

Klasifikasi Spesies Mangrove Menggunakan Drone di Nusa Lembongan, Bali

Gusi Anom Andika Harnanditya ^{a*}, I Wayan Gede Astawa Karang ^a, I Wayan Nuarsa ^a

^a Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Kampus UNUD Bukit Jimbaran, Bali 80361, Indonesia

* Penulis koresponden. Tel.: +62-87780-289-123

Alamat e-mail: anomandiika@gmail.com

Diterima (received) 16 Juni 2021; disetujui (accepted) 15 November 2023; tersedia secara online (available online) 1 Desember 2023

Abstract

Mapping of mangroves using remote sensing technology has been widely carried out, especially in coastal areas of Indonesia. The most used remote sensing technology is satellite imagery. However, there are still some weaknesses in the use of satellite imagery for mapping mangrove, especially at the species level, including taking a long time, high costs, and low spatial resolution. One of the breakthroughs in remote sensing is drone. Drones have advantages, namely time flexibility, relatively low cost, and high spatial resolution. The purpose of this study was to determine the ability to use drones in mapping mangrove up to the species level and distribution of mangrove species in Nusa Lembongan. The method used is classification of GEOBIA (Geographic Object Based Image Analysis). Drone images were obtained with four flight missions in the northern and eastern areas of the Nusa Lembongan mangrove forest. Field data collection was carried out using a systematic random sampling method and high-resolution single band drones. The results showed that drone observations were able to identify two mangrove species in the northern research area and four mangrove species in the eastern Nusa Lembongan research area. In the northern area there are mangrove species *Rhizophora apiculata* and *Bruguiera gymnorrhiza*. In the eastern region, mangrove species *Rhizophora apiculata*, *Avicennia alba*, *Sonneratia alba*, and *Avicennia lanata* were found. The accuracy test in both research areas in the northern and eastern areas of Nusa Lembongan obtained an overall value with an average of 65% and a kappa coefficient of 0.56.

Keywords: mangrove spesies; drone; geobia; nusa lembongan

Abstrak

Pemetaan mangrove berbasis teknologi penginderaan jauh telah banyak dilakukan khususnya di wilayah pesisir Indonesia. Teknologi penginderaan jauh yang paling banyak digunakan adalah citra satelit. Namun, masih terdapat beberapa kelemahan dalam penggunaan citra satelit untuk pemetaan mangrove khususnya sampai tingkat spesies diantaranya memerlukan waktu yang lama, biaya yang dikeluarkan tinggi, dan resolusi spasial yang rendah. Salah satu terobosan dalam penginderaan jauh adalah teknologi drone. Drone memiliki kelebihan yaitu fleksibilitas waktu, pengeluaran biaya yang relatif murah, dan memiliki resolusi spasial yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan penggunaan drone dalam pemetaan mangrove sampai dengan tingkat spesies dan distribusi spesies mangrove di Nusa Lembongan. Metode yang digunakan adalah klasifikasi GEOBIA (Geographic Object Based Image Analysis). Citra drone diperoleh dengan empat kali misi penerbangan di area kawasan utara dan timur hutan mangrove Nusa Lembongan. Pengambilan data lapangan dilakukan dengan metode sistematis random sampling dan drone single band yang beresolusi tinggi. Hasil penelitian menunjukkan observasi drone mampu mengidentifikasi spesies mangrove di area penelitian kawasan utara (dua spesies) dan kawasan timur Nusa Lembongan (empat spesies). Pada kawasan utara terdapat spesies mangrove *Rhizophora apiculata* dan *Bruguiera gymnorrhiza*. Pada kawasan timur diperoleh spesies mangrove *Rhizophora apiculata*, *Avicennia alba*, *Sonneratia alba*, dan *Avicennia lanata*. Uji akurasi di kedua area penelitian pada kawasan utara dan timur Nusa Lembongan diperoleh nilai keseluruhan dengan rata-rata yaitu 65% dan koefisien kappa 0,56.

Kata Kunci: jenis mangrove; drone; geobia; nusa lembongan

1. Pendahuluan

Ekosistem mangrove adalah salah satu ekosistem yang dinamis dan memiliki peran penting bagi kehidupan pesisir. Fungsi hutan mangrove secara ekologis diantaranya sebagai tempat berkembang biak dan tempat mencari makan biota laut (Noor dkk., 2012). Hutan mangrove juga memiliki fungsi secara fisik di antaranya sebagai kawasan penyangga, memacu perluasan lahan dan melindungi garis pantai agar terhindar dari erosi dan abrasi (Winarso and Purwanto, 2014).

Pada tahun 2015 Luas hutan mangrove di Indonesia seluas 3.489.140 ha dan dapat dikatakan 23% dari luas seluruh hutan mangrove dunia sehingga menjadikan Indonesia sebagai negara dengan hutan mangrove terluas (KLHK, 2017). Status hutan mangrove di Indonesia telah mengalami penurunan, seluas 1.817.999 ha dalam kondisi rusak sedangkan hutan mangrove seluas 1.671.140 ha dalam kondisi baik (KLHK, 2017). Banyaknya hutan mangrove yang mengalami degradasi atau kerusakan menjadi masalah utama dikarenakan adanya aktivitas manusia yang melakukan pembangunan daerah wisata dan sedikitnya rehabilitasi lahan hutan mangrove (Samsedin dkk., 2009).

Salah satu area distribusi mangrove di Indonesia adalah Provinsi Bali. Pada tahun 2014 Provinsi Bali memiliki luas hutan mangrove seluas 2155,7 ha yang sebarannya terdapat di tiga lokasi diantaranya Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai, Taman Nasional Bali Barat, dan Nusa Lembongan (Pratama dkk., 2019). Mangrove di Nusa Lembongan memiliki luas 230 ha dengan teridentifikasi 13 jenis mangrove (CTC dan BPHMW, 2010). Menurut Palguna dkk. (2017), hutan mangrove Nusa Lembongan mengalami penurunan luas menjadi 202 ha akibat pengaruh urbanisasi atau perluasan wilayah untuk pemukiman dan pariwisata.

