

**PEMETAAN KERAPATAN DAN PENERAPAN METODE KLASIFIKASI OBIA
UNTUK DISKRIMINASI JENIS MANGROVE
DI KAWASAN TANJUNG PEMANCINGAN, KOTABARU**

**Mapping of Density and Application of OBIA Classification Method
for Discriminating Mangrove Types in the Tanjung Pemancingan Area, Kotabaru**

Melkyanus^{1*)}, Muhammad Syahdan²⁾, Mufidah Asyari³⁾, Dini Sofarini²⁾

¹⁾ Program Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan,
Program Pascasarjana, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

²⁾ Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Lambung Mangkurat,
Banjarbaru, Indonesia

³⁾ Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

^{*)} e-mail: anggimelkyanus6@gmail.com

Abstract

This study aims to identify mangrove species and map the density of mangrove vegetation in the Tanjung Pemancingan area, Kotabaru, using an object-based classification method (OBIA) applied to Sentinel-2 imagery and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) data. Mangroves play a crucial role in protecting coastlines from erosion and serving as habitats for various species, making an in-depth understanding of mangrove distribution and types essential for coastal conservation and environmental management. The OBIA method allows for more accurate mapping by considering texture, shape, and more complex spatial patterns compared to traditional pixel-based methods. This study employs the Support Vector Machine (SVM) algorithm in the classification process to enhance the accuracy of mangrove species identification. The analysis utilizes Sentinel-2 satellite imagery with a spatial resolution of 10x10 meters and UAV data for higher resolution. The results show that the NDVI values for mangroves in the study area range from -0.30 to 0.686, which were classified into three canopy density classes: sparse (-0.30 to 0.026), moderate (0.027 to 0.356), and dense (0.357 to 0.686). The OBIA method combined with the SVM algorithm successfully discriminated between seven mangrove species with an overall accuracy (OA) of 72.46%. The identified mangrove species include *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Avicennia officinalis*, *Avicennia rumphiana*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Rhizophora apiculata*, and *Sonneratia alba*, with *Avicennia rumphiana* being the most dominant species, covering an area of 13.87 hectares. The mangrove vegetation density was successfully mapped, providing valuable information that can be used in conservation planning, coastal resource management, and ecotourism development in the area. Furthermore, these results have significant implications for further research in mangrove ecosystem monitoring and the application of remote sensing technology in environmental management.

Keywords: mangrove; OBIA classification; UAV; Sentinel-2; Support Vector Machine (SVM)

PENDAHULUAN

Keberadaan ekosistem mangrove sebagian besar berada pada daerah yang

beriklim tropis. Indonesia yang beriklim tropis dan banyak memiliki daerah estuari menjadikan Indonesia negara dengan ekosistem mangrove terluas di dunia. Luas

mangrove di Indonesia adalah 3.112.989 Ha. Luas tersebut mencakup 22,6% luas total mangrove di dunia (Giri, *et al*, 2011). Mangrove di Indonesia memiliki tingkat keanekaragaman hayati tertinggi di dunia dengan jumlah jenis adalah 89 jenis terbagi atas 35 jenis pohon, 5 jenis terna, 9 jenis perdu, 9 jenis liana, 29 jenis pifit dan dua jenis parasite (Kusmana, 2003). Jenis-jenis Mangrove ini umum ditemui di pesisir Indonesia adalah *Rhizophora spp.*, *Avicennia spp.*, *Sonneratia spp.*, *Bruguiera spp.*, *Xylocarpus spp.*, *Ceriops spp.* dan *Excoceria spp.*

Kalimantan Selatan memiliki mangrove dengan luas 67.017,57 hektar, sekitar 8.340,95 hektar dalam kondisi rusak dan sekitar 58.683,42 hektar kondisinya masih alami atau tidak rusak. Kabupaten Kotabaru memiliki hutan mangrove paling luas yaitu 86.000 ha atau sekitar 73,62% dari total luas hutan mangrove Kalimantan Selatan ±116.824 ha (Tokan, 2020).

