

KLASIFIKASI LUASAN EKOSISTEM MANGROVE DI DESA PANTAI BAHAGIA, MUARA GEMBONG DENGAN METODE *NORMALIZED DIFFERENCE* *VEGETATION INDEX*

CLASSIFICATION OF MANGROVE ECOSYSTEM AREA IN PANTAI BAHAGIA VILLAGE, MUARA GEMBONG WITH NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX METHOD

Bayu Pamungkas*, Rahmat Kurnia, Etty Riani, & Taryono

Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK-IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

*E-mail: pamungkas3150@apps.ipb.ac.id

ABSTRACT

Mangrove ecosystems are one type of coastal resources that has benefits in physical, biological, and economic wise. Mangrove ecosystems in Muara Gembong are ecosystems that are included in the category of protected forest. This research aims to estimate the area of mangrove forests and classify its canopy cover. The method used in this study is the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and using sentinel imagery (with a spatial resolution of 10 m). The canopy cover classification applied in this study refers to the Indonesian Ministry of Forestry standards. Canopy cover data was validated with a densiometer to estimate the percentage of mangrove canopy cover. The results showed that the area of mangrove forests reached 301.83 ha with a high-density level or a tight cover class reaching 59.31% or 179.02 ha. The area of mangroves in Pantai Bahagia Village, Bekasi Regency, has increased from the last few years due to rehabilitation actions taken by several local communities.

Keywords: mangrove, NDVI, Pantai Bahagia Village, sentinel

ABSTRAK

Ekosistem mangrove merupakan salah satu jenis sumber daya pesisir yang mempunyai manfaat baik secara fisik, biologis, dan ekonomis. Ekosistem mangrove di Kecamatan Muara Gembong merupakan ekosistem yang termasuk dalam kategori hutan lindung. Penelitian bertujuan mengestimasi luas hutan mangrove dan mengklasifikasi tutupan kanopi. Metode yang digunakan adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan menggunakan citra sentinel (resolusi spasial 10 m). Klasifikasi tutupan kanopi mengacu pada standar Departemen Kehutanan Republik Indonesia. Data tutupan kanopi divalidasi dengan densiometer yang melihat persen tutupan kanopi mangrove. Hasil menunjukkan luas hutan mangrove mencapai 301,83 ha dengan tingkat kerapatan tinggi atau kelas tutupan rapat (*dense*) mencapai 59,31% atau 179,02 ha. Luasan mangrove di Desa Pantai Bahagia, Bekasi, meningkat dari beberapa tahun terakhir oleh karena adanya usaha rehabilitasi oleh komunitas lokal.

Kata kunci: Desa Pantai Bahagia, mangrove, NDVI, sentinel

I. PENDAHULUAN

Mangrove adalah tumbuhan pantai yang khas dan dipengaruhi oleh pasang surut air laut serta mampu beradaptasi di perairan payau (Kusmana & Ningrum, 2016). Ekosistem mangrove merupakan salah satu jenis sumber daya pesisir yang mempunyai manfaat baik secara fisik, biologis, dan ekonomis. Secara biologis ekosistem mangrove berfungsi sebagai tempat bertelur dan memi-

jah (*spawning ground*), tempat mengasuh dan membesarkan (*nursery ground*), dan tempat mencari makanan (*feeding ground*) bagi beragam organisme yang hidup di kawasan mangrove (Dafikri *et al.*, 2016). Ekosistem mangrove berfungsi sebagai penyimpan karbon (Donato *et al.*, 2011), penurun energi gelombang sehingga menurunkan potensi abrasi (Kamal *et al.*, 2017), penjaga kesinambungan nutrisi di kawasan pesisir (Lee, 2016), dan lain sebagainya.

Ekosistem mangrove memiliki banyak fungsi ekologis penting di kawasan pesisir.

Ekosistem mangrove di Kecamatan Muara Gembong merupakan ekosistem yang termasuk dalam kategori hutan lindung yang ditetapkan pada SK Nomor 92/UM/54 Tahun 1954 oleh Menteri Pertanian Republik Indonesia. Pertumbuhan jumlah penduduk dan meningkatnya kebutuhan ekonomi masyarakat di kecamatan Muara Gembong mendorong Menteri Kehutanan, atas usulan Bupati Bekasi, menerbitkan surat keputusan Menhut Nomor SK.475/Menhut-II/2005 pada 16 Desember 2005 untuk mengubah fungsi dari hutan lindung menjadi hutan produksi seluas 5170 ha. Selain itu, diketahui bahwa ekosistem mangrove di Muara Gembong mengalami degradasi yang cukup hebat. Pada tahun 2003 luas hutan mangrove Muara Gembong berkurang dengan laju 255,22 ha/tahun, sehingga tersisa hanya 379 ha (Oktaviani *et al.*, 2019). Hal tersebut karena kawasan mangrove di Muara Gembong banyak yang dijadikan lahan tambak oleh masyarakat setempat dan terdapat sejumlah luasan mangrove di muara sungai Citarum. Salah satu lokasi yang memiliki potensi ekosistem mangrove berada di desa Pantai Bahagia, yang berlokasi di ujung utara Kabupaten Bekasi.

