

# Identifikasi Spesies Mangrove dengan menggunakan Metode Principal Component Analysis (PCA) pada Citra Landsat-8 di Taman Nasional Sembilang, Sumatera Selatan, Indonesia

Devica Natalia Br Ginting<sup>1\*</sup>, Rizky Faristyawan<sup>2</sup>, Siti Nurulita Mutiara Safitri<sup>3</sup>,  
Gathot Winarso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional  
Jl. Pasir Putih Raya No.1, Ancol, Kec. Pademangan, Jakarta Utara, DKI Jakarta 14430 Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Riset Geoinformatika, Badan Riset dan Inovasi Nasional

Jl. Sangkuriang, Dago, Kecamatan Coblong, Bandung Jawa Barat 40135 Indonesia

<sup>3</sup>Departemen SIG, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

Jl. Kaliurang, Bulaksumur Sinduadi Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281 Indonesia

Email: devi014@brin.go.id

## Abstract

### Species Identification of Mangroves Using Principal Component Analysis (PCA) on Landsat-8 Images in Sembilang National Park, South Sumatra, Indonesia

Mangroves are coastal plants influenced by tidal cycles. One of the regions in South Sumatra Province with a mangrove ecosystem is Sembilang National Park. As a national park, this location is strategically positioned for research related to mangrove species. The utilization of the Principal Component Analysis (PCA) method is considered to enhance the capabilities of remote sensing data in mangrove mapping. However, its application has been limited to the mangrove level. The research objective is to identify mangrove species in Sembilang National Park using the PCA method by leveraging Landsat-8 image data acquired on September 9, 2019. Mangrove distribution is obtained through the Mangrove Vegetation Index (MVI) and vector data from Global Mangrove Watch. The image is then overlaid with field species data to obtain species spectral patterns. Additionally, the correlation between spectral band values and eigenvalues (PC) is analyzed to detect parameters correlated with eigenvalues. The research results show that PC values correlate with mangrove species and can be used for mangrove species identification. This is demonstrated by *Bruguiera Gymnorhiza* species with canopy coverage of 60.8% and 62.46% at ST7 and ST8 having the same PC values, while mangroves with canopy coverage of 62.5% in different species have different PC values. Moreover, the PCA method can indicate two crucial factors in identifying mangrove species, namely vegetation and soil factors.

**Keywords:** mangrove species, Landsat-8, principal component analysis, Sembilang National Park

## Abstrak

Mangrove merupakan tumbuhan pesisir yang dipengaruhi oleh pasang surut. Salah satu wilayah di Provinsi Sumatera Selatan yang memiliki ekosistem mangrove adalah Taman Nasional Sembilang. Sebagai taman nasional, lokasi ini sangat strategis untuk dilakukan penelitian terkait spesies mangrove. Pemanfaatan metode *principal component analysis* (PCA) dinilai mampu meningkatkan kemampuan data penginderaan jauh dalam pemetaan mangrove. Namun selama ini, pemanfaatan terbatas pada level mangrove. Adapun tujuan penelitian adalah mengidentifikasi spesies mangrove di Taman Nasional Sembilang menggunakan metode PCA dengan memanfaatkan data citra Landsat-8 yang diakuisisi pada 09 September 2019. Sebaran mangrove diperoleh melalui indeks vegetasi mangrove (MVI) dan data vektor dari Global Mangrove Watch. Citra tersebut kemudian di overlay dengan data spesies lapangan untuk mendapatkan pola spektral spesies. Selain itu, korelasi nilai spektral band dan eigen (PC) dianalisis untuk mendeteksi parameter yang berkorelasi dengan nilai eigen. Hasil penelitian menunjukkan nilai PC memiliki korelasi dengan spesies mangrove dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi spesies mangrove. Hal ini ditunjukkan spesies *Bruguiera Gymnorhiza* dengan tutupan kanopi 60,8% dan 62,46% pada ST7 dan ST8 memiliki nilai PC yang sama serta mangrove dengan besaran tutupan kanopi 62,5% pada spesies nilai PC berbeda. Selain itu, metode PCA mampu menunjukkan dua faktor penting dalam mengidentifikasi spesies mangrove, yaitu faktor vegetasi dan tanah.

**Kata kunci:** spesies mangrove, Landsat-8, *principal component analysis*, Taman Nasional Sembilang

## PENDAHULUAN

Hutan mangrove memainkan peran penting sebagai ekosistem pesisir (Senoaji & Hidayat, 2016; Subagiyo *et al.*, 2019) dan dapat ditemukan dengan persebaran spesies bervariasi tergantung iklim, hidrologi, struktur substrat, serta kondisi fisik lingkungan hidup (Febrianto *et al.*, 2022; Purwanto

*et al.*, 2022; Sitepu *et al.*, 2023; Winarso *et al.*, 2023). Taman Nasional Sembilang merupakan kawasan hutan mangrove di Kecamatan Banyuasin II, Sumatera Selatan (Kusrini *et al.*, 2018; Febrianto *et al.*, 2022; Purwanto *et al.*, 2022). Kawasan ini memiliki 12 spesies mangrove antara lain *Ceriops Tagal*, *Hibiscus Tiliarceus*, *Candelia Candel*, *Rhizophora Mucronata*, *Sonneratia Alba*, *Terminalia Cakapa*, *Avicennia marina*, *Avicennia alba*, *Rhizophora apiculata*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Excoecaria agallocha*, *Xylocarpus granatum* dan *Nypa fruticans* (Hutasoit *et al.*, 2017; Febriansyah *et al.*, 2019). Namun kondisi hutan mangrove wilayah ini khususnya di Solok Buntu mengalami kerusakan akibat alih guna lahan sebagai pemukiman, tambak ikan Bandeng serta pemanfaatan sebagai bahan bangunan serta kayu bakar (Febriansyah *et al.*, 2019) khususnya species *Avicennia sp*, *Nypa fruticans*, *Rhizophora sp.* dan *Sonneratia sp.* Pemanfaatan mangrove ini mengakibatkan terganggunya stabilitas fungsi dari kawasan mangrove (Muarif. *et al.*, 2016; Zainuri *et al.*, 2017). Oleh sebab itu, diperlukan metode yang efektif dan efisien untuk mendeteksi dan memonitoring spesies mangrove.

