dikarenakan pemanfaatan mangrove untuk kegiatan wisata di Desa Sukakarta, kebutuhan rumahtangga dan bangunan secara masif terjadi di Desa Rawagempol Kulon, serta alih fungsi lahan menjadi tambak garam, ikan, dan udang di Desa Muara Baru dan Desa Muara. Berdasarkan **Tabel 4.**, pada tahun 2018 ke tahun 2019, Desa Sukakarta mengalami penurunan luasan klasifikasi lebat dari 4,30 Ha menjadi 4,12 Ha, Desa Rawagempol Kulon dari 5,24 Ha menjadi 5,18 Ha, Desa Muara Baru dari 8,41 Ha menjadi 6,22 Ha, dan Desa Muara dari 43,44 Ha menjadi 27,05 Ha. Sementara itu, perubahan dari tahun 2017 ke tahun 2018 berupa peningkatan luasan klasifikasi lebat terjadi pada Desa Sukakarta dan Desa Muara. Untuk Desa Sukakarta mengalami peningkatan dari 4,15 Ha menjadi 4,30 Ha dan Desa Muara dari 34,72 Ha menjadi 43,44 Ha. Hal ini dikarenakan berhasilnya penanaman mangrove yang berasal dari program pemerintah daerah ataupun Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) dan juga penanaman mangrove pada wilayah tambak sebagai pelindung. Sementara itu, untuk kedua desa lainnya (Desa Rawagempol Kulon dan Desa Muara Baru) mengalami penurunan luasan klasifikasi lebat.

Pada wilayah Desa Muara Baru dan Muara, kegiatan tambak ikan atau udang dan garam menjadi alasan utama masyarakat sekitar dalam memanfaatkan lahannya karena dapat meningkatkan perekonomian mereka secara signifikan. Hal ini jika terus-menerus terjadi akan menyebabkan penurunan luas dan klasifikasi kerapatan dari ekosistem mangrove dan dapat menyebabkan potensi kerusakan. Hal ini selaras pada penelitian Kusmana *et al.* (2003) yang menyatakan bahwa



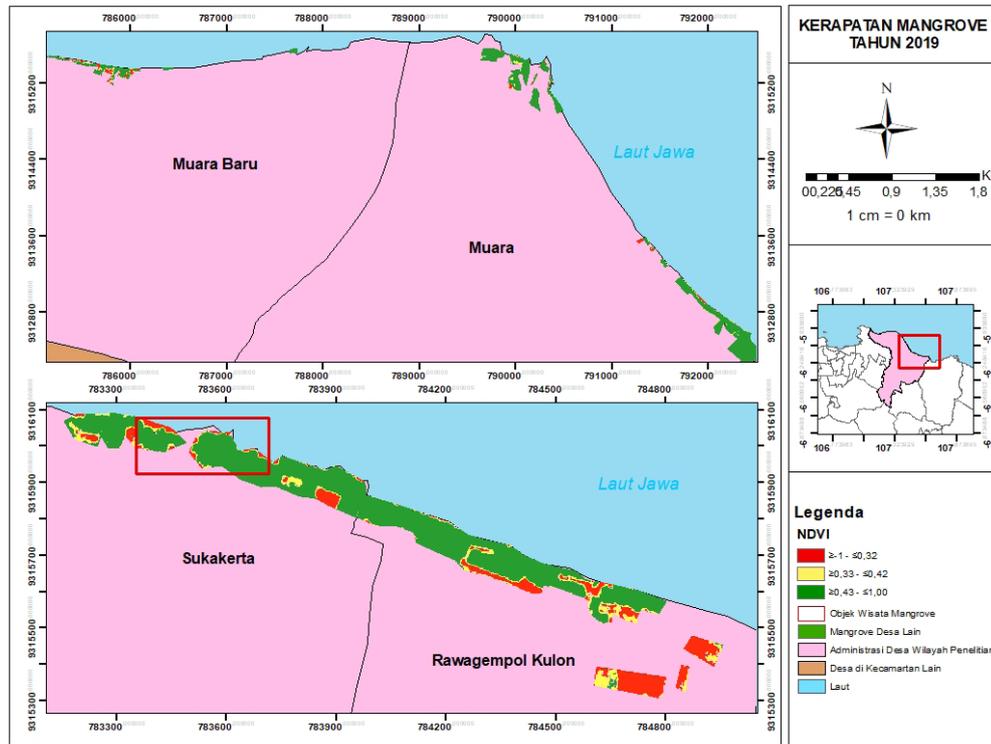
Gambar 2. Peta Kerapatan Mangrove Tahun 2017 (pengolahan data, 2022)



