



## Pemetaan Kerapatan Mangrove Berbasis NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) Menggunakan Citra PlanetScope Pada Sebagian Wilayah Konsesi PT. Kandelia Alam

### *Mangrove Density Mapping Based on NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Using PlanetScope Imagery in Some Areas of PT. Kandelia Alam Concession*

Erisa Ayu Waspadi Putri<sup>1,\*</sup>, Siti Puji Lestariningsih<sup>1</sup>, Joko Nugroho Riyono<sup>1</sup>, Wikan Jaya Prihantarto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura, Pontianak

<sup>2</sup>Program Studi Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang, Kota Padang

#### Correspondence :

\*erisaayu@fahutan.untan.ac.id

#### Keywords :

Mangrove  
NDVI  
PlanetScope  
Density Mapping

#### Article Information :

Submitted: August, 2023  
Accepted: September, 2023  
Published: October, 2023

DOI: [10.35308/jlik.v5i2.8180](https://doi.org/10.35308/jlik.v5i2.8180)

#### Abstract

Mangrove forests are unique ecosystems with an important role in the lives of living creatures, and therefore making them as an interesting object to study. However, exploration of mangrove ecosystems in general is relatively difficult, especially due to the difficulty of accessing terrain, especially in primary mangrove ecosystems. For this reason, the use of remote sensing as technology could be a solution as it derives various biophysical information on mangroves without direct contact with the object. One of the main mangroves biophysical information derived through remote sensing is the vegetation density, which is an indicator of health conditions, productivity, number of individuals and biomass reserves. This information could be obtained by transforming various vegetation indices, including NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). The NDVI transformation in the research applied to PlanetScope imagery with a spatial resolution of 3 meters in selected areas of PT. Kandelia Alam concession. The results of NDVI index analysis indicated that mangrove vegetation in the study area ranged from 0.5 to 0.9, where the higher the index value indicated the higher the mangrove density. Verification of NDVI transformation results was carried out qualitatively by comparing true and false color composite images directly. Based on the series of processes carried out, it was observed that the majority of mangroves in the study area had medium to high-density level.

## PENDAHULUAN

Hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem dengan produktivitas dan biodiversitas sangat tinggi dibanding dengan ekosistem hutan lainnya sehingga memberikan jasa lingkungan yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup (Imran, 2016). Secara ekologis, hutan mangrove merupakan ekosistem hutan tropis dan subtropis yang tumbuh pada zona peralihan antara daratan dan lautan dimana masih terpengaruh pasang surut air laut (Nanlohy & Masniar, 2020). Pentingnya peran dari ekosistem mangrove mengakibatkan banyak pihak yang tertarik untuk mengeksplorasi ekosistem tersebut dalam berbagai peruntukan. Namun sebagai vegetasi yang tumbuh pada ekosistem yang unik, umumnya hutan mangrove relative sulit dijangkau terutama pada mangrove primer dengan kerapatan tinggi. Sehingga identifikasi, penelitian, ataupun eksplorasi terhadap ekosistem mangrove memerlukan upaya lebih dari segi waktu, biaya, ataupun tenaga.

Perusahaan Terbuka (PT) Kandelia Alam merupakan salah satu perusahaan yang memegang Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH) untuk mengelola 18.041.62 Ha kawasan hutan mangrove di Kecamatan Kubu, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan No. 249/MENHUT-II/2008 Tanggal 24 Juni 2008 *jis.* Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. : SK.558/MENLHK/SETJEN/HPL.0/9/2021 Tanggal 3 September 2021 *jis.* Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. : SK.295/MENLHK/SETJEN/HPL.1/3/2023 Tanggal 31 Maret 2023. Orientasi bisnis perusahaan tersebut mulanya mengarah pada penghasil kayu sebagai bahan baku industri chip sehingga mayoritas kegiatan perusahaan tersebut adalah penebangan. Namun seiring perkembangan regulasi, Pemanfaatan Hutan pada Hutan Produksi dapat dilakukan dengan multiusaha kehutanan, yang mana setiap PBPH dapat menjalankan lebih dari 1 (satu) orientasi bisnis. Perusahaan direncanakan kedepan akan mengembangkan multiusaha kehutanan jasa lingkungan, berupa wisata alam (ekowisata),

pemulihan lingkungan (penyerapan dan atau penyimpanan karbon). Dalam pelaksanaannya kegiatan Multiusaha Kehutanan tidak harus melakukan addendum Amdal kecuali bagi lokasi tapak berdampak penting yg mengubah bentang alam

Mengingat luasnya area konsesi perusahaan tersebut, diperlukan berbagai teknologi dan inovasi yang dapat memudahkan berbagai proses pengelolaan mangrove. Diantaranya adalah penggunaan penginderaan jauh pada proses identifikasi, inventarisasi, monitoring maupun analisis lebih lanjut terkait pengelolaan mangrove. Teknologi penginderaan jauh dapat digunakan untuk menderivasi informasi tanpa kontak langsung dengan objek (Putri et al., 2019) sehingga dapat memberikan berbagai informasi terkait ekosistem mangrove secara cepat, efektif, dan efisien.