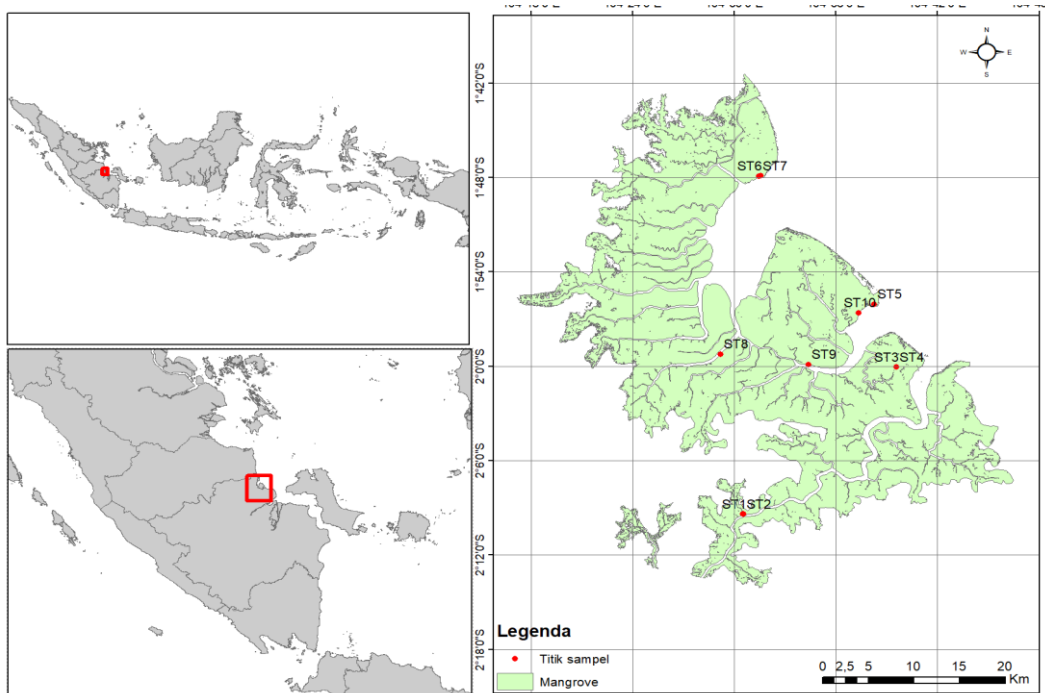
Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dinilai efektif karena ketersediaan data spasial dan temporal. Lokasi vegetasi mangrove yang umumnya sulit dijangkau dan membutuhkan banyak sumber daya dapat diakomodasi oleh data penginderaan jauh (Giri, 2021). Penginderaan jauh juga dinilai mampu memantau keberadaan mangrove (Baloloy *et al.*, 2020; Febrianto *et al.*, 2022; Sabriyati *et al.*, 2023), monitoring kesehatan (Nurhaliza *et al.*, 2021; Hidayah *et al.*, 2023), dan stok karbon (Suryono *et al.*, 2018; Frananda *et al.*, 2018; Singh *et al.*, 2023) hingga spesies (Kamal dan Phinn, 2011; Heenkenda *et al.*, 2014; Zimudzi *et al.*, 2021; Xia *et al.*, 2020). Berbagai metode digunakan untuk identifikasi spesies mangrove, seperti segmentasi citra (Kamal & Phinn, 2011; Zulfa *et al.*, 2021), klasifikasi terselia (Wang *et al.*, 2018 Xia *et al.*, 2020), dan *machine learning* (Heenkenda *et al.*, 2014; Nagarajan *et al.*, 2022). Namun, metode diatas memiliki beberapa kelemahan seperti tingkat kesulitan yang tinggi dalam menangkap variasi antar spesies mangrove, diperlukannya *training data* yang memadai, variasi yang sangat kompleks pada citra satelit, dan keterbatasan pada spesies campuran (Darko *et al.*, 2021; Zulfa *et al.*, 2021). PCA memiliki potensi untuk mengatasi permasalahan kompleksitas pengolahan data dengan kemampuannya dalam mengidentifikasi komponen yang memiliki varian spektral tinggi, reduksi dimensi data, dan peningkatan ketepatan ekstraksi fitur spektral (Li *et al.*, 2017; Weiwei Cai & Wei, 2020; Lan *et al.*, 2023; Karimzadeh *et al.*, 2023). Dalam citra multispektral, penggunaan PCA terletak pada kompresi citra dan penghapusan noise, sehingga dapat meningkatkan efisiensi analisis data penginderaan jauh (Dai, 2023).

Identifikasi spesies mangrove dengan menggunakan PCA berdasarkan faktor lingkungan seperti pH, oksigen terlarut, salinitas, suhu dan tebal lumpur telah diterapkan dan menunjukkan bahwa faktor lingkungan mempengaruhi sebaran spasial spesies mangrove (Poedjirahajoe *et al.*, 2017; Wijaya & Huda, 2018; Ita, 2020). Pendekatan berbasis objek yang menggunakan PCA dan algoritma random forest juga telah diterapkan untuk mengidentifikasi spesies mangrove, namun masih terbatas di wilayah rawa (Sanam *et al.*, 2023). Selain itu, identifikasi spesies mangrove menggunakan PCA juga telah digunakan pada citra hyperspektral di skala laboratorium dan memberikan hasil dengan akurasi di atas 80% (Cao *et al.*, 2018; Prasad *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2014). Metode PCA pada citra multispektral telah digunakan namun terbatas pada level mangrove-nonmangrove dan menunjukkan peningkatan akurasi klasifikasi (Thakur *et al.*, 2020; Quang *et al.*, 2020). Namun, pemanfaatan metode PCA untuk identifikasi pada level spesies mangrove masih sangat terbatas. Oleh sebab itu, perlu dilakukan eksplorasi terkait pemanfaatan metode PCA pada citra multispektral untuk identifikasi spesies mangrove.

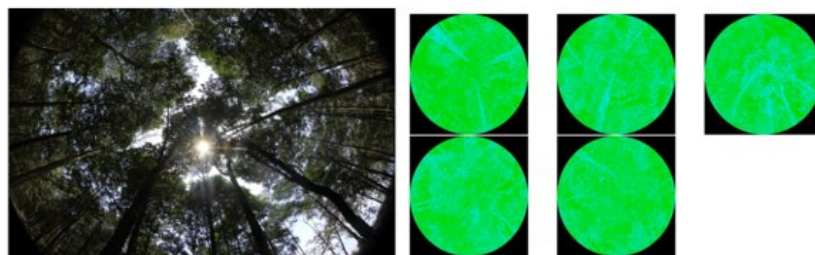
## MATERI DAN METODE

Taman Nasional Sembilang terletak di pesisir timur Provinsi Sumatera Selatan, yaitu 104°14' - 104°54' BT dan 1°53' - 2°27' LS (Balai TN Sembilang, 2008) (Gambar 1). Menurut Febriansyah *et al.* (2019), Taman Nasional Sembilang merupakan daerah lahan basah yang sebagian besar terdiri dari hutan mangrove dengan hutan rawa gambut dan hutan rawa air tawar yang terletak di belakangnya. Kawasan ini merupakan kawasan hutan mangrove terluas yang tersisa di sepanjang pantai timur pulau Sumatera (Ulqodry *et al.*, 2016; Desmiwati & Surat, 2017).

Pengamatan dilakukan dengan membuat transek ukuran 30 x 30m untuk memfasilitasi resolusi spasial dari citra Landsat-8. Foto kanopi dilakukan dengan menggunakan canon EF 8-15mm f/4L fisheye pada 5 sisi dari transek, yaitu 4 sudut transek dan 1 tengah transek (Gambar 2). Foto diolah menggunakan perangkat lunak Can-Eye untuk menghasilkan informasi tutupan kanopi pada setiap transek. Can-Eye adalah perangkat lunak gratis yang dikembangkan pada tahun 2003 melalui *Environnement Méditerranéen et Modélisation des Agro-Hydrosystèmes* (EMMAH) oleh *French National Institute of Agronomical Research* (INRA). Can-Eye digunakan untuk mengekstrak karakteristik struktur kanopi dari citra true color (Weiss and Baret, 2017). Hasil pengolahan data lapangan dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



File	FCover (%)
IMG_9382.JPG	83.0
IMG_9383.JPG	70.5
IMG_9384.JPG	55.2
IMG_9385.JPG	74.2
IMG_9386.JPG	74.7

Gambar 2. Foto kanopi mangrove dan pengolahan persen tutupan dengan Can-Eye

Data yang digunakan adalah Landsat-8 Level 2 (*Surface Reflectance*). *Principal Component Analysis* (PCA) digunakan untuk mendeteksi spesies mangrove. PCA adalah teknik statistik multivariat yang digunakan untuk mereduksi dimensi dataset yang kompleks sambil mempertahankan variabilitas yang paling signifikan. PCA mengubah sekumpulan variabel yang mungkin berkorelasi menjadi sekumpulan variabel yang tidak berkorelasi yang disebut komponen utama (Tefas *et al.*, 2011; Kurita *et al.*, 2020). Komponen utama pertama memaksimalkan varians data, komponen kedua memaksimalkan varians yang tersisa, dan seterusnya (Chen *et al.*, 2022). Tujuan utama PCA adalah untuk mengurangi dimensi (jumlah variabel) dari sekumpulan besar variabel yang saling berhubungan sambil mempertahankan sebanyak mungkin informasi (variabilitas) dalam dataset asli. Ini dilakukan dengan mengidentifikasi komponen yang secara kolektif menjelaskan sebagian besar varians data (Hilbert & Buhner, 2020).