Pendugaan kerapatan vegetasi mangrove dapat menggunakan indeks vegetasi. Indeks vegetasi diperlukan dalam mengidentifikasi piksel yang ditutupi oleh besarnya proporsi vegetasi. Menurut Andana (2015) indeks vegetasi adalah besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal digital nilai kecerahan (*brightness*) beberapa band sensor satelit. Terdapat banyak indeks vegetasi mangrove dengan algoritma yang berbeda-beda, salah satunya adalah indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Prinsip kerja analisis NDVI adalah dengan mengukur tingkat intensitas kehijauan. Intensitas kehijauan berkorelasi dengan tingkat kerapatan tajuk vegetasi dan untuk deteksi tingkat kehijauan pada citra yang berkorelasi de-

ngan dua kandungan klorofil daun, maka band digunakan adalah band inframerah dekat dan merah (Ardiansyah & Buchori, 2014). Klasifikasi ini dapat dilakukan dengan baik dengan teknik penginderaan jauh karena karakteristik vegetasi mangrove yang khas terhadap gelombang elektromagnetik (Winarso & Purwanto, 2014). NDVI memiliki nilai akurasi lebih baik dibandingkan dengan metode analisis vegetasi lain (Muhsoni *et al.*, 2018). Metode ini sudah banyak digunakan dalam penelitian. Terdapat beberapa penelitian di Indonesia yang menggunakan NDVI dalam menganalisis ekosistem mangrove, seperti Frananda *et al.* (2015) dalam mengkaji komparasi indeks vegetasi untuk estimasi stok karbon hutan mangrove kawasan Segoro. Philiani *et al.* (2016) dalam pemetaan vegetasi hutan mangrove menggunakan metode NDVI di desa Arakan, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. Tujuan dari penelitian ini adalah mengestimasi luas hutan mangrove dan mengklasifikasi tutupan kanopi dengan menggunakan citra sentinel dengan metode NDVI.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Lokasi Kegiatan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Juni 2020 di Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University dan Kawasan Hutan Mangrove Desa Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi, Jawa Barat (*Figure 1*).

2.2. Metode Pengumpulan Data

Alat yang digunakan dalam pengolahan data citra adalah seperangkat komputer yang dilengkapi dengan perangkat lunak ArcGIS 10.2.2 dan MS Office 2013. Citra yang digunakan adalah citra satelit Sentinel-2A akuisisi 16 November 2019 yang diunduh dari www.earthexplorer.usgs.gov.

Alat yang digunakan untuk pengamatan lapang yaitu *Global Positioning System* (GPS) Garmin CS60X, meteran

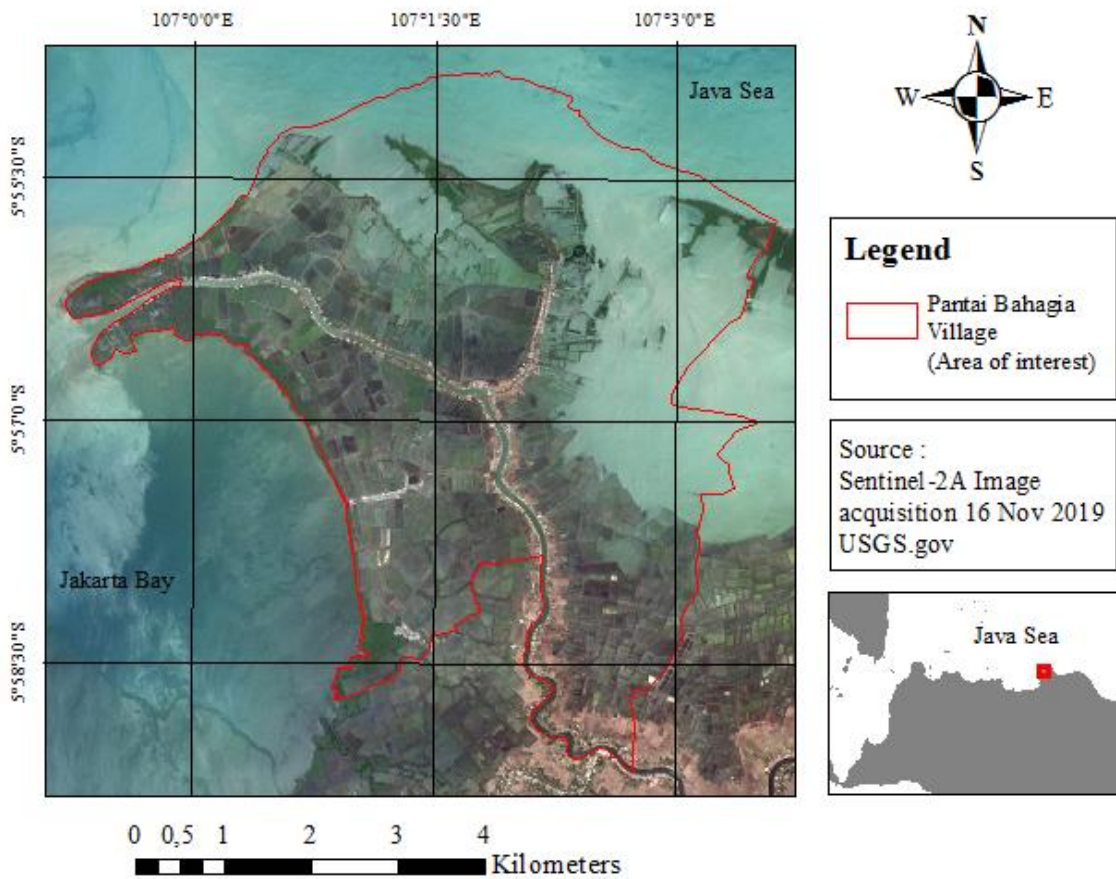


Figure 1. Mangrove mapping location at Pantai Bahagia Village, Muara Gembong.

(10 m x 10 m), alat tulis, buku identifikasi mangrove, *datasheet*, kamera, densiometer. Densiometer digunakan untuk mendapatkan data lapang untuk memvalidasi hasil pengolahan citra dengan metode NDVI.