Gambar 3. Peta Kerapatan Mangrove Tahun 2018 (pengolahan data, 2022)

kerusakan ekosistem mangrove biasanya terjadi cenderung akibat dari kebutuhan ekonomi masyarakat lokal yang semakin meningkat. Menurut Perum Perhutani (1994), kerusakan dari ekosistem mangrove dapat terjadi karena keinginan masyarakat membuat pertambahan karena dirasa lebih menguntungkan, rendahnya pengetahuan masyarakat akan fungsi mangrove, dan kebutuhan kayu bakar untuk memasak atau bahan bangunan (Nyangoko *et al.*, 2021). Kebutuhan untuk rumah tangga dan

bahan bangunan terletak pada Desa Rawagempol Kulon, yang mana selalu penurunan pada klasifikasi lebat setiap tahunnya. Dampak dari penebangan pohon mangrove tidak hanya berakibat hilangnya tutupan lahan mangrove, tetapi juga berubahnya dari struktur komunitas mangrove (Ferreira *et al.* 2009). Granek & Ruttenberg (2008) juga mengatakan bahwa pemanfaatan ekosistem dengan penebangan mangrove yang masif akan menimbulkan perubahan proses biotik dan abiotik,



Gambar 4. Peta Kerapatan Mangrove Tahun 2019 (pengolahan data, 2022)

Tabel 4. Kerapatan Mangrove Beserta Luasan Tiap Tahun (Pengolahan Data, 2022)

No	Klasifikasi	Luas (Ha)											
		Sukakarta			Rawagempol Kulon			Muara Baru			Muara		
		2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
1	Lebat	4,15	4,30	4,12	5,81	5,24	5,18	9,45	8,41	6,22	34,72	43,44	27,05
2	Sedang	0,38	0,70	0,76	2,82	1,50	0,85	2,13	1,57	0,52	3,41	3,49	1,36
3	Jarang	1,48	1,39	1,12	3,11	3,90	1,62	4,69	4,60	1,87	5,25	2,70	0,24
	Total	6,01	11,74	16,27	43,38	6,39	10,64	14,58	49,63	6,00	7,65	8,61	28,65

yang nantinya akan memberikan pengaruh pada ekosistem disekitarnya. Kegiatan tambak merupakan salah satu kegiatan yang dapat memberikan kerusakan ekosistem mangrove jika pemanfaatannya tidak terkendali (Ogden, 2001; Valiela *et al.*, 2001; Wilkie & Fortuna, 2008; Nopiana *et al.*, 2020).

Dalam hal ini, dapat dikatakan bahwa pemanfaatan ekosistem mangrove oleh masyarakat lokal masih tidak terkendali atau tidak terkontrol, yang mana hal tersebut dapat memberikan dampak negatif pada besaran luasan dan kerapatan ekosistem mangrove tersebut. Beberapa pemanfaatan ekosistem mangrove yang dimaksud pada penelitian ini berupa kegiatan wisata, perubahan fungsi lahan menjadi tambak garam, udang, dan ikan, serta penebangan pohon mangrove untuk kebutuhan rumah tangga dan bangunan. Hal ini dapat dijadikan sebagai dasar untuk memberikan pemahaman bagi masyarakat sekitar untuk memanfaatkan ekosistem secara bijak demi pemanfaatan yang berkelanjutan. Maka dari itu, dibutuhkan atau diperlukannya pemahaman pada masyarakat dalam menjaga ekosistem mangrove, yang mana menjadi karakteristik peran penting dalam pengelolaan ekosistem (Susilo, 2007). Lanjut menurutnya, semakin tinggi tingkat pemahaman masyarakat terhadap pentingnya sumberdaya, maka akan semakin tinggi juga tingkat keberhasilan pengelolaannya. Riane (2021) mengatakan bahwa pemahaman dan pengetahuan masyarakat terhadap manfaat ekosistem mangrove berdampak positif terhadap keberadaan ekosistem mangrove.