Adapun tahapan pengolahan yang dilakukan untuk mendeteksi spesies mangrove di Taman Nasional Sembilang adalah dengan mendapatkan citra khusus area mangrove berdasarkan indeks vegetasi mangrove (Baloloy *et al.*, 2020) dan data vektor dari *Global Mangrove Watch*. Citra tersebut kemudian di *overlay* dengan data spesies lapangan untuk mendapatkan pola spektral spesies mangrove berdasarkan nilai digital Landsat-8. Hal ini dilakukan untuk melihat apakah citra Landsat-8 mampu menunjukkan perbedaan pola spektral pada species mangrove berbeda. Selanjutnya, Metode PCA digunakan untuk menghasilkan citra-citra yang menyatakan variabilitas dari data atau biasa disebut Nilai eigen (PC). Nilai eigen pada citra ini diekstrak pada masing-masing stasiun untuk melihat bagaimana hubungan antara nilai eigen dengan spesies mangrove. Selain itu, dilakukan analisis korelasi antara citra dari PCA dengan band pada citra Landsat-8 untuk mengetahui faktor penting dalam mengidentifikasi spesies mangrove.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tutupan kanopi mangrove di daerah penelitian diperoleh dengan memproses foto kanopi mangrove dengan menggunakan software Can-Eye. Hasil tutupan kanopi mangrove dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan pengamatan lapangan, terdapat 7 spesies yang dianalisis, yaitu *Bruguiera Gymnorrhiza*, *Bruguiera Palviflora*, *Ceriops Tagal*, *Exocaria Agalloca*, *Nypa Fruticans*, *Rhizopora Apiculata*, dan *Rhizopora Apiculata*. Secara umum, tutupan kanopi pada data yang dikumpulkan berada pada rentang 48.22% - 93.82% yang tersebar di sepanjang Taman Nasional Sembilang.

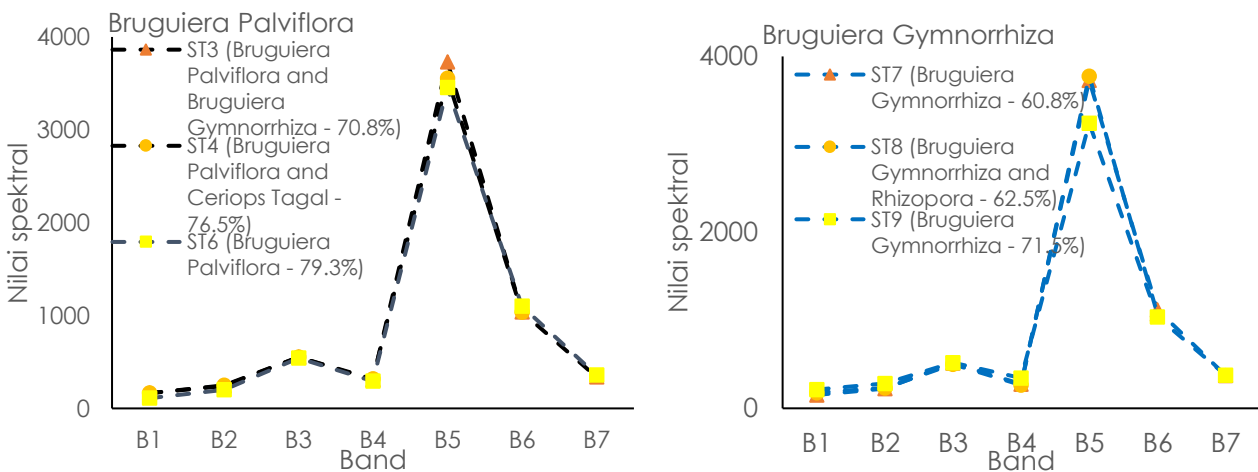
Pola spektral mangrove adalah pola unik yang diperoleh akibat interaksi antara objek mangrove dengan gelombang elektromagnetik pada panjang gelombang yang berbeda. Spesies mangrove memiliki kesamaan pola reflektan untuk setiap band. Secara umum, Nilai band NIR akan lebih tinggi dibandingkan band lainnya. Hal ini dikarenakan klorofil pada mangrove menyerap sinar tampak (band biru dan merah) dan memantulkan NIR (Basheer *et al.*, 2019; Rahmandhana *et al.*, 2022). Gambar 3 menunjukkan pola spektral untuk spesies *Bruguiera Palviflora* dan *Bruguiera*

**Tabel 1.** Data Tutupan Kanopi

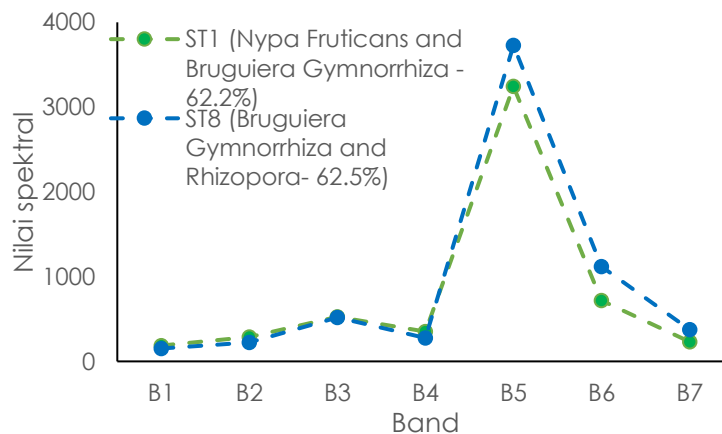
Stasiun	Spesies	Tutupan Kanopi (%)	Tutupan Kanopi (%)
1	<i>Nypa Fruticans</i>	<i>Bruguiera Gymnorrhiza</i>	62.26
2	<i>Rhizopora Apiculata</i>	<i>Nypa Fruticans</i>	72.22
3	<i>Bruguiera Palviflora</i>	<i>Bruguiera Gymnorrhiza</i>	70.82
4	<i>Bruguiera Palviflora</i>	<i>Ceriops Tagal</i>	76.48
5	<i>Sonneratia Alba</i>		48.22
6	<i>Bruguiera Palviflora</i>		79.32
7	<i>Bruguiera Gymnorrhiza</i>		60.8
8	<i>Bruguiera Gymnorrhiza</i>	<i>Rhizopora Apiculata</i>	62.46
9	<i>Bruguiera Gymnorrhiza</i>		71.52
10	<i>Exocaria Agalloca</i>	<i>Nypa Fruticans</i>	93.82