2.3 Analisis Data

Analisis kerapatan atau kesehatan mangrove dilakukan dengan NDVI menggunakan band merah dan inframerah dekat atau *Near Infra-Red* (NIR) dalam pengindraan jauh untuk mengetahui indeks vegetasi dari satelit. Algoritma NDVI (Rouse *et al.*, 1973) adalah sebagai berikut,

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

Keterangan: *NDVI* adalah *Normalized Difference Vegetation Index*, *NIR* adalah nilai reflektansi spektral pada band inframerah dekat, *R* adalah nilai

reflektansi spektral pada band merah.

Tingkat kerapatan mangrove dibagi menjadi tiga kelas kerapatan (*Table 1*), diantaranya kategori mangrove jarang (*sparse*), mangrove sedang (*moderate*), dan mangrove rapat (*dense*) (Departemen Kehutanan, 2005).

Table 1. Criteria of NDVI Mangrove Density (Department of Forestry, 2005).

Mangrove Categories	Cover Percentage	NDVI Value
<i>Sparse</i>	0–50%	$0 \leq 0.33$
<i>Moderate</i>	51–69%	$0.34 \leq 0.42$
<i>Dense</i>	70–100%	$0.43 \leq 1.00$

Kerapatan kanopi dalam transek dilihat menggunakan *Geographic Resource Solution densiometer* (GRS) densiometer. GRS densiometer merupakan sebuah alat

berbentuk tabung yang memungkinkan pengamat untuk mengukur proyeksi vertikalutupan kanopi vegetasi (Kauffman & Donato, 2012). Ilustrasi pengukuran kerapatan kanopi dengan GRS densiometer ditampilkan dalam *Figure 2*. Pengukuran dengan densiometer dilakukan juga untuk memvalidasi hasil dari analisis densitas vegetasi mangrove dengan metode NDVI. Penandaan titik lokasi pengamatan dengan menggunakan GPS Garmin CSX60. Identifikasi spesies dan genus dibantu dengan buku identifikasi mangrove oleh Kitamura *et al.* (1997).

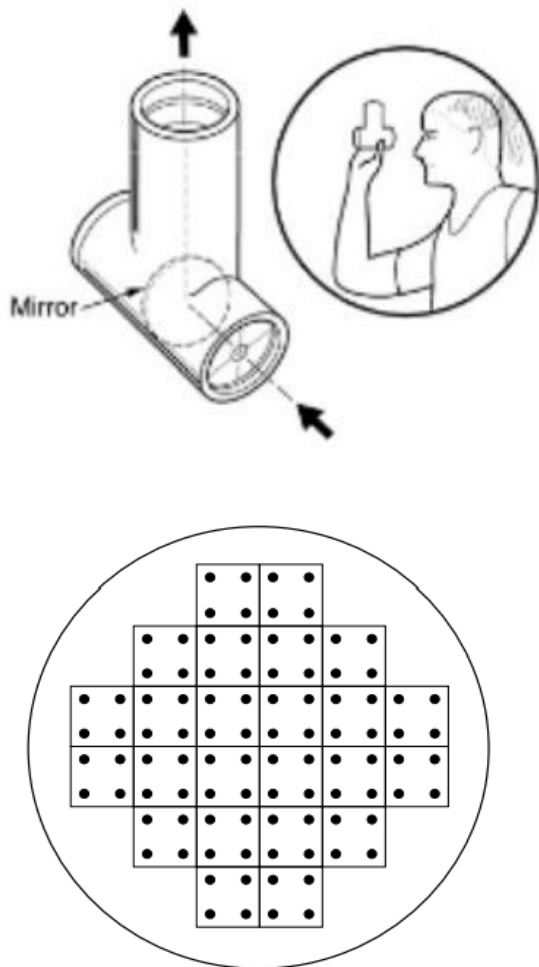


Figure 2. Illustration of GRS densiometer use (Kauffman & Donato, 2012).

Penggunaan densiometer dilakukan dengan melihat ke lubang pengamat. Lubang tersebut memantulkan reflektansi kerapatan kanopi vegetasi secara vertikal tepat 90° dari

sudut pengamat. Pengamatan dilakukan tepat di tengah transek kuadrat bersamaan dengan *marking* GPS agar penaksiranutupan kanopi sesuai dengan koordinat lokasi. Kemudian taksiran kerapatan dituliskan ke dalam bentuk nilai persentaseutupan kanopi yang terlihat dari lubang tersebut. Di dalam lubang pengamat, area pengamatan telah dibagi menjadi empat sekuen. Hal ini memudahkan pengamat untuk menuliskan taksiran persentaseutupan mangrove pada titik pengamatan.

Selainutupan kanopi, analisis mangrove juga meliputi identifikasi jenis mangrove, jumlah tegakan relatif, lingkaran batang, dan indeks dominansi. Analisis vegetasi diperlukan untuk melihat potensi ekosistem mangrove di lokasi penelitian.

Validasi data pengolahan citra akan menggunakan data dari hasil pengukuran di lapang. Hasil pengukuran kanopi dengan densiometer akan dilengkapi dengan titik koordinat menggunakan GPS. Data tersebut akan dikorelasikan dengan data hasil pengolahan citra dengan NDVI pada titik koordinat yang sama. Validasi data akan menunjukkan keamatan data hasil pengolahan citra dengan kondisi yang sebenarnya dengan menggunakan analisis korelasi statistik. Semakin tinggi nilai korelasi, maka kedua hasil yang dibandingkan dapat dianggap erat atau serupa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposit citra untuk menampilkan vegetasi menggunakan kombinasi band NIR (band 8) dan band merah (band 4). Secara visual, kombinasi warna FCC (*False Color Composite*) memudahkan dalam mengetahui keberadaan vegetasi mangrove. Hasil komposit warna menunjukkan kontras warna yang berbeda antara vegetasi dan objek lain. Warna FCC (*False Color Composite*) yang dihasilkan merupakan hasil dari pengolahan nilai reflektansi objek (vegetasi mangrove) dari persamaan NDVI untuk mempermudah membedakan antara vegetasi mangrove,

rawa, dan objek lain (Sari & Rosalina, 2016). Garis putih pada *Figure 3* menunjukkan batas area penelitian yakni Desa Pantai Bahagia, Muara Gembong.