Sementara itu, kerapatan mangrove berdasarkan matriks kesalahan/*confusion matrix* berturut-turut dari tahun 2017 hingga 2019 memiliki *overall accuracy* sebesar 86,67%, 90,00%, dan 88,34%. Besaran kesalahan pada tahun 2017 sebesar 8 sampel, tahun 2018 sebesar 6 sampel, dan tahun 2019 sebesar 7 sampel dan dapat dilihat jelas pada **Tabel 5.** dibawah ini. Dari tabel dapat dilihat bahwa *overall accuracy* di ketiga tahun melebihi batas minimal kelayakan acuan akurasi oleh Sutanto (2013), sebesar $\geq 80\%$, yang menandakan bahwa hasil dari klasifikasi layak untuk digunakan sebagai hasil akurasi. Akurasi tertinggi terdapat di tahun 2018 dengan *overall accuracy* sebesar 90% dan nilai indeks kappa sebesar 85%. Sedangkan akurasi terendah terdapat di tahun 2017 dengan *overall accuracy* sebesar 86,67% dan nilai indeks kappa sebesar 80%. Hasil akurasi yang rendah dalam penelitian ini dapat disebabkan beberapa kemungkinan, yaitu dalam perihal interpretasi sampel citra satelit dengan kondisi sebenarnya di lapangan ada perbedaan karena ada kemungkinan kondisi lapangan sudah berubah. Klasifikasi mangrove secara akurat di lapangan dapat dilihat pada **Gambar 5.**, **Gambar 6.**, dan **Gambar 7.**

Diskusi

Penelitian terkait luasan kerapatan mangrove sudah banyak dilakukan oleh peneliti, misalnya penelitian Pasaribu *et al.* (2020), yang mana melihat tingkat kerapatan mangrove pada objek pulau secara temporal 5 tahunan dengan bantuan

citra satelit Sentinel 2-B dalam rangka pengawasan pengelolaan yang berkelanjutan. Hasil yang diperoleh adalah luas mangrove dan klasifikasi kerapatan berdasarkan beberapa jenis mangrove saja yang mengalami kerusakan. Penggunaan temporal tahunan juga dilakukan oleh Riane (2021), tepatnya 10 tahunan dengan menggunakan citra satelit Landsat 5, Landsat 7, dan Landsat 8 dalam memantau kerapatan mangrove. Penelitiannya menyimpulkan bahwa terjadi penurunan luas dan kerapatan ekosistem mangrove akibat dari konversi lahan dan pemanenan batang mangrove yang berlebihan.

Billah *et al.* (2020) menggunakan citra satelit Landsat 5 dan Landsat 8 untuk menganalisis perubahan luasan dan kerapatan mangrove di Kabupaten Manggarai Timur. Menurut penelitiannya, perubahan luasan dan kerapatan ekosistem mangrove dikarenakan banyaknya penebangan yang digunakan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, berupa konversi menjadi lahan tambak. sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan Hidayah *et al.* (2012), yang menyebutkan penurunan luas mangrove lebih banyak disebabkan oleh aktivitas penebangan liar (*illegal logging*) oleh masyarakat. Hal tersebut sesuai dengan hasil dari penelitian ini, yang mana penurunan luasan dan kerapatan yang terjadi di Kecamatan Cilamaya Wetan diakibatkan oleh kegiatan wisata dan pemenuhan kebutuhan ekonomi masyarakat lokal. Formula NDVI juga dipakai Padillah (2016) dalam penelitiannya menggunakan citra satelit *WorldView-2* dalam memetakan distribusi dan kerapatan mangrove menggunakan formula NDVI, namun tidak mengaitkan perubahan luas dan kerapatan yang terjadi pada aktivitas eksisting masyarakat lokal di lapangan.

Wang *et al.* (2022) menggunakan UAV-LIDAR dan citra satelit Sentinel-2 dalam pengukuran kerapatan dan identifikasi jenis mangrove. Citra satelit Sentinel-2 juga digunakan oleh Samsuri *et al.* (2021) GNDVI, and TVI as independent variables. Correlation test and regression analysis between the vegetation index value (NDVI, GNDVI, and TVI dalam melihat kerapatan ekosistem mangrove dengan formula indeks vegetasi, seperti NDVI, GNDVI, dan TVI di pesisir timur Pulau Sumatera. Beberapa formula indeks vegetasi juga digunakan Razali *et al.* (2020), seperti NDVI, GNDVI,

GDVI, dan RVI menggunakan citra satelit SPOT dan UAV untuk memetakan kerapatan mangrove. Namun ketiga penelitian tersebut hanya sebatas membandingkan metode penginderaan jauh dalam menentukan nilai kerapatan mangrove saja. Sedangkan, untuk penggunaan citra satelit *PlanetScope* sensor *Dove-R* dalam konteks vegetasi saat ini tercatat pernah digunakan oleh Mascaro (2016) dalam memetakan habitat pohon-pohon berdasarkan spesies di cakupan wilayah yang luas, seperti peristiwa berubahnya bunga-bunga pohon dari warna merah muda menjadi warna kuning (*The Pink Flowing*) di hutan hujan tropis Amazon.