Penelitian Palguna dkk. (2017), menyatakan bahwa Dinas Kehutanan Kabupaten Klungkung belum dapat memberikan informasi yang jelas mengenai keanekaragaman mangrove di Nusa Lembongan. Maka dari itu, perlu dilakukan identifikasi spesies mangrove secara spasial untuk memperoleh informasi distribusi spesies mangrove di Nusa Lembongan. Pemetaan spesies mangrove dapat dilakukan melalui citra satelit dan foto udara (Amelia dkk., 2015).

Menurut Hussain dkk. (2013), dalam penelitiannya melakukan pemetaan hutan mangrove dengan menggunakan foto udara melalui pesawat konvensional, saat proses tersebut peneliti dibatasi oleh biaya yang mahal, cuaca, menentukan tempat lepas landas dan mendarat, serta pengulangan pengambilan data jika terjadi kesalahan. Berdasarkan hasil penelitian tersebut keterbatasan dari pemetaan foto udara dapat diatasi dengan citra satelit dengan resolusi tinggi.

Pemetaan lahan mangrove menggunakan citra satelit di Bali sudah banyak dilakukan. Penelitian yang dilakukan Pratama dkk. (2019), yaitu distribusi spasial kerapatan mangrove menggunakan citra Sentinel-2a di Tahura Ngurah Rai Bali, Penelitian Karang dkk. (2015), pemetaan perubahan luas areal mangrove menggunakan data Landsat 7 Etm+ di Tahura Ngurah Rai, Penelitian Nagendra dkk. (2019), mendeteksi area mangrove serta membandingkan citra satelit SAR, Optik, dan kombinasi SAR & Optik untuk mengetahui area mangrove di Teluk Benoa, dan Penelitian Setiawan dkk. (2009), melakukan pemetaan luas kerapatan hutan mangrove menggunakan citra satelit ALOS di Nusa Lembongan.

Pemetaan dengan menggunakan citra satelit masih memiliki beberapa kelemahan yakni memerlukan waktu yang lama, adanya pengaruh awan pada iklim tropis, dan resolusi spasial yang kurang detail (Utomo, 2017). Pada dewasa ini terjadi peningkatan dalam pemanfaatan penginderaan jauh dengan menggunakan teknologi drone atau Unmanned Aerial Vehicle (UAV).

Drone dapat mengatasi kelemahan citra satelit dalam melakukan pemetaan lahan hutan mangrove. Teknologi drone sudah tersedia bagi public dan harga yang ditawarkan cukup ekonomis dapat memberikan potensi besar untuk menganalisis data lingkungan, termasuk pemetaan hutan mangrove (Crutsinger et al., 2016).

Drone adalah wahana yang sistem pengendalinya menggunakan gelombang, navigasi presisi Ground Positioning System (GPS) dengan potensi yang diimplementasikan dalam sistem lokal maupun koordinat global (Eisenbeiss, 2009). Kelebihan penggunaan drone yaitu dapat

meningkatkan efisiensi baik waktu maupun biaya, karena dapat memiliki citra suatu wilayah secara langsung (temporal) tanpa menunggu dan tergantung oleh waktu seperti citra satelit yang waktu perekamannya sudah diatur (Ruwaimana dkk., 2017). Drone dapat terbang lebih rendah dibandingkan dengan pesawat berawak sehingga hasil citra tidak terpengaruh awan, memiliki resolusi spasial yang tinggi, dan meminimalisir pengeluaran biaya (Utomo, 2017).

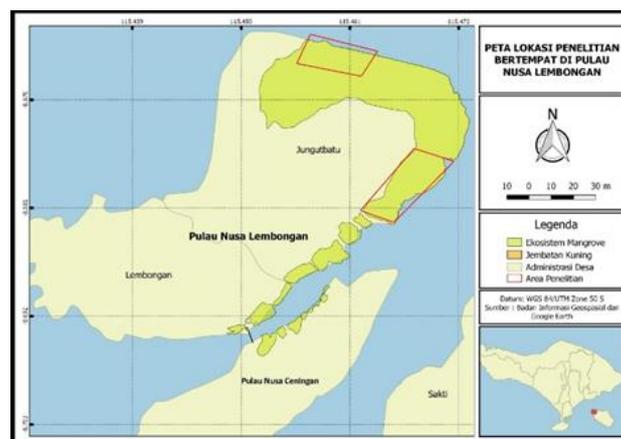
Pemanfaatan drone dalam pemetaan mangrove saat ini sudah berhasil dilakukan oleh Cao et al. (2018), yang melakukan uji coba klasifikasi spesies mangrove berbasis objek menggunakan UAV Hyperspectral dengan metode SVM (Support Vector Machine) dan KNN (K-Nearest Neighbor), Penelitian Yaney-Keller et al. (2019), yaitu menggunakan drone untuk menguji dan memetakan hutan mangrove pada daerah pesisir muara di barat laut Kosta Rika, dan Penelitian Hsu et al. (2020), berhasil melakukan penelitian menggunakan drone dalam meningkatkan peta luas mangrove dengan menggunakan penginderaan jauh resolusi tinggi di Baja California Sur, Mexico.