Salah satu informasi biofisik mangrove yang paling sering diderivasi melalui citra penginderaan jauh adalah kerapatan vegetasi (Philiari et al., 2016; Muhaimin et al., 2016; Silitonga et al., 2018; Muzakki et al., 2022; Simarmata et al., 2021; Safitri et al., 2023). Kerapatan vegetasi merupakan informasi penting yang dapat mengindikasikan berbagai kondisi dari vegetasi yang bersangkutan (Simarmata et al., 2021). Kerapatan vegetasi mangrove dapat mengindikasikan tingkat kesehatan (Waas et al., 2010; Muzakki et al., 2022), produktivitas (Jayanthi & Arico, 2017), maupun dapat ditransformasikan untuk perhitungan biomassa (Karmila et al., 2020). Melalui citra penginderaan jauh, informasi kerapatan vegetasi dapat diperoleh dengan mentransformasikan nilai piksel citra menjadi nilai indeks kerapatan vegetasi.

Seiring perkembangan jaman dan teknologi, berbagai macam indeks vegetasi dikembangkan untuk mendapatkan pemodelan kerapatan vegetasi yang representative. Salah satu transformasi indeks vegetasi yang paling sering digunakan dalam pemetaan kerapatan mangrove diantaranya adalah NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (Waas et al., 2010; Karmila et al., 2020; Nono, et al., 2021; Muzakki et al., 2022). Indeks NDVI memperkirakan tingkat kerapatan vegetasi dengan mempertimbangkan pantulan spectral pada saluran gelombang merah dan inframerah dekat.

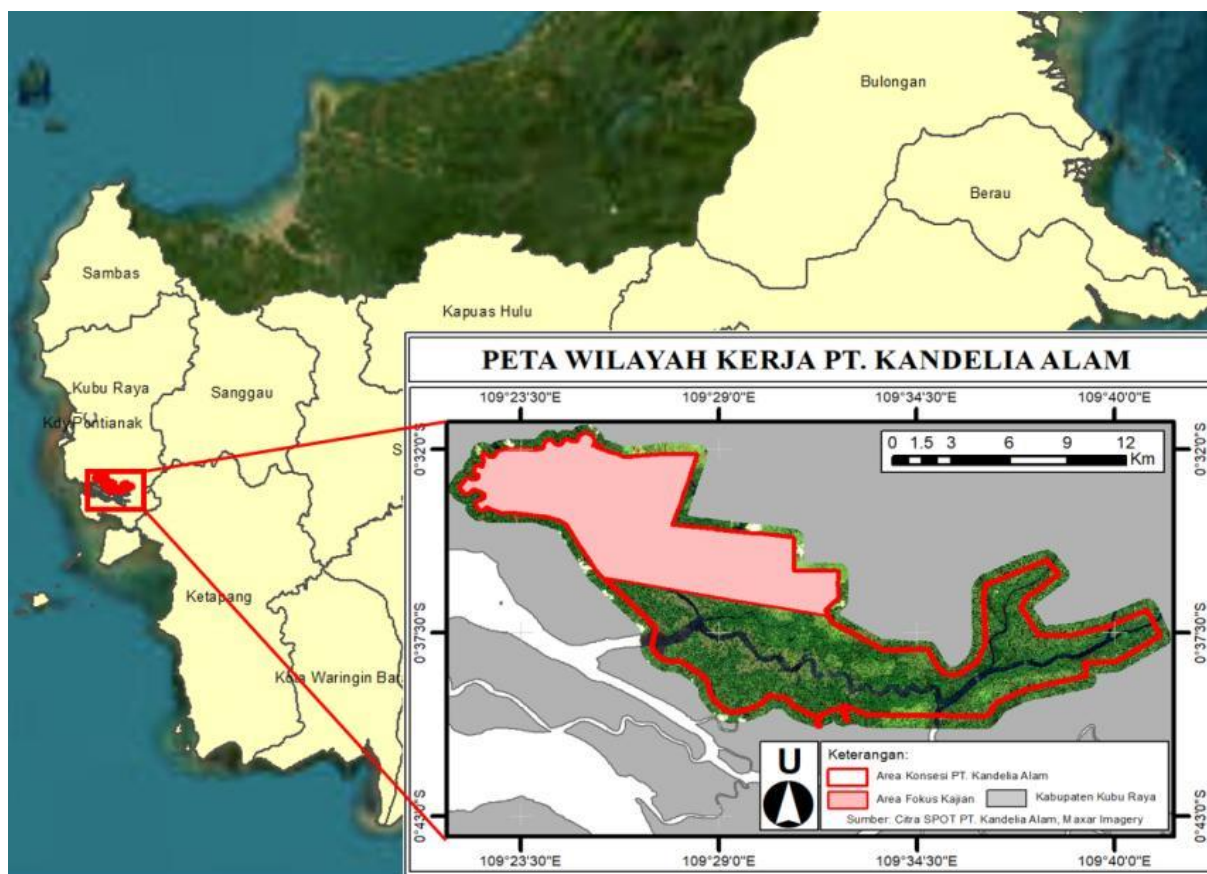
Pertimbangan kedua saluran tersebut dikarenakan tingginya respon spektral objek vegetasi pada saluran merah oleh karena kandungan klorofil dan adanya jaringan sponsi pada saluran inframerah dekat (Jensen, 2007).