Sejauh ini, *PlanetScope* sensor *Dove-R* belum pernah ditemukan atau ada laporan terkait pemantauan ekosistem mangrove. Maka dari itu, dengan spesifikasi resolusi spasial yang tergolong tinggi, keunggulan temporalnya, dan produk datanya yang minim terjadi gangguan atmosfer, citra satelit *PlanetScope* sensor *Dove-R* dapat memberikan keterbaruan pada pemetaan ekosistem mangrove yang lebih detail untuk mengetahui dan menetapkan luasan dan kerapatan ekosistem mangrove menggunakan formula NDVI, tentunya dengan keterkaitan aktivitas masyarakat disekitar ekosistem mangrove yang mempengaruhi perubahan luasan dan kerapatan dari faktor non fisik. Formula NDVI dikatakan metode yang efektif dan dapat digunakan untuk menggambarkan estimasi kondisi kerapatan, kehijauan, dan kesehatan vegetasi (Trisakti *et al.*, 2014; Prasetyo *et al.*, 2017; Bento *et al.*, 2018; Mukhlisin & Soemarno, 2020; Selamat *et al.*, 2021). Banyak penelitian yang menggunakan formula NDVI ini dalam rangka memantau kerapatan ataupun kesehatan mangrove (Sari & Rosalina, 2016; Almahasheer, 2018; Arshad *et al.*, 2020; Samanta *et al.*, 2021).

KESIMPULAN

Penggunaan citra satelit *PlanetScope* sensor *Dove-R* dengan formula NDVI dapat digunakan untuk mengidentifikasi luasan dan kerapatan secara tahunan di Kecamatan Cilamaya Wetan, yaitu sebesar 77,40 Ha pada tahun 2017, 81,24 Ha pada tahun 2018, dan 50,91 Ha pada tahun 2019. Menjelang peresmian objek wisata PBT di Desa Sukakarta, luasan mangrove meningkat sebesar 3,08 Ha dan desa ini mengalami penurunan luasan mangrove karena adanya kegiatan wisata

Tabel 5. *Confusion Matrix* Kerapatan Mangrove (Pengolahan Data, 2022)

Klasifikasi	Tahun 2017				User Accuracy (%)	Producer Accuracy (%)	Nilai Indeks Kappa (%)
	Lebat	Sedang	Jarang	Total (User)			
Lebat	17	2	1	20	85,00	100,00	80
Sedang	0	15	5	20	75,00	88,24	
Jarang	0	0	20	20	100,00	76,92	
Total (Producer)	17	17	26	60			
Overall Accuracy (%)					86,67		
Klasifikasi	Tahun 2018				User Accuracy (%)	Producer Accuracy (%)	Nilai Indeks Kappa (%)
	Lebat	Sedang	Jarang	Total (User)			
Lebat	19	1	0	20	95,00	90,48	85
Sedang	0	17	3	20	85,00	94,44	
Jarang	2	0	18	20	90,00	85,71	
Total (Producer)	21	18	21	60			
Overall Accuracy (%)					90,00		
Klasifikasi	Tahun 2019				User Accuracy (%)	Producer Accuracy (%)	Nilai Indeks Kappa (%)
	Lebat	Sedang	Jarang	Total (User)			
Lebat	18	1	1	20	90,00	100,00	82,5
Sedang	0	17	3	20	85,00	85,00	
Jarang	0	2	18	20	90,00	81,82	
Total (Producer)	18	20	22	60			
Overall Accuracy (%)					88,34		



Gambar 5. Mangrove Klasifikasi Lebat (Dokumentasi, 2019)



Gambar 6. Mangrove Klasifikasi Sedang (Dokumentasi, 2019)



Gambar 7. Mangrove Klasifikasi Jarang (Dokumentasi, 2019)