Klasifikasi NDVI dilakukan dengan mengelompokkan mangrove ke dalam tipe mangrove rapat (*dense*), mangrove sedang (*moderate*) dan mangrove jarang (*sparse*) sesuai kriteria pada *Table 1*. *Figure 5* menampilkan pemetaan kerapatan mangrove dengan NDVI. Secara teoritis nilai NDVI berkisar dari -1 sampai 1. Nilai dibawah angka 0 merupakan laut (air) maupun tanah kosong. Nilai-nilai yang lebih tinggi dari 0 dapat dikatakan bahwa terdapat vegetasi pada lahan tersebut (Meneses, 2011). Pada penelitian ini, nilai minimum indeks vegetasi dengan algoritma NDVI mangrove di Desa Pantai Bahagia adalah 0,114 dan nilai maksimum adalah 0,549. Pada titik yang

berdekatan dengan lokasi kegiatan tambak dan berada di bagian selatan muara Sungai Citarum memiliki nilai NDVI yang lebih kecil. Sedangkan pada titik yang berlokasi di bagian utara Sungai Citarum memiliki nilai NDVI yang lebih tinggi, oleh karena mangrove di lokasi tersebut dalam kondisi asli dan dijaga oleh masyarakat setempat. Distribusi kerapatan kelas rapat (*dense*) teridentifikasi di bagian utara Sungai Citarum. Oleh warga dijadikan lokasi konservasi, sedangkan kelas sedang (*moderate*) dan jarang (*sparse*) paling banyak ditemukan di bagian selatan muara Sungai Citarum.

Tingkat kerapatan mangrove dikategorikan ke dalam tiga kelompok yakni mangrove rapat (*dense*), mangrove sedang (*moderate*), dan mangrove jarang (*sparse*). Hasil pengolahan data citra dengan analisis NDVI menunjukkan pengkategorian mang-

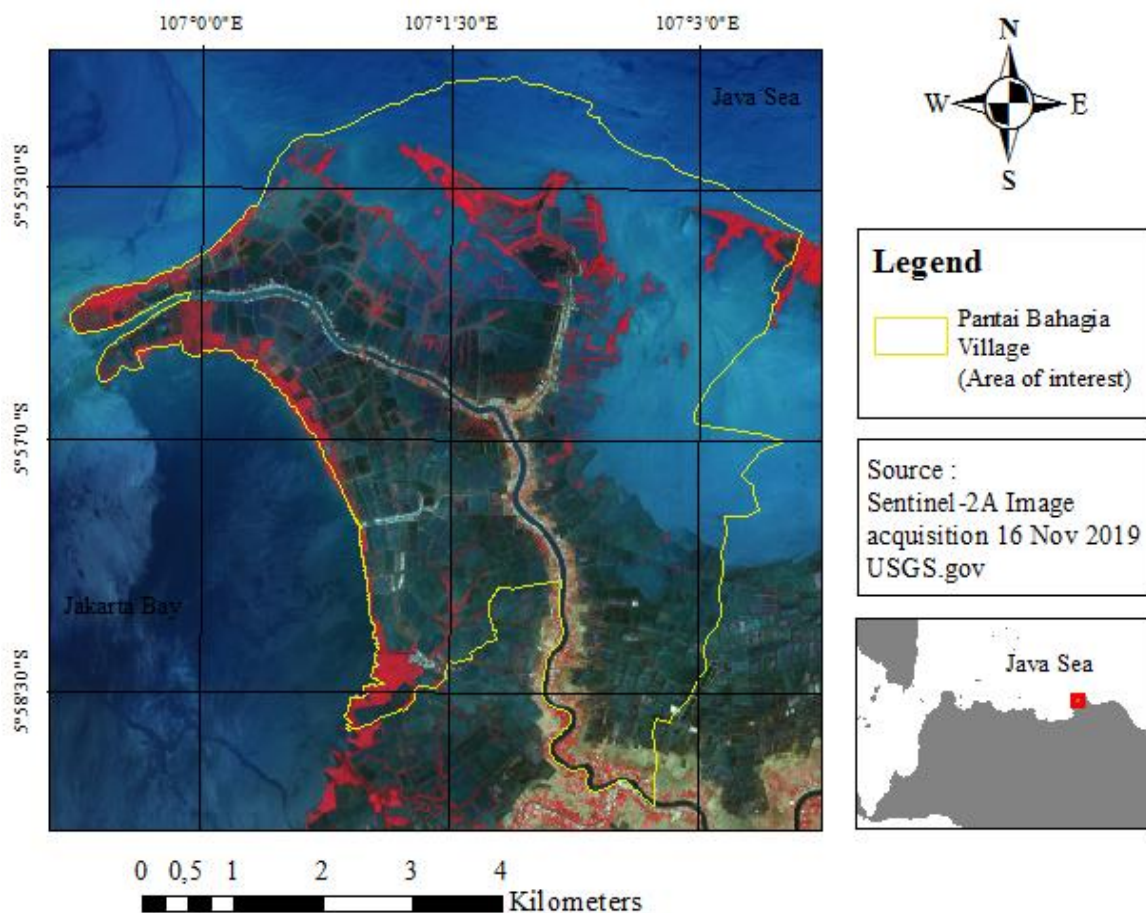


Figure 3. The results of the FCC composition.