PT. Arutmin Indonesia NPLCT merencanakan kawasan Tanjung Pemancingan akan dijadikan sebagai kawasan mikro hutan tropis termasuk mangrove sebagai kawasan ekowisata dan edukasi lingkungan, semuanya itu sejalan dengan tujuan pencapaian SDGs yaitu lingkungan yang terjaga, pengentasan kemiskinan dengan pemberdayaan masyarakat. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi awal terkait luas, kerapatan dan pola sebaran jenis mangrove di kawasan operasi pelabuhan dan terminal batu bara PT. Arutmin Indonesia NPLCT sebagai dasar pemetaan perencanaan pengembangan kawasan hutan mangrove di lokasi ini. Salah satu teknologi yang bisa dimanfaatkan untuk memperoleh informasi vegetasi Mangrove adalah penggunaan teknologi penginderaan jauh.

Perkembangan penginderaan jauh dalam mendukung pengelolaan sumberdaya alam memberikan peluang serta tantangan. Salah satu tantangan yang dihadapi adalah ketika semakin tinggi suatu resolusi spasial citra satelit maka dibutuhkan pendekatan yang lebih kompleks. UAV (*Unmanned*

Aerial Vehicle) merupakan salah satu wahana yang mampu menghasilkan citra dengan resolusi sangat tinggi. Salah satu permasalahan yang dihadapi pada citra resolusi sangat tinggi adalah bagaimana pengolahan citranya. Menggabungkan metode survei lapangan dan penginderaan jauh yang diolah menggunakan SIG diharapkan dapat memberikan gambaran yang mendetail terkait perubahan dan status lahan mangrove.

PT. Arutmin Indonesia NPLCT akan dilakukan analisis pemetaan pada kawasan hutan mangrove untuk mendapatkan gambaran spasial. Kerapatan, luas dan pola sebaran jenis mangrove menjadi topik utama dalam penelitian ini. Citra Sentinel-2 dan citra UAV menjadi wahana analisis pemetaan dengan bantuan algoritma NDVI dan SVM serta metode OBIA untuk mendapatkan hasil yang baik dan efisien yang ditandai dengan hasil uji akurasi peta analisis. Hasil analisis tersebut menghasilkan peta kerapatan tajuk mangrove dari NDVI dan peta klasifikasi jenis mangrove dari metode OBIA yang kemudian di *Overlay* untuk mendapatkan peta klasifikasi jenis disetiap kelas kerapatan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Tanjung Pemancingan Kabupaten Kotabaru Lokasi kegiatan ini di sekitar kawasan operasi pelabuhan dan terminal batu bara PT. Arutmin Indonesia NPLCT. Wilayah penelitian mencakup kawasan mangrove sebelah barat hingga teluk Sekukup dan kawasan mangrove yang berbatasan dengan wilayah utara RT 2 Desa Sarang Tiung dengan 15 lokasi sampling (Gambar 1). Penelitian berlangsung dari bulan Mei sampai dengan Juni 2024



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Interpretasi Citra

Penggabungan kanal (komposit band) dilakukan untuk mendapatkan ketajaman objek dan menghasilkan warna komposit yang optimum sehingga citra dianalisis akan dapat membedakan objek mangrove dengan non mangrove. Kombinasi kanal yang digunakan untuk citra Sentinel 2 ialah kanal 8 untuk NIR, kanal 4 untuk Red dan kanal 3 untuk Green dan kanal 2 untuk Blue.

Pemotongan citra bertujuan untuk membatasi area yang akan dianalisis sesuai kebutuhan pengguna. Pada tahap ini citra yang sudah terkomposit dilakukan pemotongan sehingga citra yang digunakan akan memiliki luasan yang lebih kecil dari sebelumnya. Kegiatan ini juga membuat citra yang dianalisis tidak terlalu besar sehingga memudahkan analisis pada komputer.

Citra yang sudah di klasifikasikan telah membentuk poligon tutupan lahan salah satunya tutupan mangrove yang digunakan sebagai shp (shapefile) untuk memotong citra komposit dengan kanal

8,4,3. Hasil pemotongan area mangrove selanjutnya dianalisis untuk menghasilkan nilai kerapatan, jumlah pohon dan permudaan menggunakan indeks vegetasi yaitu NDVI. Pada klasifikasi jumlah pohon dan permudaan menggunakan nilai pantulan dari NDVI yang dihasilkan lalu dibagi menjadi 3 kelas sesuai kebutuhan. Sedangkan penentuan kerapatan menggunakan rumus menurut Purkis dan Klemas (2011):