**METODE**

**Pemilihan Wilayah Kajian**

Pemetaan kerapatan mangrove pada penelitian kali ini difokuskan pada sebagian wilayah konsesi PT. Kandelia Alam yang terletak pada Kecamatan Kubu, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat seperti ditunjukkan gambar 1. Fokus kajian pada sebagian wilayah konsesi saja dikarenakan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan citra dengan resolusi spasial tinggi yaitu PlanetScope. PlanetScope (Sesama et al., 2021) merupakan citra dengan

resolusi spasial mencapai 3 meter untuk saluran multispektral sehingga berimplikasi pada beratnya *image processing* dalam transformasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) apabila diterapkan pada seluruh wilayah konsesi. Disamping itu, diperlukan beberapa *scene* citra yang berbeda untuk meng-cover seluruh wilayah konsesi PT. Kandelia Alam juga menjadi pertimbangan dalam pemilihan AOI (*Area of Interest*) penelitian ini. Perbedaan *scene* tersebut dapat mengakibatkan perbedaan kualitas radiometric antar *scene*, meskipun produk yang digunakan memiliki level koreksi yang sama. Sehingga penelitian ini merupakan suatu model dan contoh yang diharapkan dapat digunakan sebagai dasar dalam penelitian ataupun pekerjaan terkait selanjutnya.



**Gambar 1.** Peta area kajian yang berada di sebagian wilayah konsesi PT. Kandelia Alam

**Sumber Data dan Pre-processing Citra**

Citra PlanetScope sebagai sumber data utama dalam penelitian ini diperoleh dengan mengunduh tanggal perekaman terpilih melalui

laman Planet.com setelah mengajukan permohonan akses terhadap data secara terbatas. PlanetScope merupakan citra dengan resolusi spasial multispektral 3 meter yang memiliki saluran merah

dan inframerah dekat sehingga dapat digunakan dalam transformasi Indeks Vegetasi. Secara lebih detil, data PlanetScope yang digunakan dalam penelitian ini adalah *PlanetScope Ortho Scene Product* (Level 3B) perekaman tanggal 17 Januari 2023. Level 3B PlanetScope (Sesama et al., 2021) berarti bahwa citra tersebut sudah dilakukan koreksi geometric dan radiometric sehingga siap untuk digunakan analisis selanjutnya, termasuk NDVI. Sehingga tahap *pre-processing* yang diterapkan pada penelitian ini hanya sebatas konversi nilai piksel (*Digital Number-DN*) menjadi *Radiance* dan *masking* objek yang dapat mengakibatkan *bias* pada hasil transformasi indeks kerapatan vegetasi.

### Transformasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

NDVI merupakan salah satu indeks vegetasi yang paling sering digunakan dalam pemetaan kerapatan mangrove (Philiani et al., 2016; Muhaimin et. al, 2016; Silitonga et al., 2018; Muzakki et al., 2022; Simarmata et al., 2021; Safitri et al., 2023). NDVI dapat diterapkan pada berbagai jenis citra dengan resolusi spasial yang beragam pula; selama citra yang bersangkutan memiliki saluran merah dan inframerah dekat. Berdasarkan kedua saluran tersebut, kerapatan vegetasi menggunakan NDVI dapat diperoleh melalui formulasi berikut:

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)} \quad (1)$$

Dimana:

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = *Near-Infrared band* atau saluran Inframerah dekat (saluran 8 pada PlanetScope)