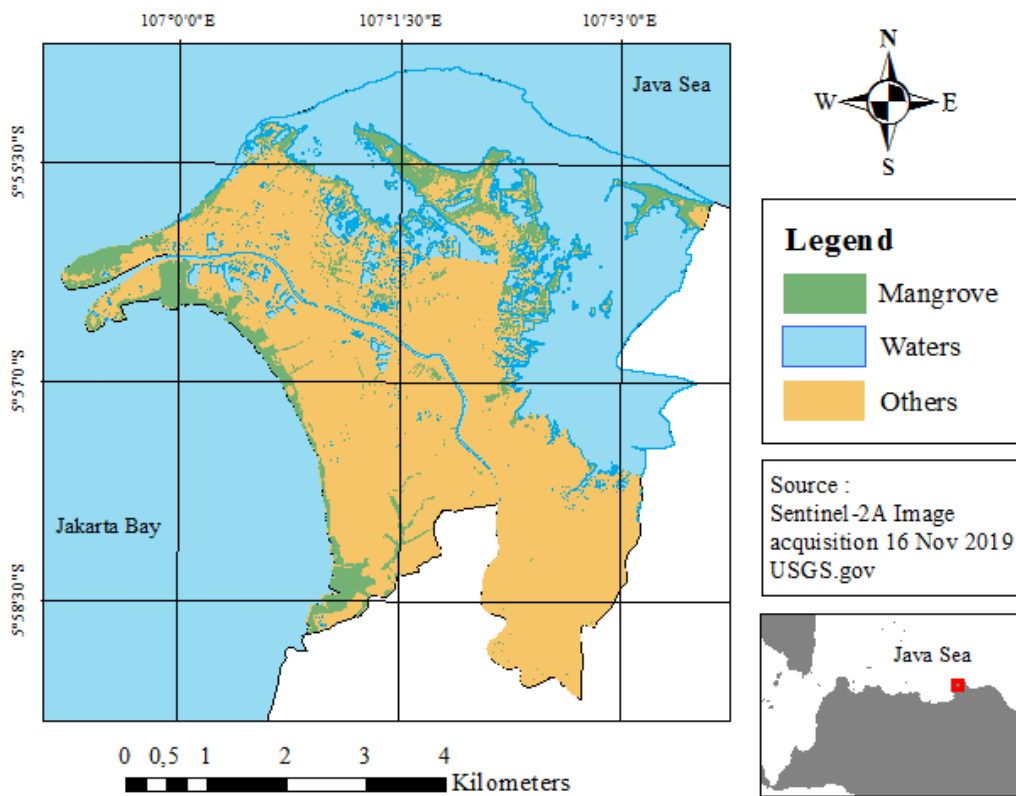


Figure 4. Mangrove distribution map.

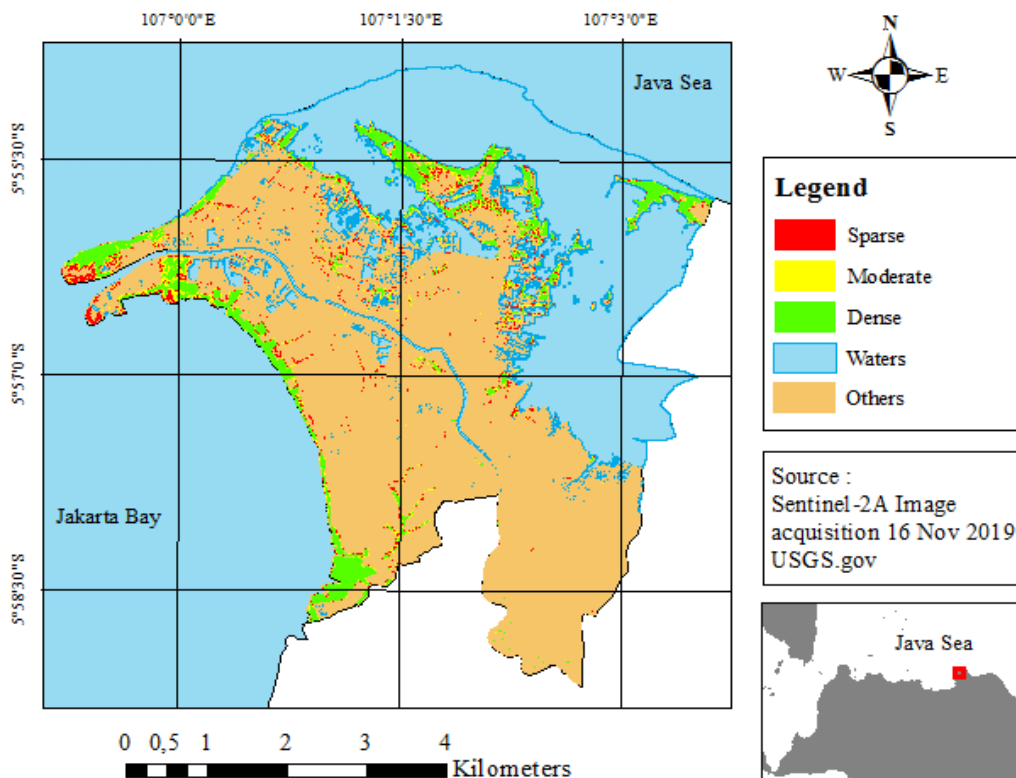


Figure 5. Classification of mangrove density.

rove di lokasi penelitian yakni di Desa Pantai Bahagia. Kategori kelas kerapatan mangrove mengacu pada Departemen Kehutanan (2005). Luas mangrove yang termasuk ke dalam mangrove rapat (*dense*) memiliki luas mencapai 179,02 ha atau 59,31% dari total luas mangrove yang ada (*Figure 6*). Mangrove dengan kerapatan sedang (*moderate*) memiliki luas 56,59 ha atau 18,75% dari total luas mangrove. Klasifikasi mangrove jarang (*sparse*) mencapai 66,22 ha atau 21,94% dari total luasan mangrove (*Table 2*). Sebagian besar mangrove di lokasi penelitian tergolong mangrove jarang (*sparse*).