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

maka, nilai NDVI dengan menggunakan citra sentinel 2 dapat dihitung dengan formula:

$$NDVI = \frac{Band\ 8 - Band\ 4}{and\ 8 + Band\ 4}$$

Selanjutnya, hasil NDVI dikelaskan menjadi tiga kelas dengan klasifikasi kelas kerapatan tajuk menggunakan rumus (Sturgess, 1925 dalam Setiawan Heri, 2013):

$$KI = \frac{xt - xr}{k}$$

Keterangan:

- KI : Kelas interval
- xt : nilai tertinggi
- xr : nilai terendah
- k : jumlah kelas yang diinginkan

Survei Lapangan

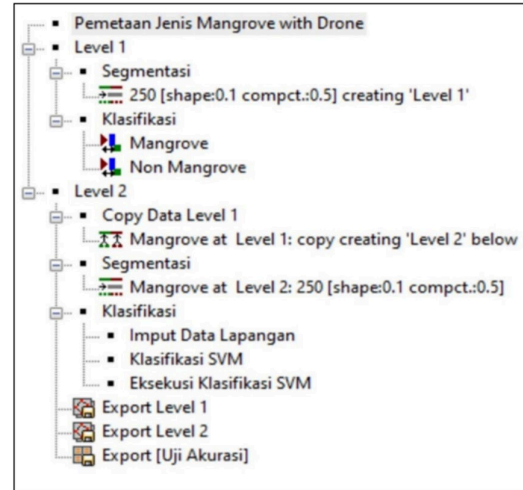
Pengambilan data foto udara dilakukan menggunakan drone DJI Phantom 4 Pro V2.0 dengan perlengkapan kamera beresolusi 20 MP dan kemampuan terbang selama 31 menit di setiap baterainya. Akuisisi foto dilakukan dengan tahapan mengatur jalur misi penerbangan dan mengatur ketinggian terbang dengan ketinggian 150 m sehingga didapatkan akurasi gambar sebesar 4,0 cm/px.

Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan

metode purposive sampling mengacu pada peta kerja yang telah dibuat. Plot pengamatan yang digunakan pada penelitian ini adalah plot yang berukuran 10 x 10 m, karena pada penelitian ini objek yang diteliti hanya mangrove dengan kategori pohon karena mudah terbaca oleh citra dengan tutupan spasial dan menyesuaikan dengan resolusi spasial citra Sentinel-2 yakni 10 x 10 meter menurut Wijayanti (2018) dengan menggabungkan metode survei lapangan dan penginderaan jauh yang diolah menggunakan SIG diharapkan dapat memberikan gambaran yang mendetail terkait perubahan dan status lahan mangrove.

Object-Based Image Analysis (OBIA)

Klasifikasi adalah proses identifikasi piksel citra dengan sifat-sifat yang sama, mengorganisir ke dalam kelompok kemudian menentukan penamaan kelompok tersebut dan tahap akhir dari klasifikasi adalah peta yang memuat informasi tertentu (Green *et al.* 2000). Menurut Danoedoro (2012) bahwa klasifikasi citra merupakan proses mengelompokkan piksel ke dalam kelas-kelas tertentu berdasarkan nilai kecerahan piksel (*brightness value/BV/digital number*) pada citra. Semua prosedur pemrosesan gambar berbasis objek klasifikasi dilakukan menggunakan perangkat lunak *eCognition Developer 9.0* (Gambar 2).



Gambar 2. Pohon Proses (*Proces tree*) OBIA

Analisis Data

Uji akurasi dilakukan berdasarkan persamaan berikut:

Overall Acuracy (OA):(1)

$$OA = \frac{\sum_i^k=1n_{ii}}{N}$$

Producer Acuracy (PA) : (2)

$$PA = \frac{n_{ii}}{n_{i+}}$$

User Acuracy (UA) : (3)

$$UA = \frac{n_{ii}}{n_{+i}}$$

Keterangan :

- N : jumlah objek yang terdapat pada hasil klasifikasi dan referensi
- n_{i+} : jumlah total objek dalam baris ke-i
- n_{+i} : jumlah total objek dalam kolom ke ke-i
- n_{ii} : nilai diagonal dari matrik baris ke-i dan kolom ke-i