Pada saat ini, penggunaan drone dalam penelitian pemetaan mangrove masih terbatas, khususnya pemetaan mangrove hingga tingkat spesies masih belum ada yang melakukan di Provinsi Bali dalam sepengetahuan penulis tepatnya di Kabupaten Klungkung, Nusa Lembongan. Menurut Shantika dan Mahagangga (2018), Nusa Lembongan merupakan kawasan yang perekonomiannya bersumber dari bidang pariwisata pesisir dan belum adanya data sebaran terbaru tentang keanekaragaman mangrove di kawasan hutan mangrove Nusa Lembongan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis identifikasi jenis mangrove untuk mengetahui sebaran dan keanekaragaman jenis mangrove dengan menggunakan drone yang dapat menghasilkan citra dengan resolusi dan akurasi yang sangat tinggi di kawasan hutan mangrove Nusa Lembongan Bali.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini memiliki lokasi training area yang terletak di hutan mangrove bagian utara dan timur Desa Jungut Batu Nusa Lembongan, Kecamatan Nusa Penida, Kabupaten Klungkung dengan waktu 3 (tiga) bulan mulai bulan Januari 2020 – Maret 2020. Pemilihan area penelitian di kawasan hutan mangrove bagian utara dan timur Desa Jungut Batu karena kedua lokasi tersebut memiliki tingkat aktivitas manusia yang berbeda serta belum ada penelitian yang mengidentifikasi distribusi lokasi jenis mangrove secara detail di areal tersebut. Berikut peta dari lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Area Penelitian

2.2. Alat dan Bahan

Penelitian dibantu dengan penggunaan beberapa alat yaitu drone *DJI Phantom 3 Standard*, GPS, *software goole earth pro*, *software Pix4D Capture*, *software Agisoft Metashape Pro*, *software Global Mapper 8*, *software QGIS*, *software eCognition*, *software Microsoft Office*, buku pedoman spesies mangrove, buku

catatan, serta alat tulis. Bahan yang digunakan pada penelitian yaitu citra mangrove yang diambil menggunakan drone *DJI Phantom 3 Standard* yang berada di Nusa Lembongan, Kecamatan Nusa Penida, Kabupaten Klungung, Provinsi Bali. Adapun spesifikasi alat dan bahan diatas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	Spesifikasi	Kegunaan
Drone DJI Phantom 3 Standard	12megapixel, wide angle, panjang fokal lensa 24mm, dan 3-Axis Gimbal Stabilizer	Mengambil data gambar visual
GPS	GARMIN	Menandai titik koordinat di lapangan
Software Google Earth Pro	Versi 7.3.2.5776	Menggambarkan luas area penerbangan
Software Pix4DCapture	Versi 4.6.0	Mengestimasi lamanya terbang dan menentukan jalur terbang
Software Agisoft Metashape Pro	Versi 1.5.0	Melakukan orthomosaic data foto
Software Global Mapper 8	Versi 8	Menggabungkan hasil orthomosaic misi pertama dan lainnya
Software QGIS	Versi 3.12.3	Mengubah sistem koordinat foto drone dan layout peta
Software eCognition	Versi 9.1	Mensegmentasi-kan dan mengklasifikasi data
Microsoft Office	Word, Excel, dan Power Point	Menyusun naskah, analisis data, dan presentasi
Buku Pedoman Spesies Mangrove	Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia	Sebagai pedoman dalam menentukan jenis mangrove di lapangan

2.3. Metode Penelitian

Penelitian penelitian menggunakan metode deskriptif eksploratif dengan teknik penginderaan jauh menggunakan drone. Adapun tahapan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data, pengolahan citra drone, klasifikasi, dan uji akurasi menggunakan data lapangan.

2.3.1. Pengambilan Data

Persiapan yang terdiri dari penentuan area dan penentuan rencana penerbangan merupakan kegiatan penting sebelum penerbangan. Pada penelitian ini dilakukan empat kali penerbangan untuk mencakup seluruh area penelitian dengan ketinggian 85 m, dan lama penerbangan setiap pengambilan data selama 16 menit 30 detik. Adapun rumus yang digunakan untuk mencari resolusi spasial atau *Ground Sampling Distance* (GSD) adalah persamaan 1 (Setiawan dkk., 2019).

$$GSD = \frac{\text{Ketinggian terbang}}{\text{Kemampuan lensa}} \times \text{Ukuran piksel} \quad (1)$$

GSD yang diperoleh dengan kemampuan lensa 3,57 mm, ukuran piksel 1,56 micrometer dengan ketinggian 85 meter yaitu sebesar 3,72 cm/px. Cepat penerbangan drone adalah 2 m/s, *frontlap* dan *sidelap* antar foto 80% agar proses penyambungan (*matching*) dan mosaik bisa optimal, citra yang dihasilkan dari proses pemotretan tersebut adalah citra komposit RGB (Salim dkk., 2018).

Pengambilan data dilakukan pada pukul 08.00 – 10.30 WITA dan pada pukul 14.00 – 16.30 WITA selama lima hari yaitu tanggal 14 – 18 Februari 2020. Pemilihan waktu tersebut bertujuan untuk

menghindari adanya *sun glint* refleksi (pantulan) sinar matahari yang dapat mengubah kualitas citra (Satyanarayana et al., 2011). Proses akuisisi dilakukan pada cuaca cerah dan angin tidak berhembus sangat kencang. Pada pengambilan data lapangan dilakukan sebanyak 200 titik, untuk klasifikasi menggunakan 100 titik dan untuk uji akurasi 100 titik yang dilakukan secara menyebar sehingga semua objek terwakili.

2.3.2. Pengolahan Data

Citra Drone yang telah diperoleh selanjutnya akan melalui tahap pemilihan. Foto – foto yang terlihat kabur, miring, ataupun kesudutannya tidak tegak 90° akan dikeluarkan (Zarco-Tejada et al., 2014). Hasil foto yang terpilih dengan baik selanjutnya memasuki tahap penggabungan citra. Rincian alur pengolahan atau flowchart dapat dilihat pada Gambar 2.

- Penggabungan Citra

- a. *Aligning photo*

Aligning photo dilakukan untuk mengidentifikasi titik-titik meluruskan atau mensejajarkan foto.

- b. *Build Dense Cloud*

Build Dense Cloud akan mengolah hasil *align photo* menjadi banyak titik dengan memiliki nilai ketinggian penutup lahan.