*Gymnorhiza*. Pada spesies *Bruguiera Palviflora*, ST3 dan ST4, menunjukkan nilai spektral yang sama meskipun dengan perbedaan besaran kanopi 5%. Namun hal sebaliknya ditunjukkan oleh ST6 dengan tutupan kanopi yang lebih besar tetapi memiliki nilai spektral NIR lebih rendah dibandingkan ST 3 dan ST4. Hal yang sama ditunjukkan oleh spesies *Bruguiera Gymnorhiza*. ST7 dan ST8 memiliki nilai spektral NIR yang lebih tinggi dibandingkan ST9 yang memiliki tutupan kanopi yang lebih tinggi. Hal ini dapat disebabkan beberapa faktor seperti komposisi mangrove dan/atau faktor lingkungan/lokasi lebih dekat laut. ST 6 berada di lokasi bibir pantai sehingga memiliki kelembaban tanah yang lebih tinggi. Panjang gelombang NIR sebagian besar diserap oleh air sehingga nilai spektral NIR menjadi rendah, hal ini sejalan dengan penelitian McGuirk dan Cairns (2022). ST9 memiliki komposisi pohon yang lebih rendah dibandingkan ST7 dan ST8 dan didominasi oleh semai menyebabkan spektral NIR yang rendah akibat diserap oleh permukaan tanah, hubungan antara respon band spektral NIR, vegetasi, dan permukaan tanah ini sejalan dengan penelitian Zeng et.al (2021).

Gambar 4 menunjukkan pola spektral spesies mangrove yang berbeda dengan persen tutupan yang hampir sama. ST1 yang ditutupi oleh spesies *Nypa Fruticans* memiliki nilai NIR dan SWIR lebih rendah dibandingkan ST8 dengan spesies *Bruguiera Gymnorhiza* dan *Rhizopora Apiculata*. Hal ini sesuai dengan penelitian Anshah et al. (2021) terkait respon spektral *Nypa Fruticans* di lapangan dengan menggunakan Spectroradiometer Spectra Vista GER 1500 yang memiliki nilai spektral lebih rendah jika dibandingkan dengan spesies mangrove lainnya.



**Gambar 3.** Pola spektral spesies (a) *Bruguiera Palviflora* dan (b) *Bruguiera Gymnorhiza*

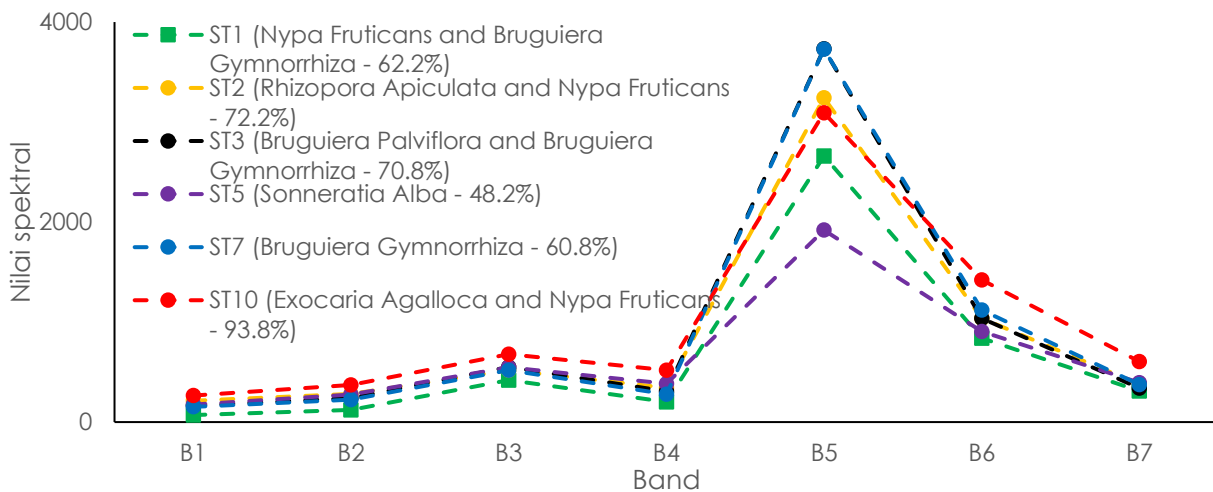


**Gambar 4.** Pola spektral spesies dengan persen tutupan sama

Pola spektral seluruh spesies ditunjukkan oleh Gambar 5. ST1 yang ditutupi oleh spesies *Nypa Fruticans* dan *Bruguiera Gymnorrhiza* memiliki nilai spektral lebih rendah dibandingkan spesies lainnya kecuali ST5 yang ditutupi oleh spesies *Sonneratia Alba* dikarenakan memiliki tutupan kanopi terendah dibandingkan stasiun lainnya. ST2 meskipun memiliki tutupan kanopi 72% namun memiliki nilai spektral yang lebih rendah dari ST3 dan ST7 yang memiliki tutupan lebih rendah dibandingkan ST2. Hal ini dikarenakan ST2 merupakan campuran spesies *Rhizophora Apiculata* dan *Nypa Fruticans* dengan komposisi tegakan yang setara dimana nilai spektral yang rendah pada *Nypa Fruticans* berkontribusi pada ST2 (Anshah *et al.*, 2021). ST3 dan ST7 memiliki pola spektral yang sama meskipun dengan persen tutupan yang berbeda. Hal ini dikarenakan *Bruguiera Palviflora* memiliki nilai spektral yang lebih rendah dibandingkan *Bruguiera Gymnorrhiza* (Prasad dan Gnanappazham, 2016; Prasad *et al.*, 2022). ST10 memiliki tutupan kanopi tertinggi berdasarkan analisis Can-Eye namun berdasarkan pengamatan di lapangan, tutupan mangrove lebih rendah dengan tingkat tumbuhan pakis yang tinggi di area lantai dasar mangrove sehingga dimungkinkan reflektansi spektral yang tertangkap berasal dari pakis.

*Eigen value* adalah suatu nilai yang menunjukkan besarnya pengaruh suatu variabel terhadap pembentukan karakteristik sebuah vektor atau matriks (Tefas & Pitas, 2011; Kurita, 2020). Semakin besar nilai eigen yang dihasilkan, maka semakin besar pengaruh dari suatu variabel terhadap karakter dari nilai spektral citra. Nilai paling dominan adalah PC1 diikuti dengan PC2 kemudian PC3 (Tabel 2). Nilai PC 1 mewakili 99,98% dari variabilitas dari data.

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat hubungan antara PC dengan spesies mangrove. Nilai PC1 berada pada rentang 18919.1 - 19905.9. Nilai terendah ditunjukkan oleh ST 9 dengan spesies *Bruguiera Gymnorrhiza* dan tertinggi ditunjukkan oleh ST10 dengan spesies *Exocaria Agalloca* dan *Nypa Fruticans*. Pada PC2, nilai PC, yaitu -382.2 - 1280.7 dengan nilai terendah ditunjukkan oleh ST7 dengan spesies *Bruguiera Gymnorrhiza* dan tertinggi, ST 5 dengan spesies *Sonneratia Alba*. PC3 memiliki rentang nilai -260.32 - 117.66 dengan nilai terendah ditunjukkan oleh ST10 dengan spesies *Exocaria Agalloca* dan *Nypa Fruticans* dan tertinggi ditunjukkan oleh ST3 dengan tutupan spesies *Bruguiera Palviflora* and *Bruguiera Gymnorrhiza*.