yang menimbulkan sampah yang tersedimentasi dan banyak mangrove yang mati atau terbawa ke laut. Sedangkan peningkatan luasan mangrove terjadi karena adanya program penanaman bibit mangrove yang melibatkan baik pemerintah daerah maupun masyarakat lokal dan juga insiatif masyarakat dalam memanfaatkan ekosistem mangrove sebagai pelindung tempat tinggal mereka. Selain itu, penggunaan formula NDVI menggunakan citra satelit *PlanetScope* sensor *Dove-R* menghasilkan nilai antara 0,79 sampai -0,10 pada tahun 2017, 0,81 sampai -0,04 pada tahun 2018 dan 0,82 sampai -0,11 pada tahun 2019 dengan luasan yang didominasi oleh kerapatan mangrove klasifikasi lebat sebesar 54,13 Ha pada tahun 2017, 61,39 Ha pada tahun 2018, dan 42,57 pada tahun 2019. Klasifikasi kerapatan secara total mengalami peningkatan pada tahun 2018 sebesar 3,84 Ha dan penurunan luas pada tahun 2019 sebesar 30,33 Ha. Berdasarkan uji akurasi, diperoleh nilai *overall accuracy* diatas 80% di keseluruhan tahun. Asma (2018) mengatakan bahwa batas minimal nilai *overall accuracy* yaitu $\geq 75\%$, yang mana hasil klasifikasi layak untuk digunakan sebagai acuan. Sementara itu, nilai indeks kappa yang diperoleh berturut-turut dari tahun 2017 hingga 2019 sebesar 80%, 85%, dan 82,5%. Nilai indeks kappa yang diperoleh dapat dijadikan acuan dalam kelayakan interpretasi data citra satelit karena melebihi batas minimal tingkat ketelitian, yaitu 80-85% (McCoy, 2005; Sutanto, 2013).