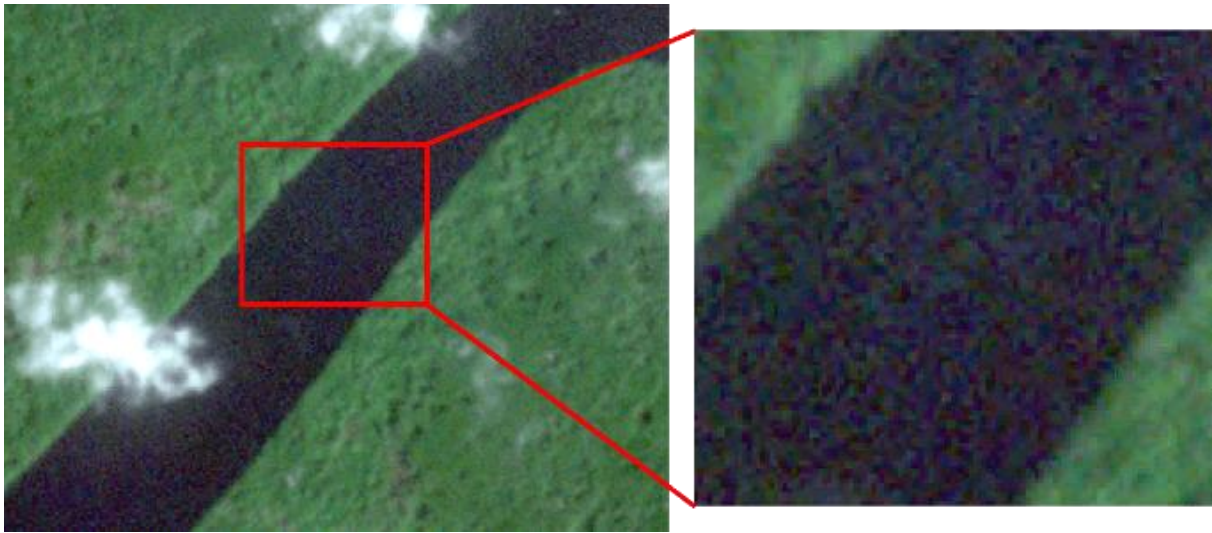
Red = saluran gelombang merah (saluran 6 pada PlanetScope)

Hasil transformasi tersebut selanjutnya diklasifikasikan menjadi empat kelas kerapatan vegetasi yakni (1) Sangat rendah, (2) Rendah, (3) Sedang, dan (4) Tinggi; serta satu kelas Non vegetasi. Terhadap kelas kerapatan mangrove hasil dari transformasi NDVI, selanjutnya dilakukan validasi pada *true-color* maupun *false-color composite* (Pradipta et al., 2019) citra PlanetScope. Validasi dilakukan secara langsung dengan membandingkan hasil kelas kerapatan vegetasi dengan kenampakan asli pada citra tersebut. Perbandingan langsung memungkinkan dilakukan menggunakan citra dengan resolusi tinggi (dalam hal ini 3 meter) oleh karena objek mangrove nampak jelas dan mudah dikenali secara visual.

## PEMBAHASAN

### Persiapan Data

*Masking* citra ditujukan untuk mengeliminasi gangguan atmosferik ataupun kenampakan objek yang dapat mengakibatkan *bias* terhadap nilai hasil transformasi. Objek yang dieliminasi pada tahap *masking* adalah awan, bayangan awan, dan sungai. Secara teori, objek air (dalam hal ini sungai) memiliki *range* nilai -1 hingga mendekati 0 (Safitri et al., 2023) pada hasil transformasi NDVI. *Range* nilai tersebut pada penelitian-penelitian terdahulu dapat otomatis terklasifikasi menjadi objek non-vegetasi. Namun hal tersebut berlaku pada transformasi menggunakan citra resolusi spasial rendah hingga menengah (Philiani et al., 2016; Muhaimin et. al, 2016; Silitonga et al., 2018; Muzakki et al., 2022; Simarmata et al., 2021; Safitri et al., 2023). Sehingga oleh karena tingginya resolusi spasial PlanetScope maka *masking* objek air (sungai) tetap perlu dilakukan; terlebih dijumpai efek *salt and pepper* (Yogesh & Yogendra, 2013) pada objek tersebut seperti ditunjukkan gambar 2.