- c. *Build Mesh*

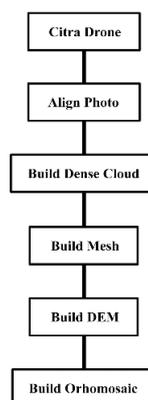
Build Mesh dilakukan untuk membangun model 3D suatu objek dengan membuat bidang berdasarkan dense cloud serta memperbaiki permukaan yang berlubang akibat pantulan sinar matahari atau citra yang cacat. Pendekatan model data yang digunakan adalah *Triangulasi Irregular Networks* (TIN).

- d. *Build DEM*

Build DEM yaitu membangun model elevasi digital menggunakan data hasil olahan cloud model atau mesh yang rapat dalam format raster atau grid. Diperoleh informasi elevasi hingga ke pemodelan lebih lanjut ke *build orthomosaik*.

- e. *Build Orthomosaic*

Build Orthomosaic yaitu proses penggabungan seluruh foto berdasarkan dengan referensi koordinat dan juga nilai kedalam suatu piksel. Berikut gambar susunan pengolahan penggabungan citra:



Gambar 2. Flowchart Penggabungan Citra

- Klasifikasi Spesies

Metode klasifikasi yang digunakan yaitu metode GEOBIA (*Geographic Object-Based Image Analysis*) adalah proses segmentasi hasil orthomosaik foto udara sesuai dengan warna, bentuk,

tekstur dan kedekataan objek yang diinterpretasi secara visual dengan cara *digitizing on-screen* serta diklasifikasikan berdasarkan objek (Salim dkk., 2018).

a. *Multiresolution Segmentation*

Proses *multiresolution segmentation* dilakukan untuk mengelompokkan piksel tunggal pada citra yang kemudian berturut-turut menjadi suatu segmen yang lebih besar secara berpasangan dengan menggunakan tiga algoritma parameter yaitu skala (*scale*), bentuk (*shape*), dan kekompakan (*compactness*). Prosedur *Insert Class* dilakukan untuk menentukan nama-nama kelas yang akan diklasifikasi dengan memasukkan keterangan kelas secara manual (Sulong et al., 2002).

b. Memilih sampel *Region of Interest* (ROI)

Langkah ini dilakukan untuk membuat kelas-kelas penutupan lahan memilih beberapa segmen untuk dijadikan sampel klasifikasi.

c. Mengatur *Feature Space*

Langkah ini adalah memunculkan dan mengatur beberapa fitur informasi tiap-tiap segmen seperti nilai *tekstur*, geometri, standar deviasi, dan lainnya.

d. Mengatur klasifikasi *Nearest Neighbor*

Langkah ini mengaktifkan algoritma klasifikasi berdasarkan nilai segmen yang terdekat serta memasukkan kelas-kelas target kemudian dilakukan klasifikasi dengan menggunakan algoritma *classification* pada *process tree* serta memilih kelas yang aktif untuk diklasifikasikan.

e. Eksekusi klasifikasi

Pada tahap ini dilakukan eksekusi klasifikasi berdasarkan *feature space* dan *nearest neighbor* sebelumnya.

f. Melakukan *Dissolve*

Langkah ini untuk mempertajam serta memperhalus tepi segmen yang sudah terklasifikasi.

2.3.3. Uji Akurasi

Teknik uji akurasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan mengambil data titik jenis objek di lapangan dan membandingkannya dengan data citra yang diambil drone. Parameter uji akurasi yang digunakan adalah ketelitian komisi, ketelitian omisi, ketelitian keseluruhan, dan koefisien Kappa. Titik uji akurasi kemudian dianalisis dalam klasifikasi, *User Accuracy* (UA) *Producer Accuracy* (PA), dan *Overall Accuracy* (OA), dan kappa (Congalton and Green, 2009). Analisis awal yaitu melakukan uji akurasi semua kelas dengan rumus *overall accuracy* (persamaan 2).

$$\text{Overall accuracy (\%)} = \frac{\text{Jumlah titik yang terklasifikasi benar}}{\text{Jumlah sample uji akurasi}} \times 100 \quad (2)$$

Setelah melakukan uji akurasi semua kelas, selanjutnya dilakukan uji akurasi setiap kelas untuk mengetahui tingkat kebenaran klasifikasi setiap kelas dengan rumus *producer accuracy* dan *user accuracy* (persamaan 3 dan 4).

$$\text{Producer accuracy (\%)} = \frac{\text{Jumlah sample uji suatu kelas yang benar}}{\text{Jumlah sample uji akurasi pada suatu kelas}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{User accuracy (\%)} = \frac{\text{Jumlah sample uji suatu kelas yang benar}}{\text{Jumlah sample uji terklasifikasi kelas itu}} \times 100 \quad (4)$$

Setelah melakukan uji akurasi tiap kelas, selanjutnya dilakukan perhitungan kappa untuk mendapatkan perbandingan hasil klasifikasi yang diuji dengan klasifikasi yang acak maka diperlukan uji akurasi kappa (persamaan 5).

$$\text{Koefisienkappa} = \frac{N \sum_{i=1}^I X_{ii} - \sum_{i=1}^I X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^I X_{i+} X_{+i}} \times 100 \quad (5)$$

Dimana N adalah total sample untuk uji akurasi; X_{ii} adalah jumlah sampel yang terklasifikasi benar; X_{i+} adalah jumlah sampel seluruh kolom pada suatu baris; dan X_{+i} adalah jumlah sampel seluruh baris pada suatu kolom.