Pada tahun 2019 luasan dan kerapatan mangrove secara kumulatif mengalami penurunan drastis sebesar 30,33 Ha. Penurunan luasan dan kerapatan ekosistem mangrove disebabkan oleh beberapa hal, yaitu adanya kegiatan wisata, perubahan fungsi lahan menjadi tambak ikan, udang, serta garam, dan penebangan pohon mangrove secara liar untuk kebutuhan rumahtangga dan bangunan. Hal ini bisa dikatakan bahwa masyarakat masih memiliki pengetahuan yang minim atau kurangnya pemahaman masyarakat akan manfaat dari adanya ekosistem mangrove. Pada masa yang akan datang, diperlukan langkah-langkah dalam mengantisipasi atau mengatasi perubahan luasan dan kerapatan ekosistem mangrove yang terjadi dengan melibatkan pemerintah daerah dan masyarakat lokal, seperti penanaman bibit secara berkala dan sosialisasi terkait fungsi atau manfaat ekosistem mangrove bagi mereka dan lingkungan sekitar. Hal ini akan memberikan langkah yang dapat diimplementasikan untuk memanfaatkan ekosistem mangrove secara bijak dan optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Indonesia, terkhusus untuk Program Studi Geografi yang sudah mendukung secara penuh dalam aspek akademis. Penelitian ini tidak didanai oleh sumber pendanaan eksternal atau bersumber dari pribadi **Penulis Pertama**.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis Pertama melakukan metode penelitian, analisis data, dan menyusun naskah publikasi; **Penulis Kedua** melakukan analisis data dan interpretasi hasil; **Penulis Ketiga** melakukan analisis data dan menyusun naskah publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Almahasheer, Hanan. (2018). "Spatial Coverage of Mangrove Communities in the Arabian Gulf." *Environmental Monitoring and Assessment* 190(2). doi: 10.1007/s10661-018-6472-2.
- Anggraini, Rifka Rimbi, Yenny Risjani, and Uun Yanuhar. (2020). "Plastic Litter as Pollutant in the Aquatic Environment: A Mini-Review." *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan* 12(1):167–80. doi: 10.20473/jipk.v12i1.17963.
- Arshad, Muhammad, Ebrahim M. Eid, and Mudassir Hasan. 2020. "Mangrove Health along the Hyper-Arid Southern Red Sea Coast of Saudi Arabia." *Environmental Monitoring and Assessment* 192(3). doi: 10.1007/s10661-020-8140-6.
- Asma, Nur. (2018). "Analisa Perubahan Lahan Tambak Menggunakan Metode Maximum Likelihood (Studi Kasus : Kota Banda Aceh)." Universitas Syiah Kuala Darussalam.
- Asyiwati, Yulia, and Lely Syiddatul Akliyah. (2017). "Identifikasi Dampak Perubahan Fungsi Ekosistem Pesisir Terhadap Lingkungan Di Wilayah Pesisir Kecamatan Muaragembong." *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota* 14(1). doi: 10.29313/jpwk.v14i1.2551.
- Barbier, Edward B. (2016). "The Protective Service of Mangrove Ecosystems: A Review of Valuation Methods." *Marine Pollution Bulletin* 109(2):676–81. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.01.033.
- Bento, Virgílio A., Célia M. Gouveia, Carlos C. DaCamara, and Isabel F. Trigo. (2018). "A Climatological Assessment of Drought Impact on Vegetation Health Index." *Agricultural and Forest Meteorology* 259(February):286–95. doi: 10.1016/j.agrformet.2018.05.014.
- Billah, MU'tasim, I. Wayan Arthana, I. Wayan Restu, and Abd Rahman As-syakur. (2020). "Analisis Perubahan Luasan Dan Kerapatan Tajuk Mangrove Di Kecamatan Borong Kabupaten Manggarai Timur." *Journal of Marine and Aquatic Sciences* 6(1):43–50.
- Cabello, K. E., M. Q. Germentil, A. C. Blanco, E. G. MacAtulad, and S. G. Salmo. (2021). "Post-Disaster Assessment of Mangrove Forest Recovery in Lawaan-Balangiga, Eastern Samar Using Ndvi Time Series Analysis." *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 5(3):243–50. doi: 10.5194/isprs-annals-V-3-2021-243-2021.
- Departemen Kehutanan. (2005). "Pedoman Inventarisasi Dan Identifikasi Lahan Kritis Mangrove." 13.