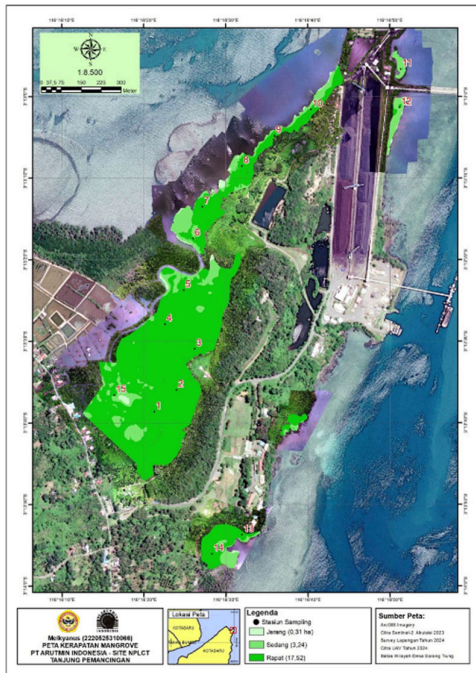
Layout peta tujuannya sebagai atribut pelengkap yang mampu menjelaskan isi peta, yang merupakan informasi-informasi penting. Proses *layout* peta diolah dengan

menggunakan aplikasi *ArcGIS* 10.8.1 *Layout* peta dilakukan dengan cara menambahkan atribut berupa judul peta, skala peta, arah mata angin, koordinat atau grid, diagram peta, legenda peta, tahun pembuatan dan penerbitan peta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tutupan Kanopi Mangrove

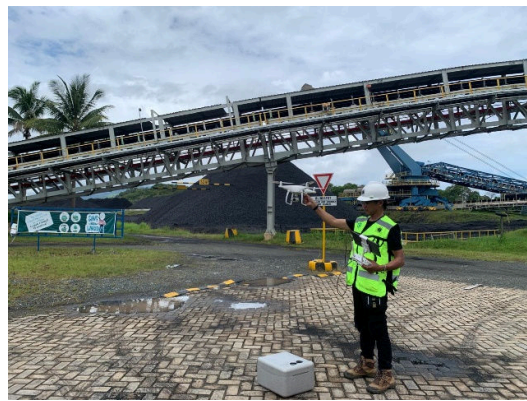
Hasil analisis Sentinel-2 menunjukkan rentang NDVI dari -0,30 – 0,686. Nilai tersebut kemudian dibagi menjadi 3 kelas tutupan yaitu jarang, sedang dan rapat. Penentuan kelas tutupan ini menggunakan equal interval dimana masing-masing kelas tutupan memiliki rentang nilai yang sama. Hasilnya, kelas tutupan jarang memiliki rentang dari -0,30 hingga 0,026; kelas tutupan sedang memiliki rentang 0,027 hingga 0,356 dan kelas penutupan rapat memiliki rentang NDVI dari 0,357 hingga 0,686. Sebaran penutupan kanopi mangrove lebih detail dapat dilihat pada peta hasil analisis NDVI Ekosistem Mangrove (Gambar 3).



Gambar 3. Peta Hasil NDVI Ekosistem Mangrove di Wilayah Tanjung Pemancingan

Pengumpulan Data Ground Check dan Foto Udara UAV

Pengumpulan data lapangan diawali pengambilan foto udara menggunakan drone dengan tahapan yang sebelumnya sudah dijabarkan pada metode (Gambar 4). Pengambilan data tersebut dilakukan selama 2 hari kerja dengan penentuan lokasi sesuai dengan cakupan stasiun yang sudah ditentukan dan diawasi oleh pihak perusahaan selama proses penerbangan drone.



Gambar 4. Dokumentasi Pengambilan Foto Udara pada Lokasi Penelitian

Selanjutnya pengambilan GCP atau koordinat data lapangan sebagai sampel mewakili beberapa jenis mangrove yang ditemukan di lokasi penelitian. Didapatkan 145 titik GCP dengan 7 jenis mangrove pada 15 stasiun pengamatan. Perlu digaris bawahi, bahwa pengambilan GCP ini keterwakilan dari kelas pohon mangrove saja dikarenakan data ini menyesuaikan dengan tujuan yang akan dicapai yaitu pemetaan pola sebaran jenis mangrove berdasarkan tutupan kanopi dengan kata lain pemetaan secara spasial didukung oleh citra UAV atau citra hasil foto udara menggunakan drone yang sebelumnya telah dilakukan. Gambar 5 menunjukkan dokumentasi kegiatan pengambilan GCP dan dokumentasi beberapa jenis mangrove yang ditemukan di lokasi penelitian.