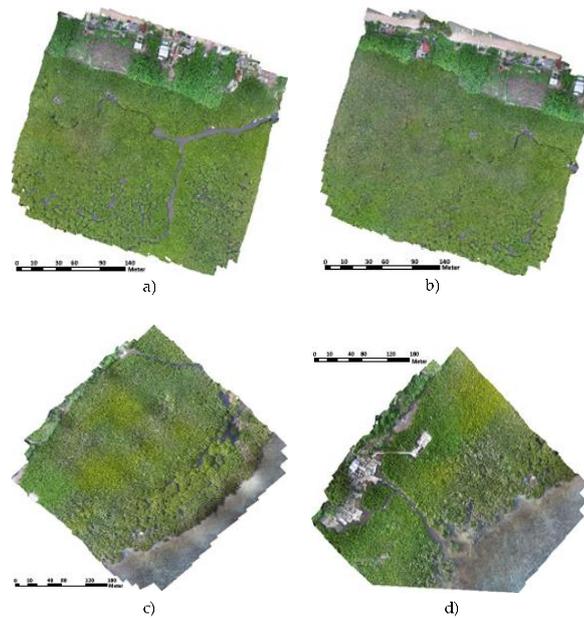


Gambar 3. (a). *Avicennia alba*, (b). *Avicennia alba*, (c). *Bruguiera gymnorhiza*, (d). *Rhizophora apiculata*, (e). *Sonneratia alba*

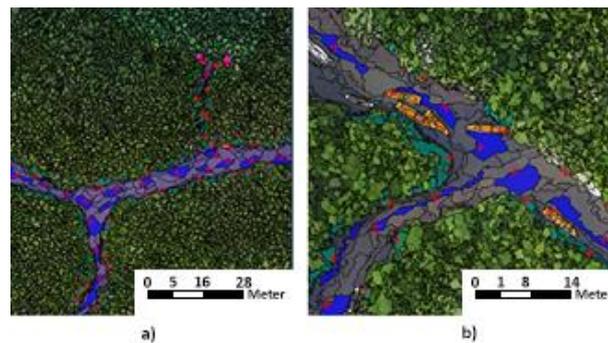
3. Hasil dan Pembahasan

Didapatkan lima jenis mangrove *mayor* dengan komposisi pada area uji di kawasan utara terdapat dua jenis mangrove sedangkan di area uji kawasan timur diperoleh empat jenis mangrove dengan satu jenis mangrove yang sama. Adapun total jenis mangrove yang diperoleh di kedua kawasan hutan mangrove Nusa Lembongan yaitu *Avicennia alba*, *Avicennia lanata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Rhizophora apiculata*, dan *Sonneratia alba* dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil penampakan jenis mangrove pada foto udara secara visual sangat beragam. Jenis *Bruguiera gymnorhiza* memiliki kemiripan dengan *Rhizophora apiculata* yang memiliki warna dominan hijau. Dilihat dari persebaran dan karakter tumbuhnya, jenis *Rhizophora apiculata* hidup berkelompok dengan persebaran hampir di setiap aliran sungai menuju daratan, sedangkan jenis *Bruguiera gymnorhiza* cenderung hidup terpisah. Jenis mangrove *Avicennia lanata* memiliki ciri khas tersendiri yaitu memiliki rambut halus berwarna putih sehingga dengan mudah dibedakan secara visual. Jenis mangrove *Sonneratia alba* secara visual tampak berwarna hijau keabu-abuan dikarenakan warna belakang daunnya dan batangnya berwarna keabuan. Jenis mangrove *Avicennia alba* memiliki warna daun yang sedikit kusam keabuan serta karakteristik pohonnya yang rata - rata tumbuh lebih tinggi dari spesies lainnya. Secara visual kenampakan jenis-jenis mangrove tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 5. (a). Misi penerbangan 1, (b). Misi penerbangan 2, (c). Misi penerbangan 3, (d). Misi penerbangan 4



Gambar 4. Titik observasi lapangan untuk training area pada algoritma klasifikasi, a) Titik observasi pada kawasan utara Desa Jungut batu Nusa Lembongan, b) Titik observasi pada kawasan timur Desa Jungut batu Nusa Lembongan

Hasil penerbangan drone dengan empat kali misi penerbangan memperoleh total 726 foto, dengan jumlah masing-masing penerbangan yaitu misi I sebanyak 198 foto, misi II sebanyak 196 foto, misi III sebanyak 166 foto, dan misi IV sebanyak 166 foto. Total yang diperoleh data citra drone ditampilkan pada Gambar 5.

3.1 Hasil Klasifikasi Citra

Hasil klasifikasi dari citra drone dengan metode klasifikasi GEOBIA yang ditambah dengan data lapangan dihasilkan distribusi spesies mangrove di Nusa Lembongan. Hasil distribusi ditampilkan pada Gambar 6 dan 7.

Titik area penelitian telah dipilih pada tempat yang konsentrasi aktivitas pariwisatanya yang berbeda. Pada kawasan utara konsentrasi aktivitas pariwisatanya yang tinggi dan di kawasan timur Nusa Lembongan konsentrasi aktivitas pariwisatanya yang rendah. Area penelitian yang ditentukan sudah mewakili 30% luas keseluruhan hutan mangrove Nusa Lembongan yaitu luas total 52,44 ha.

Hasil klasifikasi diperoleh distribusi mangrove pada kawasan utara Jungut Batu, jenis mangrove *Rhizophora apiculata* lebih mendominasi dengan luasan 18,82 ha, dan *Bruguiera gymnorrhiza* seluas 4,34 ha. Pada kawasan timur Jungut Batu jenis mangrove *Rhizophora apiculata* kembali mendominasi

dibandingkan dengan jenis mangrove lainnya seluas 22,03 ha diikuti dengan spesies mangrove *Avicennia alba* dengan luas 6,43 ha, *Sonneratia alba* 0,54 ha, dan *Avicennia lanata* seluas 0,28 ha.

Hasil uji akurasi yang dilakukan meliputi *user acuration* (UA), *producer acuration* (PA), dan *overall acuration* (OA) yang dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Uji akurasi hasil klasifikasi jenis mangrove di kawasan utara Desa Jungut Batu, Nusa Lembongan.