- Dinas Perikanan dan Kelautan. (2017). *Rencana Kerja*. Kabupaten Karawang.
- Fatmawati, Rifky Annisa, Agung Suryanto, and Boedi Hendrarto. (2017). "Luasan Dan Distribusi Mangrove Di Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang Dengan Penggunaan Google Earth Dan Software Arcgis (Studi Kasus : Desa Pesantren, Desa Mojo Dan Desa Limbangan)." *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)* 5(4):427–32. doi: 10.14710/marj.v5i4.14653.
- Fawzi, Nurul Ihsan. (2016). *Mangrove (Karakteristik, Pemetaan, Dan Pengolahannya)*. Yogyakarta: Sibuku Media.
- Ferreira, M. A., F. Andrade, S. O. Bandeira, P. Cardoso, R. Nogueira Mendes, and J. Paula. (2009). "Analysis of Cover Change (1995-2005) of Tanzania/Mozambique Trans-Boundary Mangroves Using Landsat Imagery." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 19(SPEC. ISS.). doi: 10.1002/aqc.1042.
- Giesen, Wim, Stephan Wulffraat, Max Zierren, and Liesbeth Scolten. (2007). *Mangrove Guidebook Forsoutheastasia*. FAO and Wetlands International.
- Granek, Elise, and Benjamin I. Ruttenberg. (2008). "Changes in Biotic and Abiotic Processes Following Mangrove Clearing." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 80(4):555–62. doi: 10.1016/j.ecss.2008.09.012.
- Hidayah, Zainul, Jurusan Ilmu, Kelautan Universitas, Trunojoyo Madura, Jurusan Perikanan, and Universitas Udayana. (2012). "Analisa Temporal Perubahan Luas Hutan Mangrove Di Kabupaten Sidoarjo Dengan Memanfaatkan Data." *Bumi Lestari Journal of Environment* 13(2):318–26.
- Jamaludin, Asep, Udin Sihab, and Wanta. (2021). "Meningkatkan Perekonomian Desa Dalang Rangka Meningkatkan Pendapatan Masyarakat Desa Rawasari Kecamatan Cilebar Kabupaten Karawang." Pp. 1553–60 in *Prosiding Konferensi Nasional Penelitian Dan Pengabdian Universitas Buana Perjuangan Karawang*.
- Kusmana, C., W. Sri, H. Iwan, P. Prijanto, W. Cahyo, T. Tatang, T. Adi, and Hamzah Yunasfi. (2003). *Teknik Rehabilitasi Mangrove*. Bogor: Fakultas Kehutanan IPB.
- Li, Jia, Hua Zhang, Kaina Zhang, Ruijuan Yang, Ruize Li, and Yanfang Li. (2018). "Characterization, Source, and Retention of Microplastic in Sandy Beaches and Mangrove Wetlands of the Qinzhou Bay, China." *Marine Pollution Bulletin* 136(September):401–6. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.09.025.
- Mascaro, Joe. (2016). "In the Blink of a Dove's Eye, a Window into an Age-Old Theory." *Planet Stories*. Retrieved (<https://medium.com/planet-stories/in-the-blink-of-a-dove-s-eye-a-window-into-an-age-old-theory-e13484abc503>).
- McCoy, Roger M. (2005). *Field Methods in Remote Sensing*. New York: The Guilford Press.
- Mukhlisin, Ajral, and S. Soemarno. (2020). "Estimasi Kandungan Klorofil Tanaman Kopi Robusta (Coffea Canephora Var. Robusta) Menggunakan Normalized Difference Vegetation Index (Ndvi) Di Bangelan, Wonosari, Malang." *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan* 7(2):329–39. doi: 10.21776/ub.jtsl.2020.007.2.18.
- Ni-Meister, Wenge, Shihyan Lee, Alan H. Strahler, Curtis E. Woodcock, Crystal Schaaf, Tian Yao, K. Jon Ranson, Guoqing Sun, and J. Bryan Blair. (2010). "Assessing General Relationships between Aboveground Biomass and Vegetation Structure Parameters for Improved Carbon Estimate from Lidar Remote Sensing." *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 115(G2):n/a-n/a. doi: 10.1029/2009jg000936.
- Nopiana, Medi. (2021). "Strategi Pengelolaan Terpadu Rehabilitasi Pantai Berbasis Sosial-Ekonomi Dan Kelembagaan Di Wilayah Pesisir Kabupaten Karawang." IPB University.
- Nopiana, Medi, Fredinan Yulianda, Sulistiono, and Achmad Fahrudin. (2020). "Condition of Shore and Mangrove Area in the Coastal Area of Karawang Regency, Indonesia." *AACL Bioflux* 13(2):553–69.
- Nurdin, N., M. Akbar, and F. Patittingi. (2015). *Dynamic Of Mangrove Cover Change With Anthropogenic Factors On Small Island, Spermonde Archipelago*.