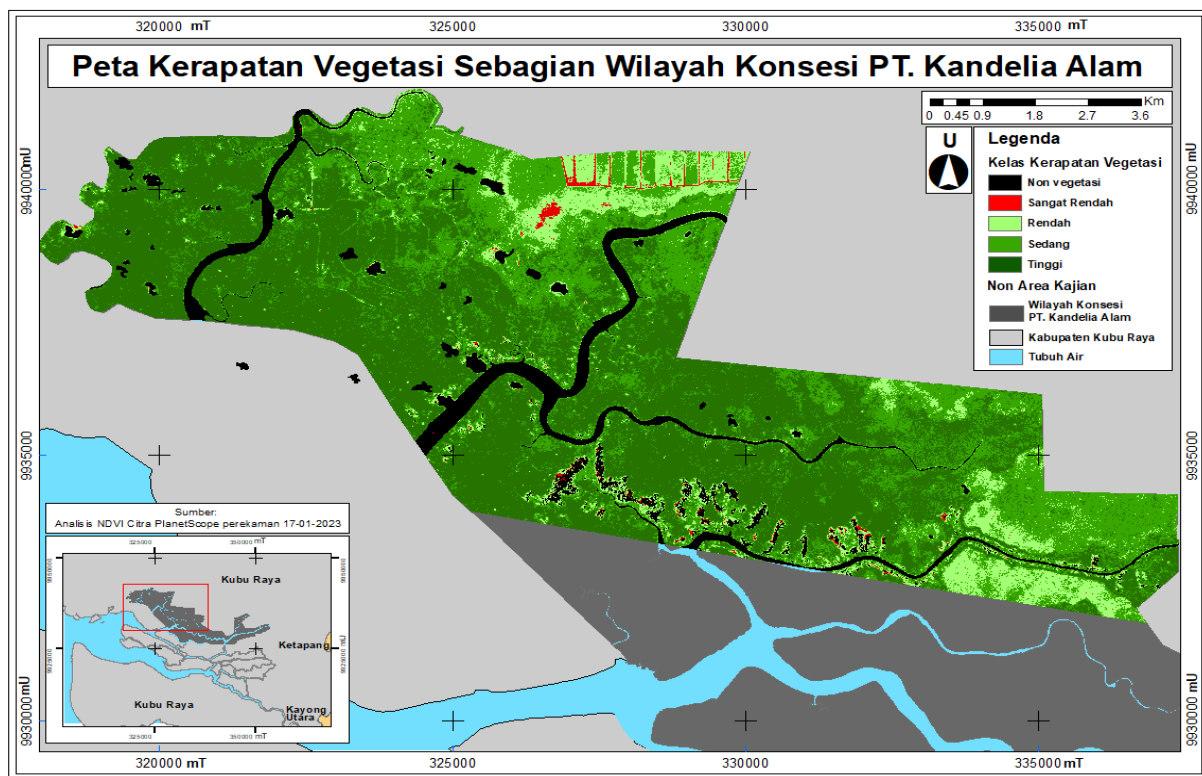
**Gambar 2.** Efek *salt and pepper* pada citra PlanetScope yang dapat mengakibatkan *bias* terhadap range nilai hasil transformas

### Transformasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

Transformasi NDVI diterapkan pada citra yang telah dikonversi dalam nilai *Radianse* dan bebas dari potensi objek penyebab *bias*. Berdasarkan teori terkait NDVI, *range* nilai hasil transformasi berkisar antara -1 hingga 1 (Philiani et al., 2016; Muhaimin et al., 2016; Silitonga et al., 2018; Muzakki et al., 2022; Simarmata et al., 2021; Safitri et al., 2023). Namun *range* nilai NDVI yang menunjukkan tingkat kerapatan mangrove pada AOI sebesar 0.54 hingga 0.97. Hal tersebut dikarenakan kenampakan non vegetasi yang signifikan telah dieliminasi terlebih dahulu pada proses *masking*. Disamping itu, kenampakan pada *scene* citra yang diolah relative homogen yakni dominan vegetasi (baik mangrove maupun non-mangrove).

Terhadap hasil transformasi, klasifikasi dilakukan dengan metode *natural break (Jenks)*

(Chen et al., 2013) dengan penyesuaian. Penyesuaian yang diterapkan yakni pada kelas kerapatan vegetasi Sedang dan Tinggi. Kedua kelas tersebut secara *default range* dari penggunaan metode *natural break* tergabung menjadi satu kelas, yakni kelas kerapatan keempat (paling tinggi). Namun karena jumlah populasi piksel yang terkategori dalam kelas tersebut cukup banyak maka pada penelitian ini dibedakan menjadi dua kelas yakni kerapatan sedang dan tinggi. Pembagian kelas pada *range* tersebut menjadi dua kelas memberikan hasil yang lebih detil lagi seperti ditunjukkan pada gambar3. Berdasarkan peta hasil analisis (gambar 3), dapat diketahui bahwa mangrove di sebagian wilayah konsesi PT. Kandelial Alam (area AOI) merupakan mangrove dengan tingkat kerapatan tinggi. Sedangkan hanya sebagian kecil saja yang merupakan mangrove kerapatan sangat rendah.