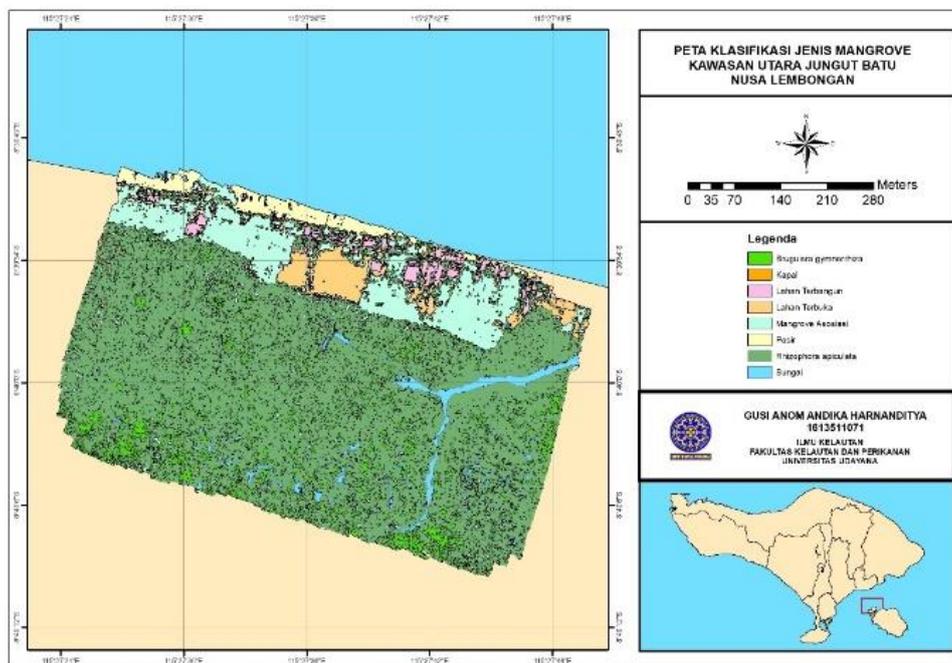
Data Citra	A	BG	MA	RA	Total	PA
A	41	2	1	9	53	71%
BG	0	19	5	17	41	46%
MA	3	9	68	10	90	75%
RA	24	31	12	105	172	61%
Total	68	61	86	141		
UA	60%	31%	79%	74%		

OA (pemetaan klasifikasi spesies mangrove) = 65%

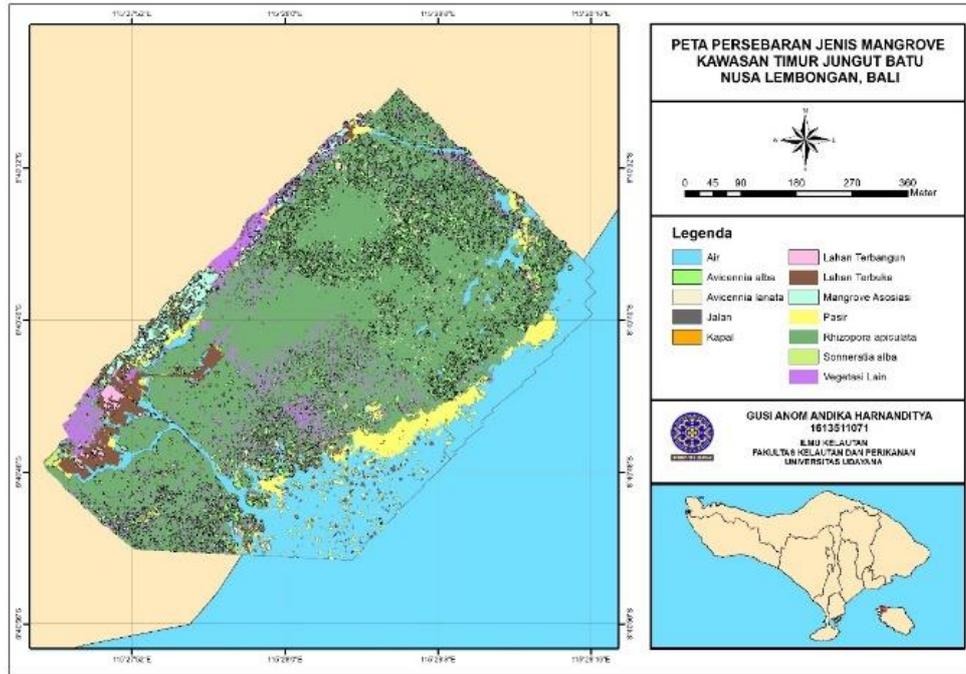
Koefisien kappa = 0,54

Keterangan: Air (A), *Bruguiera gymnorhiza* (BG), Mangrove Asosiasi (MA) dan *Rhizophora apiculata* (RA).

Hasil uji akurasi pada area uji di kawasan utara diperoleh nilai *Producers Accuracy* (PA) yaitu kelas Air dengan nilai 71%, *Bruguiera gymnorhiza* sebesar 46%, Mangrove Asosiasi sebesar 75%, dan *Rhizophora apiculata* sebesar 61%. Untuk *User Accuracy* (UA) yaitu kelas Air sebesar 60%, *Bruguiera gymnorhiza* sebesar 31%, Mangrove Asosiasi 79%, *Rhizophora apiculata* sebesar 74%. Dilihat secara keseluruhan atau *Overall Accuracy* (OA) klasifikasi jenis mangrove memperoleh nilai akurasi sebesar 65% dan nilai koefisien *kappa* sebesar 0,54. Hasil uji akurasi ini menunjukkan tingkat akurasi yang baik dengan total titik sampel yang diambil secara *purposive sampling* sebanyak 356 titik.