- Nyangoko, Baraka P., Håkan Berg, Mwita M. Mangora, Mwanahija S. Shalli, and Martin Gullström. (2021). "Community Perceptions of Climate Change and Ecosystem-Based Adaptation in the Mangrove Ecosystem of the Rufiji Delta, Tanzania." *Climate and Development* 1–22. doi: 10.1080/17565529.2021.2022449.
- Ogden, John C. (2001). "Maintaining Diversity in the Oceans Issues for the New U.S. Administration." *Environment* 43(3):28–37. doi: 10.1080/00139150109605130.
- Oktaviani, Amelia, and Yar Johan. (2016). "Perbandingan Resolusi Spasial, Temporal Dan Radiometrik Serta Kendalanya." *Jurnal Enggano* 1(2):74–79. doi: 10.31186/jenggano.1.2.74-79.
- Padillah, Ananda Syaeful. (2016). "Pemetaan Distribusi Dan Kerapatan Mangrove Di Pulau Tunda Menggunakan Citra Worldview-2." INSTITUT PERTANIAN BOGOR.
- Pasaribu, R. A., N. Cakasana, H. Maduppa, B. Subhan, D. Arafat, M. S. Sangadji, and M. S. Savana. (2020). "Mangrove Density Level and Area Change Analysis in Small Islands Case Study: Untung Jawa Island, Seribu Islands, DKI Jakarta." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 429(1). doi: 10.1088/1755-1315/429/1/012060.
- Perum Perhutani. (1994). *Pengelolaan Hutan Mangrove Dengan Pendekatan Sosial Ekonomi Pada Masyarakat Desa Di Pesisir Pulau Jawa*. Jember.
- Poedjiastoeti, H., H. Widyasamratri, and C. D. Arista. (2022). "Analysis of the Carrying Capacity of Tourism Area in Maron Mangrove Edu Park (MMEP) Semarang." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 955(1). doi: 10.1088/1755-1315/955/1/012020.
- Prasetyo, Nanang Noviantoro, Bandi Sasmito, and Yudo Prasetyo. (2017). "Analisis Perubahan Kerapatan Hutan Menggunakan Metode Ndzi Dan Evi Pada Citra Satelit Landsat 8 Tahun 2013 Dan 2016 (Area Studi : Kabupaten Semarang)." *Jurnal Geodesi Undip* 6(3):21–27.
- Prihadi, Donny Juliandri, Indah Riyantini Riyantini, and Mochamad Rudyansyah Ismail. (2018). "Pengelolaan Kondisi Ekosistem Mangrove Dan Daya Dukung Lingkungan Kawasan Wisata Bahari Mangrove Di Karangsong Indramayu." *Jurnal Kelautan Nasional* 1(1). doi: 10.15578/jkn.v1i1.6748.
- Rahmayanti, Mira. (2014). "Pengaruh Konversi Lahan Mangrove Menjadi Tambak Terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Kecamatan Cibuaya Kabupaten Karawang."
- Rajan, Brilliant, Vincy Mary Varghese, and Pradeepkumar Anakkathil Purushothaman. (2013). "Beach Carrying Capacity Analysis for Sustainable Tourism Development in the South West Coast of India." *Environmental Research, Engineering and Management* 63(1):67–73. doi: 10.5755/j01.erem.63.1.2648.
- Razali, Sheriza Mohd, Ahmad Ainuddin Nuruddin, and Norfaryanti Kamarudin. (2020). "Mapping Mangrove Density For Conservation Of The Ramsar Site In Peninsular Malaysia." *Conservation Science* 11(1):153–64.
- Riane, Edith. (2021). "Kajian Perubahan Luasan Dan Kerapatan Mangrove Menggunakan Citra Satelit Di Indramayu, Jawa Barat." IPB University.
- Samanta, Sourav, Sugata Hazra, Partho P. Mondal, Abhra Chanda, Sandip Giri, Jon R. French, and Robert J. Nicholls. (2021). "Assessment and Attribution of Mangrove Forest Changes in the Indian Sundarbans from 2000 to 2020." *Remote Sensing* 13(24):1–23. doi: 10.3390/rs13244957.
- Samsuri, A. Zaitunah, S. Meliani, O. K. Syahputra, S. Budiharta, A. Susilowati, R. Rambe, M. Ulfa, M. M. Harahap, H. Arinah, D. Elfiati, A. B. Rangkuti, T. Sucipto, L. Hakim, A. H. Iswanto, H. Manurung, and I. Azhar. (2021). "Mapping of Mangrove Forest Tree Density Using SENTINEL 2A Satelit Image in Remained Natural Mangrove Forest of Sumatra Eastern Coastal." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 912(1). doi: 10.1088/1755-1315/912/1/012001.
- Sandria, Riswan, and Atria Nuraini Fadilla. (2020). "Perancangan Identitas Visual Destinasi Wisata Pantai Madasari." *E-Proceeding of Art & Design* 8(6):2764.
- Saparinto, Cahyo. (2007). *Pendayagunaan Ekosistem Mangrove*. Edisi 1. Semarang: Dahara Prize.
- Sari, Suci Puspita, and Dwi Rosalina. (2016). "Mapping and Monitoring of Mangrove Density Changes on Tin Mining Area." *Procedia Environmental Sciences* 33:436–42. doi: 10.1016/j.proenv.2016.03.094.
- Selamat, M. B., S. Mashoreng, K. Amri, Susetiono, R. A. Rappe, and J. Jompa. (2021). "Mangrove Condition at Selayar Island Based on Field Data and NDVI." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 860(1). doi: 10.1088/1755-1315/860/1/012084.
- Susilo, Ferdinand. (2007). "Pengelolaan Ekosistem Mangrove Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara." IPB University.
- Sutanto. (2013). *Metode Penelitian Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Penerbit Ombak.
- Trisakti, Bambang, Nana Suwargana, and Joko Santo Cahyono. (2014). "Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh Untuk Memantau Parameter Status Ekosistem Perairan Danau (Studi Kasus: Danau Rawa Pening)." *Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014* 393–402.
- Tufliha, Aulia Rosdiana, Daffa Manggala Putra, Delima Mentari Amara, Ressa Muhammad Santika, Sandra Moerti Oktavian, and Perdana Putra Kelana. (2019). "Kondisi Ekosistem Mangrove Di Kawasan Ekowisata Karangsong Kabupaten Indramayu." *Akuatika Indonesia* 4(1):11. doi: 10.24198/jaki.v4i1.23494.
- Vaiphasa, Chaichoke, Andrew K. Skidmore, and Willem F. de Boer. (2006). "A Post-Classifer For Mangrove Mapping Using Ecological Data." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 61(1):1–10. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2006.05.005.
- Valiela, Ivan, Jennifer L. Bowen, and Joanna K. York. (2001). "Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments." *BioScience* 51(10):807–15. doi: 10.1641/0006-3568(2001)051[0807:MFOOTW]2.0.CO;2.
- Wang, Dezhi, Bo Wan, Penghua Qiu, Xiang Tan, and Quanfa Zhang. (2022). "Mapping Mangrove Species Using Combined UAV-LiDAR and Sentinel-2 Data: Feature Selection and Point Density Effects." *Advances in Space Research* 69(3):1494–1512. doi: 10.1016/j.asr.2021.11.020.
- Wicaksono, Arditya. (2020). "Implementasi Program Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B) Kabupaten Karawang: Studi Kasus Penetapan Luas Baku Sawah." *Jejaring Administrasi Publik* 12(1):89–107. doi: 10.20473/jap.v12i1.23315.
- Wilkie, M. L., and Fortuna. (2008). *Status and Trends in Mangrove Area Extent Worldwide*.
- Wulansari, Harvini. (2017). "Menggunakan Metode Defuzzifikasi Maximum Likelihood Berbasis Citra Alos AVNIR-2." (April).