**Gambar 3.** Peta kerapatan mangrove berbasis NDVI pada sebagian wilayah konsesi PT. Kandelia Alam

Beberapa zona yang termasuk dalam kelas kerapatan vegetasi sangat rendah merupakan kawasan restorasi yang dilakukan oleh PT. Kandelia Alam. Merujuk pada penjelasan General Manager (GANISPH Perencanaan Hutan) PT. Kandelia Alam dalam diskusi bersama dengan Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura tanggal 17 Maret 2023,

terdapat beberapa lokasi pada wilayah konsesi PT. Kandelia Alam yang tengah dalam proses restorasi. Kegiatan restorasi tersebut difokuskan untuk melakukan pemulihan lingkungan (restorasi hutan bakau) dengan melakukan rehabilitasi/penanaman pada areal non hutan (semak/belukar dan tanah terbuka) dengan waktu tanam yang berbeda-beda.




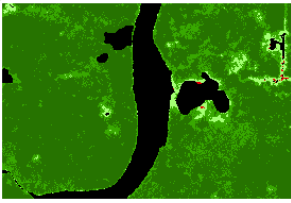



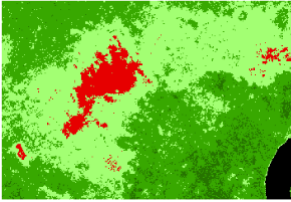
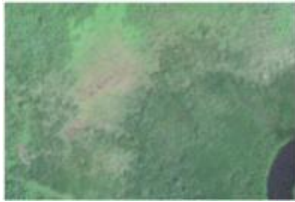


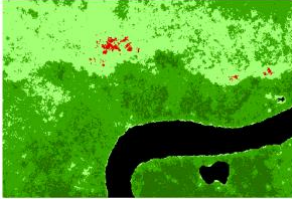


**Gambar 4.** Kenampakan objek perkebunan sawit (lingkaran merah) dan kawasan restorasi (lingkaran kuning) yang terklasifikasi sebagai vegetasi kerapatan sangat rendah pada wilayah kajian


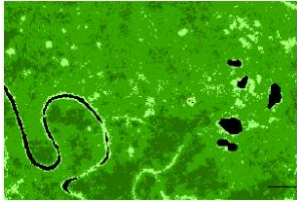



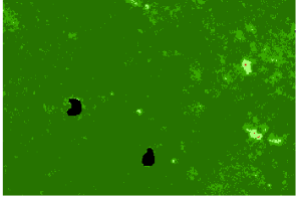


Restorasi tahun terlama dilakukan pada tahun 2015 sedangkan tahun terdekat baru dilaksanakan sekitar tahun 2022 dan 2023. Sehingga berdasarkan penjelasan tersebut, kelas kerapatan sangat rendah menunjukkan area-area yang baru dilakukan restorasi mangrove. Kenampakan kelas tersebut pada bagian atas dimana membentuk pola kotak-kotak bukanlah area mangrove sebagaimana ditunjukkan gambar 4. Kenampakan tersebut merupakan lahan perkebunan sawit yang berdasarkan Peta Kawasan Hutan Konservasi Perairan Provinsi Kalimantan Barat Skala 1:250.00 (Lampiran Keputusan Menteri Kehutanan No. 733/Menhut-II/2014 Tanggal 2 September 2014) dan ditetapkan melalui Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. SK.295/MENLHK/SETJEN/HPL.1/3/2023 Tanggal 31 Maret 2023 sudah menjadi Area Penggunaan Lain (APL) dan tidak lagi termasuk dalam wilayah konsesi PT. Kandelial Alam.

**Verifikasi hasil pemetaan kerapatan mangrove**

Pengenalan jenis objek tutupan lahan pada area kajian menjadi cukup mudah dilakukan oleh karena tingginya resolusi citra yang digunakan. Citra PlanetScope yang memiliki resolusi spasial 3 meter mampu menunjukkan kenampakan objek dengan cukup jelas. Menggunakan citra resolusi spasial tinggi, kenampakan objek nampak jelas seperti yang dilihat oleh mata manusia. Hal tersebut mengakibatkan pengenalan tutupan lahan termasuk juga kerapatan vegetasi menjadi lebih mudah dilakukan. Berdasarkan hal tersebut, proses verifikasi terhadap hasil transformasi kerapatan vegetasi pada wilayah kajian dapat dilakukan secara kualitatif dengan interpretasi visual terhadap citra *true* ataupun *false color composite* (Pradipta et al., 2019) menggunakan unsur-unsur interpretasi (Somantri, 2008). Secara lebih detail, perbandingan kelas kerapatan mangrove hasil transformasi NDVI dengan citra komposit ditampilkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Perbandingan hasil transformasi kerapatan mangrove menggunakan NDVI dengan kenampakan objek pada citra komposit warna asli (*true color composite*) dan semu (*false color composite*)