Gambar 5. Beberapa Jenis Mangrove yang Ditemukan di Lokasi Penelitian

Pembuatan Skema Klasifikasi

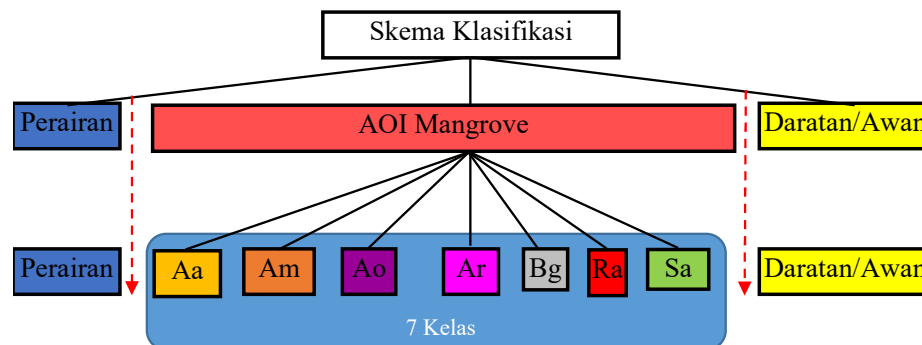
Berdasarkan 7 komponen jenis mangrove yang ditemukan di lokasi penelitian, dibangun skema klasifikasi jenis mangrove yang dihasilkan yaitu *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Avicennia officinalis*, *Avicennia rumphiana*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Rhizophora apiculata*, *Sonneratia alba* (Tabel 1).

Tabel 1. Penamaan dan Kode Masing-masing Jenis Mangrove

Kelas Jenis Mangrove	Kode Kelas	Keterangan
<i>Avicennia alba</i>	Aa	Dominan <i>Avicennia alba</i>
<i>Avicennia marina</i>	Am	Dominan <i>Avicennia marina</i>
<i>Avicennia officinalis</i>	Ao	Dominan <i>Avicennia officinalis</i>
<i>Avicennia rumphiana</i>	Ar	Dominan <i>Avicennia rumphiana</i>
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	Bg	Dominan <i>Bruguiera gymnorhiza</i>
<i>Rhizophora apiculata</i>	Ra	Dominan <i>Rhizophora apiculata</i>
<i>Sonneratia alba</i>	Sa	Dominan <i>Sonneratia alba</i>

Skema klasifikasi yang dibangun pada penelitian ini dapat berbeda dengan skema klasifikasi jenis mangrove di tempat lain, mengingat kompleksitas jenis

mangrove berbeda-beda tiap daerah dan hal tersebut sangat dipengaruhi oleh banyak faktor (Gambar 6).