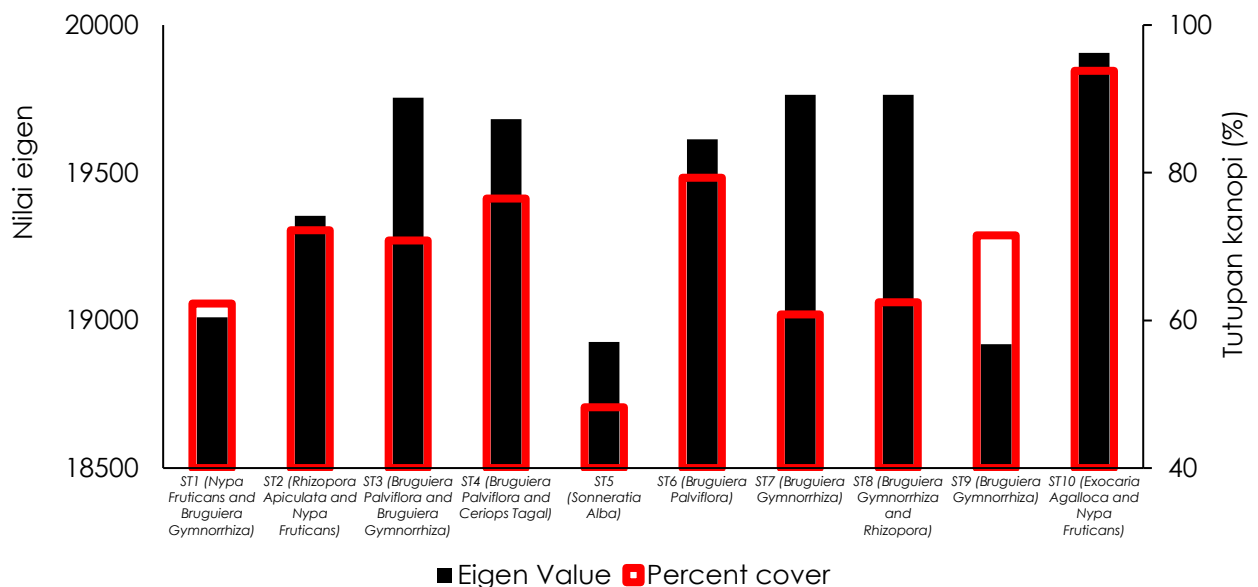
Gambar 5. Pola spektral seluruh spesies

Tabel 2. PC Eigenvalue

Pricipal component	Eigen Value
1	181830872,6
2	21342,7
3	8295,9

**Tabel 3.** Nilai PC Berdasarkan Spesies

Stasiun	PC1	PC2	PC3	Spesies		Tutupan Kanopi (%)
ST1	19010.9	490.2	-0.7	<i>Nypa Fruticans</i>	<i>Bruguiera Gymnorrhiza</i>	62.26
ST2	19353.5	-183.3	82.6	<i>Rhizopora Apiculata</i>	<i>Nypa Fruticans</i>	72.22
ST3	19753.8	-326.2	117.6	<i>Bruguiera Palviflora</i>	<i>Bruguiera Gymnorrhiza</i>	70.82
ST4	19681.5	-166.2	89.9	<i>Bruguiera Palviflora</i>	<i>Ceriops Tagal</i>	76.48
ST5	18927.2	1280.7	-94.1	<i>Sonneratia Alba</i>		48.22
ST6	19613.3	-109.5	-20.6	<i>Bruguiera Palviflora</i>		79.32
ST7	19763.2	-338.7	26.8	<i>Bruguiera Gymnorrhiza</i>		60.8
ST8	19763.9	-382.2	88.0	<i>Bruguiera Gymnorrhiza</i>	<i>Rhizopora Apiculata</i>	62.46
ST9	18919.2	712.2	76.8	<i>Bruguiera Gymnorrhiza</i>		71.52
ST10	19905.9	413.3	-260.3	<i>Exocaria Agalloca</i>	<i>Nypa Fruticans</i>	93.82



**Gambar 6.** PC1 dan spesies mangrove

Gambar 6 menunjukkan nilai eigen PC1 dan persen tutupan kanopi pada masing-masing stasiun. ST1, ST2, dan ST10 memiliki persamaan, yaitu besaran *eigen value* dan persen tutupan kanopi berbanding lurus. Ketika persentase kanopi wilayah tersebut tinggi, maka eigenvalue juga akan tinggi, begitu pula sebaliknya. Persamaan lainnya dari ketiga stasiun ini adalah keberadaan spesies *Nypa Fruticans* yang cukup dominan. Namun sebaliknya pada spesies *Bruguiera Gymnorrhiza* di ST7, ST8, dan ST9 dimana ST9 dengan tutupan kanopi lebih besar dibandingkan ST7 dan ST8 namun memiliki nilai eigen lebih kecil. ST7 dan ST8 dengan tutupan kanopi yang tidak jauh berbeda menunjukkan nilai eigen yang sama. Hal ini sejalan dengan respon spektral NIR pada Gambar 5(b). ST3, ST4, dan ST6 dengan tutupan spesies *Bruguiera Palviflora* menunjukkan pola yang sama dengan *Bruguiera Gymnorrhiza*, semakin besar persen tutupan maka semakin kecil *eigen value* PC1.

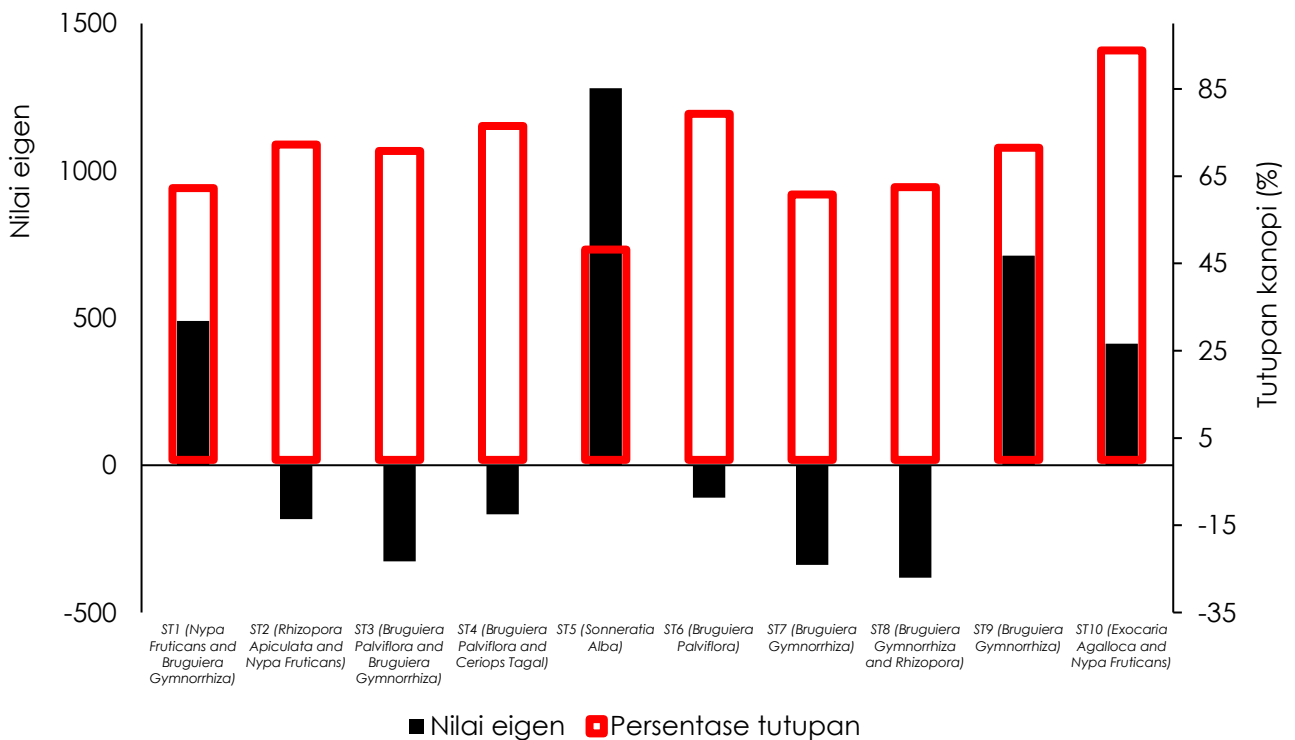
Perbandingan nilai eigen pada PC2 dengan persen tutupan ditunjukkan oleh Gambar 7. Secara umum, PC 2 menunjukkan hubungan yang berkebalikan antara nilai eigen dengan persen tutupan kanopi. Sebagai contoh spesies *Bruguiera palviflora* memiliki tutupan kanopi semakin besar berurutan pada ST3, ST4, dan ST 6 namun nilai eigen semakin mengecil. Begitu juga dengan stasiun lainnya.