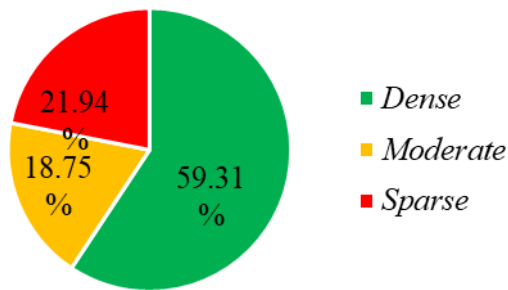


Figure 6. Percentage of mangrove density.

Grafik *scatter plot* persamaan linear pada NDVI ditampilkan pada *Figure 7*. Grafik tersebut menampilkan sekumpulan nilai NDVI sebuah garis lurus dengan kemiringan positif. Analisis korelasi antara per-

sentase kerapatan kanopi mangrove (variabel tetap) dengan hasil transformasi indeks vegetasi (variabel bebas) digunakan untuk mencari kedekatan antara dua nilai tersebut.

Table 2. Area and percentage of mangrove density.

Mangrove Categories	ha	%
Sparse	179.02	59.31
Moderate	56.59	18.75
Dense	66.22	21.94
<i>Total</i>	301.83	100.00

Koefisien korelasi NDVI didapatkan nilai sebesar 0,58 yang tergolong dalam tingkat hubungan cukup erat (Walpole, 1992). Hal ini dapat diartikan kedua nilai indeks NDVI memiliki keterkaitan yang kuat terhadap nilai kerapatan kanopi di lapang. Arhatin & Wahyuningrum (2013) mendapatkan nilai koefisien korelasi pada NDVI senilai 0,73. Hasil serupa juga disajikan dalam penelitian Landeros *et al.* (2018) dengan menggunakan beberapa citra resolusi tinggi. Adapun hasil R^2 yang dihasilkan dari citra Sentinel-2A sebesar 0,75 atau 75%. Nilai R^2 meningkat seiring dengan resolusi spasial citra. Dikatakan pula oleh Winarso & Purwanto (2014), bahwa terkadang indeks vegetasi tidak sesuai dengan keadaan lapang pada nilai NDVI.

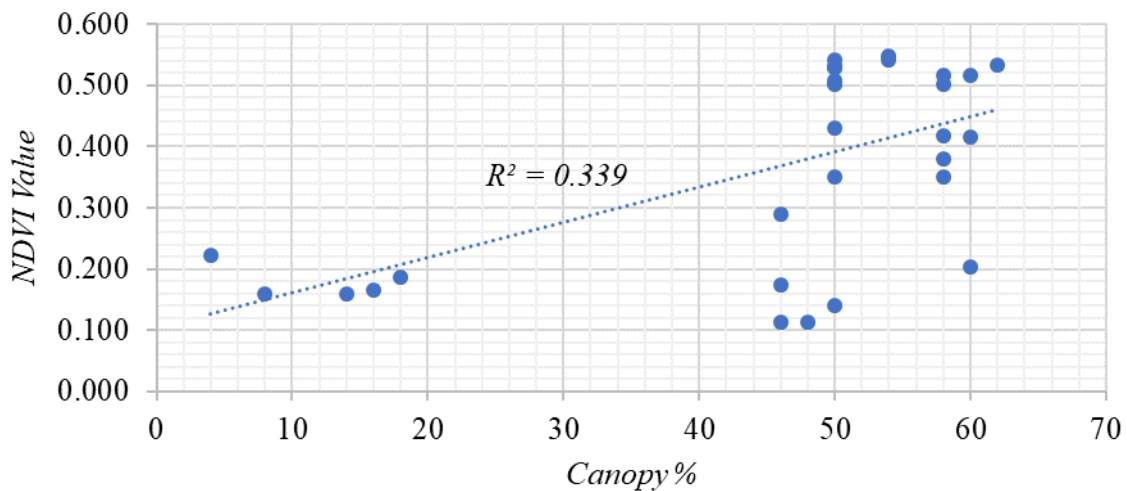


Figure 7. Correlation of NDVI values and percentage of mangrove canopy cover.

Keberadaan rumput, semak, atau atribut biofisik kanopi yang lebih rapat di antara tegakan mangrove memungkinkan untuk reflektansinya terdeteksi oleh sensor satelit sebagai tutupan (Chuvieco & Heute, 2009).

Adapun nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) dari penelitian ini adalah sebesar 0,1295. RSME menjelaskan bagaimana data residu tersebar, dengan kata lain bagaimana data menyebar terhadap data hasil model. Hasil tersebut menunjukkan bahwa data menyebar cukup dekat dengan data model. Hasil hampir serupa juga dihasilkan dalam penelitian Green *et al.* (1997) dengan nilai RMSE 0,13 yang merupakan nilai yang baik dalam pendugaan distribusi spasial kanopi mangrove. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian lain mengenai korelasi citra satelit dengan tutupan kanopi mangrove, nilai tersebut relatif cukup baik. Pada penelitian Tian *et al.* (2017) nilai RMSE sebesar 0,423 hingga 0,719 dengan penggunaan sumber data citra yang berbeda. Mangrove memiliki Hasil perhitungan korelasi nilai NDVI dan persen kanopi mangrove cukup baik (*fit*).