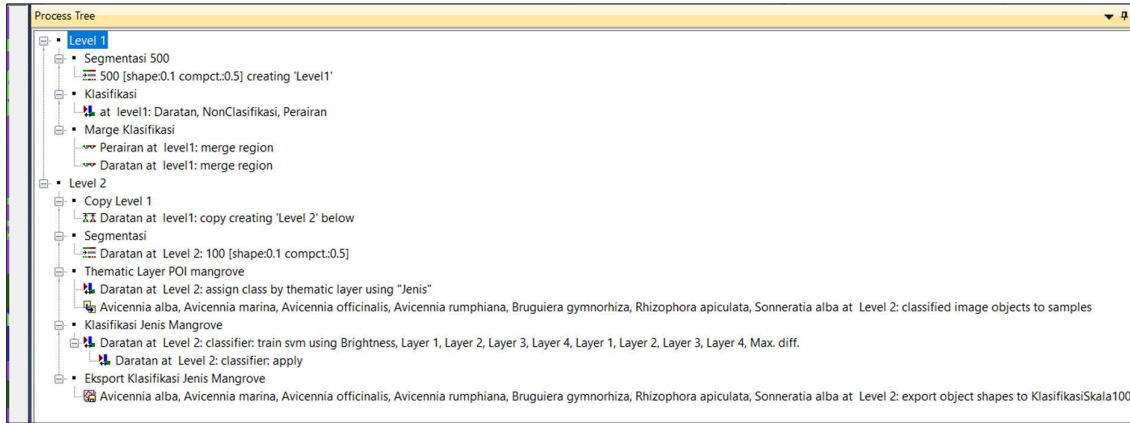


Gambar 6. Hasil Skema Klasifikasi 2 Level

Klasifikasi Citra

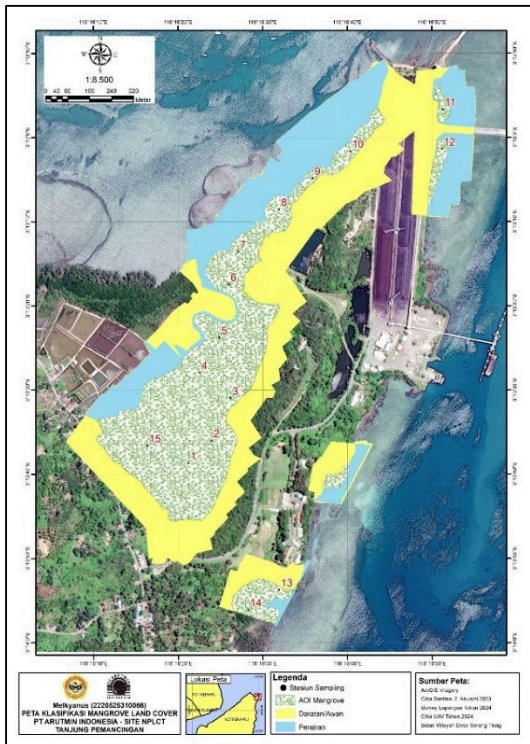
Hasil perekaman citra yang dilakukan diperoleh citra resolusi tinggi lokasi penelitian, yang selanjutnya untuk mendapatkan perbedaan jenis mangrove, dilakukan proses klasifikasi berbasis OBIA.

Klasifikasi ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi *e cognition* 46, melalui proses *tree* (Gambar 7).



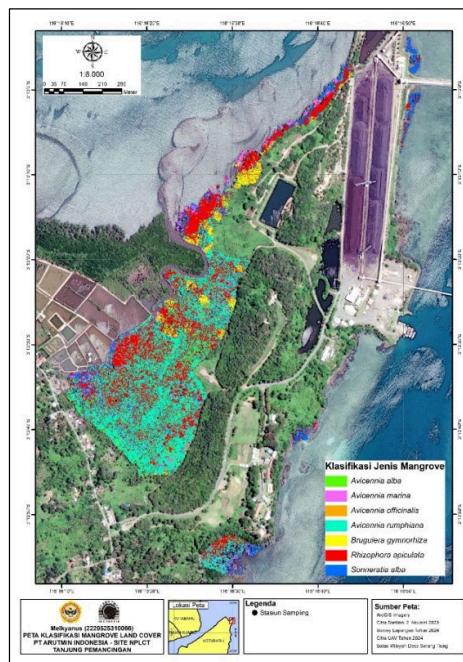
Gambar 7. Pohon Proses (*Proces tree*) OBIA

Klasifikasi level 1 (Gambar 8) pada penelitian ini menghasilkan 3 kelas yaitu awan/darat (*land*), perairan (*water*), dan AOI Mangrove (*Area of Interest*). Hasil klasifikasi ini dijadikan sebagai batasan pada proses klasifikasi berikutnya yaitu AOI mangrove, selanjutnya disegmentasi ulang dengan penerapan segmentasi multiskala pada tahap klasifikasi kategori jenis mangrove (level 2).

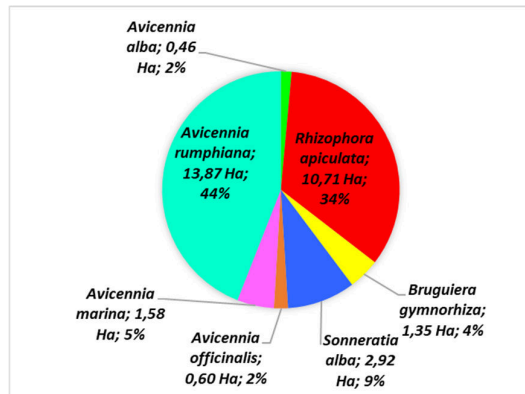


Gambar 8. Hasil Klasifikasi Level 1 (*Mangrove land cover*)

Objek atau segmen selanjutnya diklasifikasi dengan klasifikasi terbimbing menggunakan algoritma *machine learning* yaitu SVM, dengan menggunakan data skema klasifikasi jenis mangrove sebagai *input thematic layer* berdasarkan pengamatan langsung di lapangan (Gambar 9). Dari total 145 titik pengamatan lapangan, sebanyak 95 titik pengamatan digunakan sebagai input data (*input thematic layer*) dalam proses klasifikasi dan sisanya 50 titik pengamatan sebagai data untuk uji akurasi dengan *confusion matrix*.