Gambar 6. Pemetaan distribusi spesies mangrove di area uji kawasan utara Desa Jungut Batu, Nusa Lembongan



Gambar 7. Pemetaan distribusi spesies mangrove di area uji kawasan timur Desa Jungut Batu, Nusa Lembongan

Tabel 3. Uji akurasi hasil klasifikasi jenis mangrove di kawasan timur Desa Jungut Batu, Nusa Lembongan

Data Citra	A	AA	AL	MA	RA	SA	Total	PA
A	68	0	3	0	0	9	80	85%
AA	3	11	0	0	2	1	17	65%
AL	3	2	9	0	3	1	18	52%
MA	0	1	0	17	8	0	26	65%
RA	23	7	1	8	42	0	81	51%
SA	5	1	1	0	2	11	20	55%
Total	102	25	11	25	66	13		
UA	66%	44%	81%	68%	63%	84%		
OA (pemetaan klasifikasi spesies mangrove) = 65%								
Koefisien Kappa = 0,56								

Keterangan: Air (A), Avicennia alba (AA), Avicennia lanata (AL), Bruguiera gymnorrhiza (BG), Mangrove Asosiasi (MA), dan Rhizophora apiculata (RA).

Hasil uji akurasi pada area uji di kawasan timur menunjukkan nilai *Producer Accuracy* (PA) kelas Air sebesar 85%, *Avicennia alba* sebesar 65%, *Avicennia lanata* sebesar 52%, Mangrove Asosiasi sebesar 65%, *Rhizophora apiculata* sebesar 51%, dan *Sonneratia alba* sebesar 55%. Nilai yang diperoleh untuk *User accuracy* kelas Air sebesar 66%, *Avicennia alba* sebesar 44%, *Avicennia lanata* sebesar 81%, Mangrove Asosiasi sebesar 68%, *Rhizophora apiculata* sebesar 63%, dan *Sonneratia alba* sebesar 84%. Dilihat secara keseluruhan atau *Overall Accuracy* (OA) klasifikasi jenis mangrove memperoleh nilai akurasi sebesar 65% dengan nilai koefisien *kappa* sebesar 0,56. Hasil uji akurasi ini menunjukkan tingkat akurasi yang baik dengan pengambilan titik uji akurasi dilakukan secara *purposive sampling* dengan jumlah titik sebanyak 242 titik.

Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan Yaney-Keller et al. (2019) dan Hsu et al. (2020) hanya menunjukkan pemetaan mangrove saja sedangkan hasil penelitian ini lebih detail dari segi pemetaan, khususnya pemetaan mangrove hingga tingkat spesies. Penelitian Yaney-Keller et al. (2019), menggunakan metode pendekatan piksel yang hanya berbasis data spectral, sedangkan penelitian ini lebih layak karena menggunakan metode pendekatan baru yang lebih unggul dibandingkan metode pendekatan piksel, karena tidak hanya memperhatikan spektral tetapi juga

memperhatikan klasifikasi secara spasial sehingga dapat memperoleh hasil yang baik yaitu metode GEOBIA (Wibowo dan Suharyadi, 2012).

Penelitian Cao et al. (2018), yang melakukan uji coba klasifikasi spesies mangrove berbasis objek menggunakan UAV *Hyperspectral* dengan metode SVM (*Support Vector Machine*) dan KNN (*K-Nearest Neighbor*) memperoleh hasil uji akurasi yang sangat baik yaitu nilai OA 88,66% dan nilai koefisien kappa sebesar 0,871. Sehingga penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk melakukan penambahan sensor pada kamera drone guna memperoleh data yang lebih akurat sesuai dengan penelitian.

4. Simpulan

Kemampuan drone untuk mengetahui distribusi spesies mangrove memperoleh tingkat akurasi yang baik dengan rata-rata nilai akurasi keseluruhan 65% dan nilai koefisien kappa sebesar 0,56. Dari pemetaan spesies mangrove sejati utama (*mayor*) diperoleh total lima jenis mangrove, dua spesies diantaranya *Rhizophora apiculata* dengan luas sebesar 18,82 ha, dan *Bruguiera gymnorrhiza* seluas 4,32 ha terdistribusi pada lokasi penelitian di kawasan utara Jungut Batu. Pada kawasan timur lokasi penelitian diperoleh empat jenis mangrove yaitu *Rhizophora apiculata* seluas 22,03 ha, *Avicennia alba* seluas 6,43 ha, *Sonneratia alba* seluas 0,54 ha, dan *Avicennia lanata* seluas 0,28 ha. Drone mampu dan sangat direkomendasikan dalam pemetaan mangrove sampai tingkat spesies. Tentu perlu adanya penambahan sensor pada kamera drone dan uji metode lain selain GEOBIA untuk peningkatan akurasi.

Ucapan terimakasih

Ucapan terimakasih dari penulis yang sebesar-besarnya kepada I Gede Andika Wijantara yang telah membantu pengambilan data dan Hanggar Prasetyo Kadarisman, S.Pi yang telah memberikan panduan dalam pengolahan data.

Daftar Pustaka

- Amelia, N. R., Akhbar, & Arianingsih, I. (2015). Pembuatan peta penutupan lahan menggunakan foto udara yang dibuat dengan paramotor di Taman Nasional Lore Lindu (TNLL) (Studi kasus Desa Pakuli Kecamatan Gumbasa Kabupaten Sigi). *Jurnal Warta Rimba*, *3*(2), 65-72.
- 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*(1), 1-20.
- Congalton, R. G., & Green, K. (2009). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data Principles and Practices*. (2nd ed.). Perth, France: Taylor & Francis Group LLC.
- Crutsinger, G. M., Short, J., & Sollenberger, R. (2016). The future of UAVs in ecology: an insider perspective from the Silicon Valley drone industry. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, *4*(1), 1-8.
- CTC & BPHMW. (2010). *Identifikasi Flora dan Fauna Mangrove Nusa Lembongan dan Nusa Ceningan. Nusa Penida*. Klungkung, Indonesia: Coral Triangel Center dan Balai Pengelolaan Hutan Mangrove Wilayah I.
- Eisenbeiss, H. (2009). *UAV Photogrammetry. Dissertation. Dresden, Germany: Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH Zurich*.
- Hussain, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H., Stanley, D. (2013). Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *80*(9), 91-106.
- Hsu, A. J., Kumagai, J., Favoretto, F., Dorian, J., Martinez, B, G., & Aburto-Oropeza, O. (2020). Driven by Drones: Improving Mangrove Extent Maps Using High-Resolution Remote Sensing. *Remote Sensing*, *12*(1), 1-18.