No	Kelas kerapatan vegetasi (NDVI)	Kenampakan pada citra		
		Hasil klasifikasi	<i>True color composite</i>	<i>False color composite</i>
1	Non vegetasi (<0.5) 			
2	Sangat Rendah (0.5 – 0.85) 			
3	Rendah (0.85 – 0.9) 			

No	Kelas kerapatan vegetasi (NDVI)	Kenampakan pada citra		
		Hasil klasifikasi	True color composite	False color composite
4	Sedang (0.9 – 0.93) 			
5	Tinggi (>0.93) 			

Sumber: Pengolahan data primer, 2023

Berdasarkan tabel tersebut, nampak sangat jelas perbedaan kerapatan mangrove antar kelas kerapatan. Perbandingan hasil pemetaan menunjukkan semakin tinggi kerapatannya maka kenampakan vegetasi memiliki tekstur yang semakin halus dan warna merah (pada *false color composite*) yang makin pekat. Tekstur yang cenderung halus dalam unsur interpretasi citra penginderaan jauh mengindikasikan tingginya homogenitas objek. Sedangkan kepekatan warna merah pada komposit warna semu menunjukkan semakin tingginya pantulan spektral pada saluran inframerah dekat akibat banyaknya tumpukan individu daun pada yang membentuk kanopi. Sehingga pada kelas vegetasi kerapatan rendah, teksturnya nampak kasar oleh karena kombinasi piksel dari objek non-vegetasi (tanah) dengan vegetasi; serta warna merah yang semakin muda (memudar) pada komposit warna semu.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Pemetaan kerapatan vegetasi melalui pendekatan penginderaan jauh dapat memudahkan PT. Kandelia Alam dalam monitoring evaluasi maupun pengelolaan wilayah konsesinya, meningkat luas wilayah konsesi yang mencapai 18.041.62 Ha. Hasil transformasi NDVI menunjukkan bahwa sebagian besar mangrove di *area of interest* (AOI) penelitian ini yang mencakup sebagian wilayah konsesi PT. Kandelia alam memiliki kerapatan tinggi dan sedang, dengan *range* nilai vegetasi

mangrove bekisar antara 0.5 hingga 0.97. Penggunaan PlanetScope dengan resolusi spasial 3 meter dalam transformasi NDVI memberikan keunggulan hasil pemetaan kerapatan vegetasi yang detil dibanding penggunaan Landsat ataupun SPOT. Disamping itu, tingginya resolusi spasial PlanetScope juga memungkinkan diterapkannya verifikasi hasil transformasi NDVI secara visual berdasarkan pengenalan unsur interpretasi citra. Namun untuk mendapatkan informasi yang lebih detil dan akurat atas kerapatan vegetasi pada area kajian, diperlukan integrasi nilai kerapatan mangrove di lapangan sehingga model transformasi NDVI lebih akurat.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih penulis ucapkan kepada Planet Labs (planet.com) yang telah memberikan akses kepada penulis untuk mendapatkan data PlanetScope yang digunakan dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada PT. Kandelia Alam yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

Chen, J., Yang, S., Li, H., Zhang, B., & Lv, J. (2013). Research on geographical environment unit division based on the method of natural breaks (Jenks). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*