Gambar 8 menunjukkan nilai eigen PC3 dengan persenutupan pada masing-masing stasiun. Grafik tersebut tidak menunjukkan hubungan antara nilai eigen dengan persenutupan begitu juga dengan spesies mangrove. Berdasarkan lokasi dari setiap stasiun dapat dilihat bahwa ST dengan kelembaban tanah yang lebih tinggi menghasilkan nilai eigen yang lebih rendah, begitu pula sebaliknya. Hal ini dapat dilihat pada ST5, ST6, ST7, dan ST10 yang berada sangat dekat dengan laut dan anak sungai memiliki nilai eigen yang lebih rendah jika dibandingkan dengan ST3, ST4, dan ST8 yang posisinya lebih terlindung dari air.

Untuk lebih memahami faktor yang menggambarkan variabilitas dari PC maka dilakukan korelasi antara hasil PCA dan spektral band Landsat-8 (Tabel 4). Korelasi tertinggi dari PC1 adalah band 5 (NIR) dan Band 6 (SWIR). PC2 memiliki korelasi tertinggi dengan Band 5, lalu PC3 dengan band 7 (SWIR 2). NIR merupakan band yang sensitif terhadap konten biomassa dan SWIR merupakan band yang mampu membedakan tanah dan vegetasi berdasarkan tingkat kelembabannya (USGS, 2023). Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat dua parameter fisik yang paling berpengaruh pada pemetaan spesies mangrove berdasarkan PCA dengan menggunakan citra penginderaan jauh, yaitu konten dari biomassa mangrove dan faktor tanah. Hal ini sesuai dengan penelitian Ita (2020) yang menunjukkan faktor vegetasi dan tanah pada tanaman mangrove sangat saling terkait dan menunjukkan korelasi yang besar.

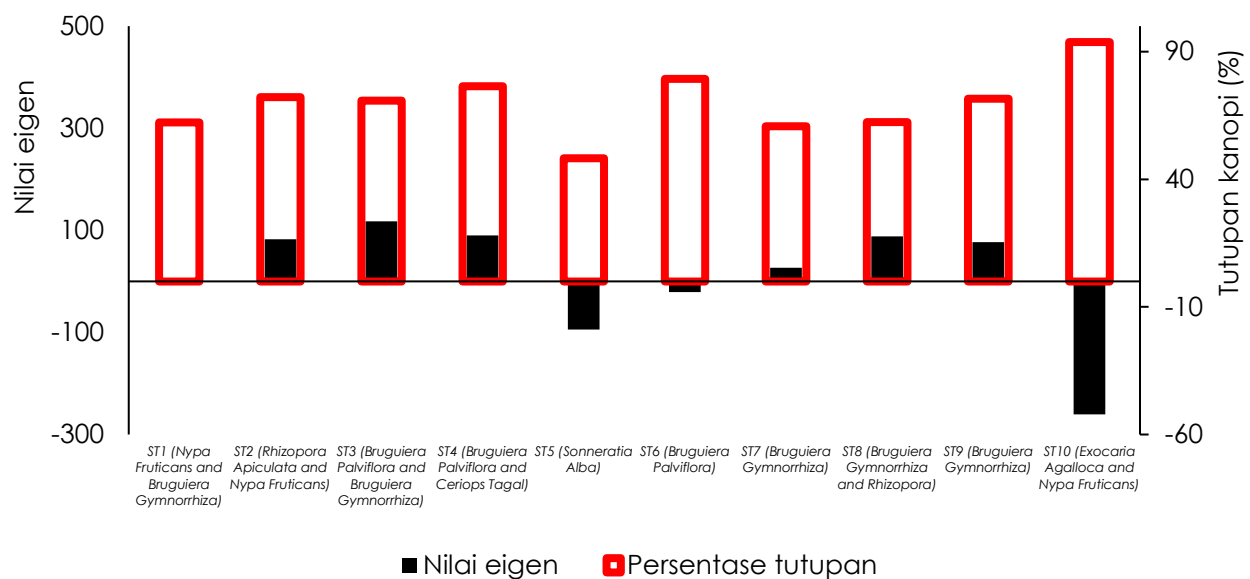
**Tabel 4.** Korelasi PCA dengan Band Spektral Landsat-8

PC/INDEKS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
PC 1	0.3036	0.2528	0.3655	0.1471	0.7251	0.7143	0.2574
PC 2	0.0058	0.0244	0.0014	0.0937	0.9749	0.1054	0.0225
PC 3	0.3308	0.4147	0.4303	0.6311	0.1617	0.3565	0.7581



**Gambar 7.** PC2 dan spesies mangrove





Gambar 8. PC3 dan spesies mangrove

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode PCA pada citra satelit dapat digunakan untuk mengidentifikasi spesies mangrove. Hal ini ditunjukkan dengan hubungan antara spesies mangrove dengan nilai PC dimana spesies *Bruguiera Gymnorhiza* dengan tutupan kanopi yang sama (ST7 dan ST8) memiliki nilai PC yang sama dan spesies berbeda dengan tutupan yang sama pada ST1 dan ST8 menunjukkan nilai PC yang berbeda. Selain itu, metode PCA mampu menunjukkan dua faktor penting dalam mengidentifikasi spesies mangrove, yaitu faktor vegetasi dan tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anshah, S.A., Rosli, S.N., Omar, H., Talib, N., Saad, N.M., & Ghazali, M.D. (2021). Assessment of pleiades satellite image for mangrove family classification. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 620(1), p.012009. doi: 10.1088/1755-1315/620/1/012009.
- Balai Taman Nasional Sembilang, dan Departemen Kehutanan. (2008). Rencana Pengelolaan Jangka Panjang Taman Nasional Sembilang Periode 2009 s/d 2028. Kabupaten Banyuasin. Sumatera Selatan.
- Baloloy, A.B., Blanco, A.C., Ana, R.R.C.S., & Nadaoka, K. (2020). Development and application of a new mangrove vegetation index (MVI) for rapid and accurate mangrove mapping. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 166, 95-117. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2020.06.001.
- Basheer, M.A., Kafrawy, S.B.El, & Mekawy, A.A. (2019). Identification of mangrove plant using hyperspectral remote sensing data along the Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 23(1), 27-36. doi: 10.21608/ejabf.2019.25932.
- Cao, J., Leng, W., Liu, K., Liu, L., He, Z., & Zhu, Y. (2018). Object-Based Mangrove Species Classification Using Unmanned Aerial Vehicle Hyperspectral Images and Digital Surface Models. *Remote Sensing*, 10, p.89. doi: 10.3390/rs10010089.
- Chen, X. (2022). Principal Component Analysis. *Advanced Textbooks in Mathematics*. doi: 10.1142/9781786349378\_0007.
- Dai, H. (2023). Application of PCA Numalgorithm in Remote Sensing Image Processing. *Modern Electronic Technology*. doi: 10.26549/met.v7i1.12317.
- Darko, O.P., Kalacska, M., Arroyo-Mora, J., & Fagan, M. (2021). Spectral Complexity of Hyperspectral Images: A New Approach for Mangrove Classification. *Remote Sensing*, 13, p.2604. doi: 10.3390/rs13132604.