Gambar 9. Peta Hasil Klasifikasi 7 Kelas Jenis Mangrove di Kawasan NPLCT Skala 100



Gambar 10. Luasan Klasifikasi 7 Kelas Jenis Mangrove di Kawasan NPLCT Skala 100 dengan Algoritma SVM Citra UAV

Pola sebaran jenis mangrove di lokasi penelitian (Gambar 10) yang paling luas diketahui jenis *Avicennia rumphiana* dengan 13,87 Ha dimana jenis ini merupakan endemik Asia Tenggara tumbuh di atas setengah dari tepi pantai lebih memilih berpasir atau substrat lumpur dan *Rhizophora apiculata* dengan 10,71 Ha. Sedangkan jenis dengan persentase kehadiran terkecil di lokasi penelitian yaitu *Avicennia officinalis* dengan luas 0,6 Ha atau hanya 2% dari total keseluruhan jenis mangrove yang dipetakan jenis ini tumbuh di bagian pinggir daratan rawa mangrove, khususnya di sepanjang sungai yang dipengaruhi pasang surut dan mulut sungai.

Tabel 2. Confusion Matrix Hasil Klasifikasi 7 Kelas Kategori Jenis Mangrove Pada Citra UAV

Lapangan Citra	Sa	Ra	Bg	Ar	Ao	Ao	Am	Total	UA (%)
Sa	7	1	0	0	0	0	0	8	87,50
Ra	2	15	0	5	2	0	0	24	62,50
Bg	0	0	3	0	0	0	0	3	100
Ar	2	4	0	20	3	0	0	29	68,97
Ao	0	0	0	0	1	0	0	1	100
Aa	0	0	0	0	0	2	0	2	100
Am	0	0	0	0	0	0	2	2	100
Total	11	20	3	25	6	2	2	69	
PA	63,64	75	100	80	16,67	100	100	OA	72,46

Tabel 2 menampilkan hasil uji akurasi 7 kelas kategori jenis mangrove menggunakan citra UAV pada skala segmentasi 100 dengan algoritma SVM menunjukkan nilai akurasi produser (PA) dan akurasi pengguna (UA) menghasilkan akurasi berkisar antara 16% - 100%. Dari hasil tersebut, beberapa kelas kategori jenis mangrove dapat dipetakan dengan baik, terutama pada jenis *Avicennia officinalis*, *Avicennia alba*, *Avicennia marina* dan *Bruguiera gymnorhiza* menghasilkan nilai UA tertinggi yaitu 100%. Kelas kategori jenis mangrove yang belum dapat dipetakan dengan baik yaitu kelas kelas *Rhizophora apiculata* 62,50% dan *Avicennia rumphiana* 68,97%, masih dibawah standar baku mutu 70%.

Dasar yang dipakai sebagai acuan keakurasian hasil interpretasi yakni minimal sebesar 70 % baik untuk hasil interpretasi liputan lahan mangrove maupun kerapatan tajuk mangrove (BIG, 2014), artinya bahwa akurasi peta kategori jenis mangrove yang menghasilkan nilai OA dibawah angka tersebut tidak dapat digunakan untuk analisis ataupun keperluan lebih lanjut. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini peta hasil klasifikasi jenis mangrove dapat digunakan mengingat hasil uji akurasi yang diperoleh menghasilkan nilai akurasi keseluruhan diatas 70% yaitu OA sebesar 72.46% (7 kelas) dengan menggunakan algoritma SVM pada skala segmentasi 100.