- *ISPRS Archives*, 40(4W3), 47–50.  
<https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-4-W3-47-2013>
- Imran, E. I. (2016). Inventarisasi Mangrove di Pesisir Pantai Cemara Lombok Barat. *Jurnal Pendidikan Mandala*, 6(August), 128.  
<https://ejournal.mandalanursa.org/index.php/JUPE/article/view/66/63>
- Jayanthi, S., & Arico, Z. (2017). Pengaruh Kerapatan Vegetasi Terhadap Produktivitas Serasah Hutan Taman Nasional Gunung Leuser. *Elkannie*, 3(2), 151–160.  
<https://doi.org/10.22373/ekw.v3i2.1888>
- Jensen, J. R. (2007). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. London: Pearson Prentice Hall.
- Karmila, D., Jauhari, A., & Kanti, R. (2020). Estimasi Nilai Cadangan Karbon Menggunakan Analisis Ndvi (Normalized Difference Vegetation Index) Di Khdtk Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal Sylva Scientiae*, 3(3), 451.  
<https://doi.org/10.20527/jss.v3i3.2178>
- Muhaimin et. al. (2016). *Correlation Analysis of Vegetation Indices With Canopy Closure Using Worldview - 2. December*, 477–483.
- Muzakki, S. A., Mourniaty, A. Z. A., Rahardjo, P., & Triyono, H. (2022). Pemetaan dan Evaluasi Kesehatan Hutan Mangrove di Kabupaten Karawang Menggunakan Landsat Multitemporal. *Jurnal Kelautan Dan Perikanan Terapan (JKPT)*, 4(2), 137.  
<https://doi.org/10.15578/jkpt.v4i2.10527>
- Nanlohy, L. H., & Masniar, M. (2020). Manfaat Ekosistem Mangrove Dalam Meningkatkan Kualitas Lingkungan Masyarakat Pesisir. *Abdimas: Papua Journal of Community Service*, 2(1), 1–4.  
<https://doi.org/10.33506/pjcs.v2i1.804>
- Nono, Kristina M; Refli; Momo, Andriani; Septa, Ika; Amalo, D. (2021). Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) Dalam Mengkaji Perubahan Luas Hutan Mangrove Di Waecicu Timur Labuan Bajo. *Jurnal Biotropikal Sains*, 18(1), 97–105.  
<https://ejournal.undana.ac.id/index.php/>
- Philiani, I., Saputra, L., Harvianto, L., & Muzaki, A. A. (2016). Pemetaan Vegetasi Hutan Mangrove Menggunakan Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). *Surya Octagon Interdisciplinary Journal of Technology*, 1(2), 211–222.
- Pradipta, I. M. D., Widyantara, I. M. O., & Hartati, R. S. (2019). Penajaman Citra Satelit Landsat 8 Menggunakan Transformasi Brovey. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 18(3), 353.  
<https://doi.org/10.24843/mite.2019.v18i03.p08>
- Putri, E. A. W. A., Danoedoro, P., & Farda, N. M. M. (2019). *Comparing land-cover maps accuracies generated from multispectral classification of Landsat-8 OLI dan Pleiades images using two different classification schemes. November 2019*, 31.  
<https://doi.org/10.1117/12.2548888>
- Safitri, F., Adrianto, L., & Nurjaya, I. W. (2023). Pemetaan Kerapatan Ekosistem Mangrove Menggunakan Analisis Normalized Difference Vegetation Index di Pesisir Kota Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(2), 399–406.  
<https://doi.org/10.14710/jkt.v26i2.18173>
- Sesama, A. S., Setiawan, K. T., & Julzarika, A. (2021). Bathymetric Extraction Using Planetscope Imagery (Case Study: Kemujan Island, Central Java). *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*, 17(2), 209.  
<https://doi.org/10.30536/j.ijreses.2020.v17.a3445>
- Silitonga, O., Purnama, D., & Nofriadiansyah, E. (2018). Pemetaan Kerapatan Vegetasi Mangrove Di Sisi Tenggara Pulau Enggano Menggunakan Data Citra Satelit. *Jurnal Enggano*, 3(1), 98–111.  
<https://doi.org/10.31186/jenggano.3.1.98-111>
- Simarmata, N., Wikantika, K., Tarigan, T. A., Aldyansyah, M., Tohir, R. K., Fauziah, A., & Purnama, Y. (2021). Analisis Transformasi Indeks Ndvi, Ndwi Dan Savi Untuk Identifikasi Kerapatan Vegetasi Mangrove Menggunakan Citra Sentinel Di Pesisir Timur Provinsi Lampung. *JURNAL GEOGRAFI Geografi Dan Pengajarannya*, 19(2), 69–79.  
<https://doi.org/10.26740/jggp.v19n2.p69-79>
- Somantri, L. (2008). Pemanfaatan Teknik Penginderaan Jauh Untuk Mengidentifikasi Kerentanan Dan Risiko Banjir. *Jurnal*

- Geografi* *Gea*, 8(2).  
<https://doi.org/10.17509/geo.v8i2.1697>
- Waas, H. J., dan Bisman NababanP, P.,  
Manajemen Sumberdaya Perairan, Pj.,  
Perikanan dan Ilmu Kelautan, F.,  
Pattimura, U., Departemen Ilmu dan  
Teknologi Kelautan, P., & Pertanian  
Bogor, I. (2010). *Pemetaan Dan Analisis  
Index Vegetasi Mangrove Di Pulau Saparua,  
Maluku Tengah Mapping and Index Vegetation  
Analyses of Mangrove in Saparua Island, Central  
Moluccas*. 2(1), 50–58.  
[http://www.itk.fpik.ipb.ac.id/ej\\_itkt21](http://www.itk.fpik.ipb.ac.id/ej_itkt21)
- Yogesh, V., & Yogendra, K. (2013). Removal of  
salt and pepper noise from satellite images.  
*International Journal of Engineering Research &  
Technology (IJERT)*, 2(11), 2051–2058.