- Desmiwati, D., & Surati, N. (2017). Efforts to resolve the problem of forest area conservation on the national park in the island of Sumatra. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea* 6(2), 135-146. doi: 10.18330/jwallacea.2017.vol6iss2pp135-146.
- Febriansyah, R., Agustriani, F., & Agussalim, A. (2019). Analisis Vegetasi Dan Pemanfaatan Mangrove Oleh Masyarakat Di Solok Buntu Taman Nasional Sembilang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Journal of Tropical Marine Science*, 2(1), 15–22. doi: 10.33019/jour.trop.mar.sci.v2i1.670.
- Febrianto, S., Syafina, H.A., Latifah, N., & Muskananfola, M.R. (2022). Dinamika Perubahan Luasan dan Kerapatan Ekosistem Mangrove Di Kawasan Taman Nasional Sembilang Menggunakan Citra Satelit Landsat 8. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(3), 369–377. doi: 10.14710/jkt.v25i3.14909.
- Frananda, H., Hartono, H., & Jatmiko, R.H. (2018). Komparasi Indeks Vegetasi untuk Estimasi Stok Karbon Hutan Mangrove Kawasan Segoro Anak pada Kawasan Taman Nasional Alas Purwo Banyuwangi, Jawa Timur. *Majalah Ilmiah Globe*, 17(2), 113-123.
- Giri, C. (2021). Recent Advancement in Mangrove Forests Mapping and Monitoring of the World Using Earth Observation Satellite Data. *Remote Sensing*, 13, p.563. doi: 10.3390/rs13040563.
- Heenkenda, M.K., Joyce, K.E., Maier, S.W., & Bartolo, R. (2014). Mangrove Species Identification: Comparing WorldView-2 with Aerial Photographs. *Remote Sensing*, 6(7), 6064-6088. doi: 10.3390/rs6076064.
- Hidayah, Z., Rachman, H.A., & As-Syakur, A.R. (2023.). Pemetaan kondisi hutan mangrove di kawasan pesisir Selat Madura dengan pendekatan Mangrove Health Index memanfaatkan citra satelit Sentinel-2. *Majalah Geografi Indonesia*, 37(1), 84-91. doi: 10.22146/Mgi.78136.
- Hilbert, S., & Bühner, M. (2020). Principal Components Analysis. *Encyclopedia of Personality and Individual Differences*. doi: 10.1007/978-3-319-24612-3\_1340.
- Ita, R.E. (2020). Species Characterization in Relation To Edaphic Factors in a Mangrove Swamp Forest: an Ordination Approach. *Tropical Agrobiodiversity*, 1(1), 07–12. doi: 10.26480/trab.01.2020.07.12
- Hutasoit.H.Y, Melki, & Sarno. (2017). Struktur Vegetasi Mangrove Alami di Areal Taman Nasional Sembilang Banyuasin Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 9(1), 1–8.
- Kamal, M., & Phinn, S. (2011). Hyperspectral Data for Mangrove Species Mapping: A Comparison of Pixel-Based and Object-Based Approach. *Remote Sensing*. 3, 2222-2242. doi: 10.3390/rs3102222.
- Karimzadeh, S., Kamran, K.V., & MahdaviFard, M. (2023). A multisensor satellite image classification for the detection of mangrove forests in Qeshm Island (Southern Iran). *Applied Geomatics* 15, 177–188. doi: 10.1007/S12518-022-00475-7.
- Kurita, T. (2020). Principal Component Analysis (PCA). In *Computer Vision* pp 1–4. doi: 10.1007/978-3-030-03243-2\_649-1.
- Kusmana, C., Istomo, & Wibowo, C. (2008). *Manual Silvikultur Mangrove di Indonesia*. Korea International Cooperation Agency (Koica). Jakarta.
- Kusrini, K., Jumaris, J., & Abdullah, T. (2018). Pengaruh Aktivitas Masyarakat Terhadap Kerapatan Hutan Mangrove di Pulau Mare Maluku Utara. *Jurnal Edukasi*, 16(1), 48-61. doi: 10.33387/j.edu.v16i1.621.
- Lan, G., Jiang, X., Xu, D., Guo, X., Wu, Y., Liu, Y., & Yang, Y. (2023). Ecological vulnerability assessment based on remote sensing ecological index (RSEI): A case of Zhongxian County, Chongqing. *Frontiers Environmental Science*, 10, p.1074376. doi: 10.3389/Fenvs.2022.1074376.
- Li, E., Xia, J., Du, P., Lin, C., & Samat, A. (2017). Integrating Multilayer Features of Convolutional Neural Networks for Remote Sensing Scene Classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(10), 5653–5665. doi: 10.1109/TGRS.2017.2711275.
- McGuirk, S.L., & Cairns, I.H. (2022). Soil moisture prediction with multispectral visible and NIR remote sensing. *ISPRS Annals of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, V-3-2022, 447–453. doi: 10.5194/Isprs-Annals-V-3-2022-447-2022.
- Muarif., Ario, D., Sigid, H., Mennofatria, B., & Dewayani, S. (2016). Tingkat Kepekaan Mangrove Indonesia Terhadap Tumpahan Minyak. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 23(3), 374-380. doi: 10.22146/jml.22476.
- Nagarajan, P., Rajendran, L., Pillai, N. D., & Lakshmanan, G. (2022). Comparison of machine learning algorithms for mangrove species identification in Malad creek, Mumbai using WorldView-2 and Google Earth images. *Journal Coast Conservation*, 26, p.44. doi: 10.1007/s11852-022-00891-2.