- Karang, I. W. G. A., As-syakur, A. R., Faiqoh, E., & Dharma, I. G. B. S. (2015). *Perubahan luas areal mangrove di Tahura Ngurah Rai dari data LANDSAT*. Dalam Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi. 2015. Badung, Indonesia, 29-30 Oktober 2015 (pp. 2100-2107).
- KLHK (2017). *Siaran pers miliki 23% ekosistem mangrove dunia, indonesia tuan rumah konferensi internasional mangrove 2017*. [online] Tersedia di: http://ppid.menlhk.go.id/siaran_pers/browse/561, [diakses: 20 September 2019].
- Nagendra, I. W. M. D., Karang, I. W. G. A., & Puspitha, N. L. P. R. (2019). Perbandingan Kemampuan Satelit SAR, Optik dan Kombinasi SAR & Optik Untuk Mendeteksi Area Mangrove di Teluk Benoa. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(2), 260-272.
- Noor, Y. R., Khazali, M., & Suryadiputra, I. N. N. (2012). *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. (3th ed.). Bogor: Wetlands International Indonesian Programme.
- Palguna, I. B. A., Ardhana, I. P. G., & Arthana, I. W. (2017). Struktur dan keanekaragaman jenis mangrove di Kawasan Hutan Mangrove Nusa Lembongan, Kecamatan Nusa Penida, Kabupaten Klungkung. *Ecothropic*, 11(2), 108-115.
- Pratama, I. G. M. Y., Karang, I. W. G. A., & Suteja, Y. (2019). Distribusi Spasial Kerapatan Mangrove Menggunakan Citra Sentinel-2A Di TAHURA Ngurah Rai Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(2), 192-202.
- Ruwaimana, M., Atmaja, N., & Yuda, I. P. (2017). Resolusi spasial optimum pada citra drone untuk klasifikasi spesies mangrove dengan metode Maximum Likelihood. *Biota*, 2(2), 68-76.
- Salim, H. L., Ati, R. N. A., & Kepel, T. L. (2018). Pemetaan dinamika hutan mangrove menggunakan drone dan penginderaan jauh di p. rambut, kepulauan seribu. *Jurnal Kelautan Nasional*, 13(2), 89-97.
- Samsodin, I., Dharmawan, I. W. S., & Siregar, C. A. (2009). Potensi biomasa karbon hutan alam dan hutan bekas tebangan setelah 30 tahun di Hutan Penelitian Malinau, Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 6(1), 47-56.
- Satyanarayana, B., Mohamad, K. A., Idris, I. F., Husain, M., & Dahdouh-Guebas, F. (2011). Assessment of mangrove vegetation based on remote sensing and ground-truth measurements at Tumpat, Kelantan Delta, East Coast of Peninsular Malaysia. *International Journal of Remote Sensing*, 32(6), 1635-1650.
- Setiawan, F., Qisthy, A., & Irwan, A. (2009). *Pemetaan Luas Kerapatan Hutan Mangrove Sebagai Kawasan Konservasi Laut di Nusa Lembongan, Bali Menggunakan Citra Satelit ALOS*. Laporan Penelitian. Bandung, Indonesia: Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjajaran.
- Setiawan, M. A., Wahyono, E. B., & Suyudi, B. (2019). Hasil pemotretan unmanned aerial vehicle pada variasi topografi untuk pengukuran dan pemetaan. *Jurnal Tunas Agraria*, 2(1), 21-44.
- Shantika, B., & Mahagangga, I. G. A. O. (2018). Dampak perkembangan pariwisata terhadap kondisi sosial ekonomi masyarakat di Pulau Nusa Lembongan. *Jurnal Destinasi Pariwisata*, 6(1), 177-183.
- Sulong, I., Mohd-Lokman, H., Mohd-Tarmizi, K., & Ismail, A. (2002). Mangrove mapping using Landsat imagery and aerial photographs: Kemaman District, Terengganu, Malaysia. *Environment, Development and Sustainability*, 4(2), 135-152.
- Utomo, B. (2017). Drone untuk percepatan pemetaan bidang tanah. *Media Komunikasi Geografi*, 18(2), 146-155.
- Wibowo, T. S., & Suharyadi, R. (2012). Aplikasi object-based image analysis (obia) untuk deteksi perubahan penggunaan lahan menggunakan citra alos avnir-2. *Jurnal Bumi Indonesia*, 1(3), 130-138.
- Winarso, G., & Purwanto, A. D. (2014). Evaluation of Mangrove Damage Level Based on Landsat 8 Image. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 11(2), 105-116.

- Yaney-Keller, A., Tomillo, P. S., Marshall, J. M., & Paladino, F. V. (2019). Using unmanned aerial system (UAS) to assay mangrove estuaries on the Pacific coas of Costa Rica. *PLoS ONE*, **14**(6), e0217310.
- Zarco-Tejada, P. J., Diaz-Varela, R., Angileri, V., & Loudjani, P. (2014). Tree height quantification using very high-resolution imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV) and automatic 3D photo-reconstruction methods. *European Journal of Agronomy*, **55**(9), 89-99.



© 2023 by the authors; licensee Udayana University, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>).