Terjadi peningkatan luas area dan tutupan ekosistem mangrove di lokasi penelitian. Pada penelitian Suwargana (2008) diketahui bahwa luas mangrove hanya mencapai 16,33% (atau 33,23 ha) pada tahun 2007 dan 17,92% (atau 34,89 ha) pada tahun 1990 dari total luas area Desa Pantai Bahagia. Pada tahun 2018 luas hutan mangrove Desa Pantai Bahagia memiliki luas sekitar 70 ha (Marsudi *et al.*, 2018). Pada hasil di atas luas mangrove mencapai setidaknya 300 ha yang terjadi pada rentang waktu satu dekade terakhir. Terdapat peningkatan yang cukup signifikan dari tahun 2007 yang disebabkan oleh adanya usaha penanaman dan pelestarian mangrove oleh masyarakat setempat pada beberapa tahun terakhir (Ahmad, 2017). Mangrove yang ada di Desa Pantai Bahagia mengalami perbaikan, oleh karena adanya kegiatan rehabilitasi baik dari partisipasi masyarakat, LSM atau komunitas lain (Majesty *et al.*, 2018). Luas

area mangrove meningkat signifikan dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir. Keterbatasan ketersediaan data citra yang sama dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir menjadi kendala tidak ditampilkannya perubahan luasan ekosistem mangrove.

Mangrove menyebar di sekitar areal tambak hingga sepanjang garis pantai. Kepadatan mangrove tertinggi ada di sepanjang garis pantai, sedangkan mangrove jarang (*sparse*) banyak ditemukan di areal tambak dan pinggir sungai. Hal tersebut disebabkan oleh habitat mangrove yang terdapat masuk air bersalinitas tinggi dengan kondisi substrat yang berlumpur yang biasa ditemukan di areal perbatasan darat dan laut atau di muara sungai (Kusmana & Ningrum, 2016; Marsudi *et al.*, 2018). Keberadaan mangrove menyebar hampir di seluruh bagian desa dengan kepadatan tertinggi berada di sepanjang garis pantai. Studi mengenai ekosistem mangrove di Desa Pantai Bahagia masih belum banyak dilakukan.

Penggunaan citra satelit sudah banyak digunakan sebagai pendekatan dalam menduga tutupan mangrove. Penting untuk menggunakan pendekatan GIS menggunakan citra resolusi sedang, seperti citra sentinel, dalam menginvestigasi hutan mangrove berdensitas tinggi dengan persebaran dan distribusi tegakan yang tinggi dalam waktu singkat (Pattanaik & Prasad, 2011). Penggunaan citra resolusi sangat tinggi memungkinkan untuk mengidentifikasi tutupan dengan lebih detail, namun harga yang lebih mahal dan tingkat kerapatan daun setiap individu yang beragam kurang memungkinkan untuk mengidentifikasi kerapatan mangrove secara berkelanjutan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan estimasi luasan ekosistem mangrove yang ada di Desa Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi, Jawa Barat. Hasil klasifikasi tutupan kanopi berdasarkan kategori yang dikeluarkan Departemen Kehutanan RI menun-

jukkan tutupan dengan tingkat rapat (*dense*) tertinggi dibanding kategori kerapatan yang lain. Penggunaan citra sentinel, citra dengan akurasi 10 m, dapat digunakan dalam mengidentifikasi kerapatan kanopi mangrove dengan baik. Luasan mangrove di lokasi tersebut meningkat oleh karena ada kegiatan rehabilitasi oleh komunitas lokal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Dr. Taryono dari Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, untuk kesempatannya melakukan kegiatan dan memfasilitasi penelitian di Kecamatan Muara Gembong. Kepala Desa Pantai Bahagia, Pokdarwis Alipbata, dan tokoh masyarakat setempat yang telah mengizinkan saya untuk bisa melakukan penelitian di Desa Pantai Bahagia.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, D.N. 2017. Penyuluhan dan pelatihan upaya pencegahan abrasi pantai pada masyarakat Muara Gembong Bekasi. *J. Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2): 90-97. <http://doi.org/10.20956/pa.v1i2.2413>

Andana, E.K. 2015. Pengembangan data citra satelit landsat-8 untuk pemetaan area tanaman hortikultura dengan berbagai metode algoritma indeks vegetasi (Studi Kasus: Kabupaten Malang dan sekitarnya). Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII, Surabaya, Indonesia, 24 Januari 2015. 1501-1510 pp.

Ardiansyah, D.A. & I. Buchori. 2014. Pemanfaatan citra satelit untuk penentuan lahan kritis mangrove di Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *J. of Geomatics and Planning*, 1(1): 1-12.

<https://doi.org/10.14710/geoplanning.1.1.1-12>

Arhatin, R.E. & P.I. Wahyuningrum. 2013. Algoritma indeks vegetasi mangrove menggunakan satelit LANDSAT ETM+ (Vegetation Index Algorithm for Mangrove Derived from Landsat ETM+). *Buletin PSP*, 21(2): 215-227. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/bulpsp/article/view/25293>

Chuvieco, E. & A. Heute. 2009. *Fundamentals of Satellite Remote Sensing*. CRC Press. 418 p

Dafikri, M., Yunasfi, & Z.A. Harahap. 2016. Analisis vegetasi dan pola sebaran salinitas di ekosistem mangrove Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara. *J. Aquacoastmarine*, 12(2): 1-14. <https://www.scribd.com/document/388847218/13922-33851-1-SM-pdf>

Departemen Kehutanan. 2005. *Pedoman Inventarisasi dan Identifikasi Lahan Kritis Mangrove*. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial Departemen Kehutanan. Jakarta. 14 p.