- Nurhaliza, A. P., Damayanti, A., & Dimiyati, M. (2021). Monitoring Area and Health Changes of Mangrove Forest Using Multitemporal Landsat Imagery in Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 673(1), p.012050. doi: 10.1088/1755-1315/673/1/012050.
- Poedjirahajoe, E., Djoko, M., & Frita, K.W. (2017). Penggunaan Principal Component Analysis dalam Distribusi Spasial Vegetasi Mangrove di Pantai Utara Pemalang. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 11, 29-42. doi: 10.22146/jik.24885.
- Prasad, K.A., & Gnanappazham, L. (2016). Multiple statistical approaches for the discrimination of mangrove species of Rhizophoraceae using transformed field and laboratory hyperspectral data. *Geocarto International*, 31(8), 891–912. doi: 10.1080/10106049.2015.1094521
- Prasad, K.A., Gnanappazham, L., Selvam, V., Ramasubramanian, R., & Kar, C.S. (2022). Spectral library database for the mangroves of India. Remote Sensing and GIS Laboratory, Department of Earth and Space Sciences, Indian Institute of Space Science and Technology, Valiamala, Thiruvananthapuram 695547, India. doi: 10.1080/10106049.2014.985743.
- Purwanto, R.H., Mulyana, B., Satria, R.A., Yasin, E.H.E., Putra, I.S.R., & Putra, A.D. (2022). Spatial distribution of mangrove vegetation species, salinity, and mud thickness in mangrove forest in Pangarengan, Cirebon, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(3), 1383–1391. doi: 10.13057/biodiv/d230324.
- Quang, N.H., Quinn, C., Stringer, L.C., Carrie, R., Hackney, C.R., Van Hue, L.T., Van Tan, D., & Nga, P.T.T. (2020). Multi-Decadal Changes in Mangrove Extent, Age and Species in the Red River Estuaries of Viet Nam. *Remote Sensing*, 12(14), p.2289. doi: 10.3390/rs12142289.
- Rahmandhana, A., Kamal, M., & Wicaksono, P. (2022). Spectral Reflectance-Based Mangrove Species Mapping from WorldView-2 Imagery of Karimunjawa and Kemujan Island, Central Java Province, Indonesia. *Remote Sensing*, 14, p.183. doi: 10.3390/Rs14010183.
- Sabriyati, D., Maulidina, A., & Zulfikar, A. (2023). Mangrove Density Mapping from Landsat 8/9 OLI Imagery in Dompok Island, Indonesia: A Study from 2017 to 2022. *BIO Web of Conferences*, 70, p.01010. doi: 10.1051/bioconf/20237001010.
- Sanam, H., Mathai, A., & Lakshmanan, G. (2023). Multi-resolution remote sensing for the specieslevel classification of mangroves. *2023 International Conference on Machine Intelligence for GeoAnalytics and Remote Sensing*, 1, 1-4. doi: 10.1109/MIGARS57353.2023.10064566.
- Senocaji, G., & Hidayat, M.F. (2016). Peranan Ekosistem Mangrove di Kota Pesisir Bengkulu Dalam Mitigasi Pemanasan Global Melalui Penyimpanan Karbon. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 23(3), 327-333. doi: 10.22146/jml.18806.
- Singh, S.G., Vennila, A., Singh, R., Bharti, V.S., Shukla, S.P., & Purushothaman, C.S. (2023). Standing carbon stock of Thane Creek mangrove ecosystem: An integrated approach using allometry and remote sensing techniques. *Regional Studies in Marine Science*, 67, p.103207. doi: 10.1016/j.rsma.2023.103207.
- Sitepu, B.S., Mukhlisi, A.R.C.M., Atmoko, T., & Adman, B.I.P. (2023). *Camptostemon philippinensis*, a new record of endangered mangrove species in the Balikpapan Bay, East Kalimantan, Indonesia. *F1000Research* 2023, 12, p.1394. doi: 10.12688/F1000research.140887.1.
- Subagiyo, L., Herliani, Sudarman, & Haryanto, Z. (2019). Literasi Hutan Tropis Lembab & Lingkungannya. Mulawarman University Press. Samarinda.
- Suryono, Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R., & Rozy, E.F. (2018). Estimasi Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(1), 1-8. doi: 10.14710/buloma.v7i1.19036.
- Tefas, A., & Pitas, I. (2011). Principal Component Analysis (1st Edition). BookIntelligent Systems CRC Press LLC.
- Thakur, S., Mondal, I., Ghosh, P.B., Das, P., & De, T.K. (2020). A review of the application of multispectral remote sensing in the study of mangrove ecosystems with special emphasis on image processing techniques. *Spatial Information Research*, 28, 39–51. doi: 10.1007/s41324-019-00268-y.
- Ulqodry, T., Nose, A., & Zheng, S. (2016). An improved method for the simultaneous determination of photosynthetic O<sub>2</sub> evolution and CO<sub>2</sub> consumption in *Rhizophora mucronata* leaves. *Photosynthetica*, 53, 152-157. doi: 10.1007/s11099-015-0166-6.
- USGS. (2023). What are the best Landsat spectral bands for use in my research? <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-best-landsat-spectral-bands-use-my-research>.

- Wang, D., Wan, B., Qiu, P., Su, Y., Guo, Q., & Wu, X. (2018). Artificial Mangrove Species Mapping Using Pléiades-1: An Evaluation of Pixel-Based and Object-Based Classifications with Selected Machine Learning Algorithms. *Remote Sensing*, 10(2), p.294. doi: 10.3390/Rs10020294.
- Weiss, M., & Baret, F. (2017). Can\_Eye V6.4.91 User Manual. 56. <https://www6.paca.inra.fr/can-eye/News/CAN-EYE-V6.49-Release>.
- Weiwei Cai, & Wei, Z. (2020). Remote Sensing Image Classification Based on a Cross-Attention Mechanism and Graph Convolution. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 19. doi: 10.1109/LGRS.2020.3026587.
- Wijaya, N.I., & Huda, M. (2018). Monitoring sebaran vegetasi mangrove yang direhabilitasi di Kawasan Ekowisata Mangrove Wonorejo Surabaya. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(3), 747–756. doi: 10.29244/jitkt.v10i3.21271.
- Winarso, G., Rosid, M.S., Kamal, M., Asriningrum, W., Margules, C., & Supriatna, J. (2023). Comparison of Mangrove Index (MI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for the detection of degraded mangroves in Alas Purwo Banyuwangi and Segara Anakan Cilacap, Indonesia. *Ecological Engineering*, 197, p.107119. doi: 10.1016/j.ecoleng.2023.107119.
- Xia, J., Yokoya, N., & Pham, T.D. (2020). Probabilistic Mangrove Species Mapping with Multiple-Source Remote-Sensing Datasets Using Label Distribution Learning in Xuan Thuy National Park, Vietnam. *Remote Sensing*, 12, p.3834. doi: 10.3390/rs12223834.
- Zeng, Y., Hao, D., Badgley, G., Damm, A., Rascher, U., Ryu, Y., Johnson, J., Krieger, V., Wu, S., Qiu, H., Liu, Y., Berry, J. A., & Chen, M. (2021). Estimating near-infrared reflectance of vegetation from hyperspectral data. *Remote Sensing of Environment*, 267, p.112723. doi: 10.1016/j.rse.2021.112723.
- Zainuri, A. M., Anang, T., & Amir, S. (2017). Konservasi Ekologi Hutan Mangrove di Kecamatan Mayangan Kota Probolinggo. *Jurnal Dedikasi*, 14(1), 1-7. doi: 10.22219/dedikasi.v14i0.4292.
- Zhang, C., Kovacs, J., Liu, Y., Flores-Verdugo, F., & Flores-de-Santiago, F. (2014). Separating Mangrove Species and Conditions Using Laboratory Hyperspectral Data: A Case Study of a Degraded Mangrove Forest of the Mexican Pacific. *Remote Sensing*, 6, 11673-11688. doi: 10.3390/rs61211673.
- Zimudzi, E., Sanders, I., Rollings, N., & Omlin, C.W. (2021). Remote sensing of mangroves using unmanned aerial vehicles: current state and future directions. *Journal of Spatial Science*, 66(2), 195-212. doi: 10.1080/14498596.2019.1627252.
- Zulfa, A., Norizah, K., Hamdan, O., Faridah-Hanum, I., Rhyma, P., & Fitrianto, A. (2021). Spectral signature analysis to determine mangrove species delineation structured by anthropogenic effects. *Ecological Indicators*, 130, p.108148. doi: 10.1016/j.ecolind.2021.108148.