Overlay Peta Hasil NDVI dan Klasifikasi Jenis Mangrove

Peta kerapatan tajuk dari hasil NDVI yang sebelumnya telah dispasialkan, kemudian akan digabungkan (*overlay*)

dengan peta hasil klasifikasi jenis mangrove di lokasi penelitian. Peta yang dihasilkan, diharapkan dapat digunakan sebagai dasar informasi dari kelas tutupan kanopi memiliki jenis mangrove apa saja yang terdapat dalam pola kelas tersebut.

Tabel 3. Luasan Jenis Mangrove pada Kelas Kerapatan Tajuk Jarang dan Sedang

Kelas Jarang		Kelas Sedang	
Jenis Mangrove	Luas (m ²)	Jenis Mangrove	Luas (m ²)
<i>Avicennia alba</i>	-	<i>Avicennia alba</i>	12,023
<i>Avicennia marina</i>	25,857	<i>Avicennia marina</i>	125,241
<i>Avicennia officinalis</i>	56,358	<i>Avicennia officinalis</i>	20,107
<i>Avicennia rumphiana</i>	372,256	<i>Avicennia rumphiana</i>	2.201,724
<i>Rhizophora apiculata</i>	70,378	<i>Rhizophora apiculata</i>	989,444
<i>Sonneratia alba</i>	210,398	<i>Sonneratia alba</i>	208,151

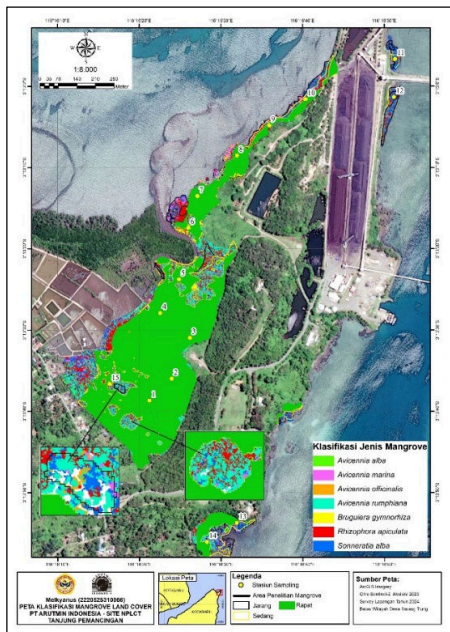
Data luasan tersebut dapat dijadikan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan dalam perencanaan pengelolaan hutan mangrove, dapat diketahui jenis mangrove yang memiliki luas terkecil seperti *Avicennia alba* yang tidak ditemukan pada kelas jarang dan 12,023 m² pada kelas sedang (Tabel 3). Hal ini memungkinkan pengambilan tindakan yang tepat dalam upaya rehabilitasi lahan hutan mangrove dengan jenis dan lokasi yang sesuai.

KESIMPULAN

1. Penerapan optimasi skala segmentasi jenis mangrove dengan menggunakan optimasi skala segmentasi pada citra UAV diperoleh nilai akurasi keseluruhan tertinggi pada skala segmentasi 100 yaitu sebesar 72,46%
2. Hasil peta *overlay* memberikan informasi secara spasial pada lokasi penelitian, daerah mana saja yang memiliki kerapatan mangrove jarang, sedang dan lebat dengan komposisi jenis pada daerah tersebut terdapat jenis yang dominan, untuk dilakukan pengambilan keputusan yang tepat dalam mitigasi bencana tertentu, dan juga dapat memberikan informasi pola ruang dalam memudahkan perencanaan kawasan mangrove sebagai ekowisata dan edukasi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Danoedoro P. 2012. *Pengantar penginderaan jauh digital*. Yogyakarta (ID): Andi Offset. 398 p.



Gambar 11. Peta *Overlay* Peta Hasil NDVI dan Klasifikasi Jenis Mangrove

- Giri C, Ochieng E, Tieszen LL, Zhu Z, Singh A, Loveland T, Masek J, Duke N. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*. (20): 154-159.
- Green E, Edwards AJ, Clark C. 2000. *Remote sensing handbook for tropical coastal management*. Paris (FR): Unesco Pub. 316 p.
- Kusmana, C. (2003). *Teknik Rehabilitasi Mangrove*. Bogor. Fakultas Kehutanan IPB.
- Tokan, K. (2020). Pemanfaatan kawasan hutan bakau sebagai lokasi perumahan di Kabupaten Kotabaru ditinjau dari aspek yuridis. *Al'Adl*, 12 (1) : 12-38.