Donato, D.C., J.B. Kauffman, D. Murdiyarso, S. Kurnianto, M. Stidham, & M. Kanninen. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *J. Nature geoscience*. 4(5): 293-297. <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>

Frananda, H., H. Hartono, & R.H. Jatmiko. 2015. Komparasi indeks vegetasi untuk estimasi stok karbon hutan mangrove kawasan segoro anak pada kawasan Taman Nasional Alas Purwo Banyuwangi, Jawa Timur. *J. Globö*, 17(2): 113-123. <https://jurnal.big.go.id/index.php/GL/article/download/222/219.pdf>

Green, E.P., P.J. Mumby, A.J. Edward, C.D. Clarck, & A.C. Ellis. 1997. Estimating leaf area index of

- mangroves from satellite data. *J. of Aquatic Botany*, 58(9): 11-19.
[https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(97\)00013-2](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(97)00013-2)
- Kamal, S., J. Warnken, M. Bakhtiyari, & S.Y. Lee. 2017. Sediment distribution in shallow estuaries at fine scale: in situ evidence of 3D structural complexity effects by mangrove pneumatophores. *J. Hydrobiologia*, 803: 121-32.
<https://doi.org/10.1007/s10750-017-3178-3>
- Kauffman, J.B. & D.C. Donato. 2012. Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass, and carbon stocks in mangrove forests. CIFOR. Bogor. 50 p.
- Kitamura, S., C. Anwar, A. Chaniago, & S. Baba. 1997. Handbook of Mangroves in Indonesia: Bali & Lombok. International Society for Mangrove Ecosystems. ISME. Bali. 119 p.
- Kusmana, C. & D.R.P. Ningrum. 2016. Tipologi dan kondisi vegetasi kawasan mangrove Bulaksetra Kabupaten Pangandaran Provinsi Jawa Barat. *J. Silviculture Tropica*, 7(2): 137-145.
<https://jurnal.ipb.ac.id/index.php/jsilvik/article/view/13317.pdf>
- Landeros, V.L., F. Flores-de-Santiago, J.M. Kovacs, & F. Flores-Verdugo. 2018. An assessment of commonly employed satellite-based remote sensors for mapping mangrove species in Mexico using an NDVI-based classification scheme. *J. Environmental monitoring and assessment*, 190(1): 23.
<https://doi.org/10.1007/s10661-017-6399-z>
- Lee, S.Y. 2016. From blue to black: anthropogenic forcing of carbon and nitrogen influx to mangrove-lined estuaries in the South China Sea. *J. Marine pollution bulletin*, 109(2): 682-690.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.008>
- Majesty, K.I., M. Karuniasa, & H. Herdiansyah. 2018. The strategy for the community participation development in the management of mangrove forest ecosystem in Muara Gembong District, West Java. Proceedings The 2nd Annual Conference of Engineering and Implementation on Vocational Education, Sumatra Utara, Indonesia, 3 November 2018. 1-8 pp. <https://doi.org/10.4108/eai.3-11-2018.2285893>
- Marsudi, B., O. Satjapradja, & M.L. Salampessy. 2018. Komposisi jenis pohon dan struktur tegakan hutan mangrove di Desa Pantai Bahagia, Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi, Provinsi Jawa Barat. *J. Belantara*, 1(2): 115-122.
<https://doi.org/10.29303/jbl.v1i2.87>
- Meneses, C.L. 2011. NDVI as indicator of degradation. 238th Edition. Unasylva. 39 p.
- Muhsoni, F.F, Sambah A.B., M. Mahmudi, & D.G.R. Wiadnya. Comparison of different vegetation indices for assessing mangrove density using sentinel-2 imagery. *J. Geomate*, 14(45): 42-51.
<https://doi.org/10.21660/2018.45.7177>
- Oktaviani, S., Yonvitner, & Z. Imran. 2019. Daya dukung optimum pola tata guna lahan pesisir di Muara Gembong, Kabupaten Bekasi. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(1): 75-87.
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i1.21600>
- Pattanaik, C. & S.N. Prasad. 2011. Assessment of aquaculture impact on mangroves of Mahanadi delta (Orissa), East coast of India using remote sensing and GIS. *J. Ocean &*

- Coastal Management*, 54(11): 789-795.
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.07.013>
- Philiani, I., L. Saputra, L. Harvianto, & A.A. Muzak. 2016. Pemetaan vegetasi hutan mangrove menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) di Desa Arakan, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. *Surya Octagon Interdisciplinary. J. of Technology*, 2(1): 211-222.
<https://doi.org/10.31219/osf.io/c8k6j>
- Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, & D.W. Deering. 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. (in): Rouse JW, Haas RH, Schell JA, Deering DW. Third ERTS Symposium; 10-14 Desember 1973; Washington (US): 309-317 pp.
- Sari, S.P. & D. Rosalina. 2016. Mapping and monitoring of mangrove density changes on tin mining area. *J. Procedia Environmental Sciences*, 33: 436-442.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.094>
- Suwargana, N. 2008. Analisis perubahan hutan mangrove menggunakan data penginderaan jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi. *J. Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital*, 5(1): 64-74.
<https://doi.org/10.15578/segara.v15i2.7461>
- Tian, J., L. Wang, X. Li, H. Gong, C. Shi, R. Zhong, & X. Liu. 2017. Comparison of UAV and WorldView-2 imagery for mapping leaf area index of mangrove forest. *International J. Appl Earth Obs Geoinformation*, 61(1): 22-31.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.05.002>
- Walpole, R.E. 1992. Introduction to Statistics. Third edition. (Translated by) Sumantri B. Gramedia Pustaka Utama. 516 p.
- Winarso, G. & A.D. Purwanto. 2014. Pendekatan baru indeks kerusakan mangrove menggunakan data penginderaan jauh. deteksi parameter geobiofisik dan diseminasi penginderaan jauh. Di dalam: Budhiman S, Soleh M, Emiyati, Teguh K, Sirin DNS. Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh, Bogor, 21 April 2014. 368-379 pp.

Received : 15 September 2020

Reviewed : 23 November 2020

Accepted : 18 December 2020

