

PEMETAAN HABITAT BENTIK BERBASIS OBJEK MENGGUNAKAN DRONE DI PERAIRAN PULAU GILI LABAK, SUMENEP
OBJECT-BASED BENTHIC HABITAT MAPPING USING DRONES IN THE WATERS OF GILI LABAK ISLAND, SUMENEP

Adhitya Nugroho^{1*}, Bisman Nababan², James Parlindungan Panjaitan², Syamsul Bahri Agus²

¹Program Studi Teknologi Kelautan, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Bogor, Jawa Barat 16680

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor, Jawa Barat, 16680

*Corresponden author email: adhtyanugroho@gmail.com

Submitted: 30 January 2024 / Revised: 19 March 2024 / Accepted: 27 March 2024

<http://doi.org/10.21107/jk.v17i1.24518>

ABSTRAK

Pemetaan habitat bentik menggunakan drone memiliki kendala terkait kondisi cuaca dan lingkungan, seperti kecepatan angin dan sun glint yang dapat mengganggu pengambilan gambar dan klasifikasi gambar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sudut sensor drone yang optimal, waktu penerbangan drone terbaik di lokasi penelitian, serta mengetahui tingkat akurasi algoritma support vector machine menggunakan metode OBIA. Penelitian ini dilaksanakan di perairan Pulau Gili Labak pada bulan Oktober 2022 menggunakan drone DJI Phantom 4. Penelitian ini menerapkan dua sudut sensor 45° dan 90° serta waktu pengambilan pukul 08:00; 09:30; 13:15; 14:45. Klasifikasi citra drone menggunakan metode OBIA menggunakan metode contextual editing pada level 1 (perairan dangkal). Level 2 menggunakan klasifikasi terbimbing menggunakan algoritma klasifikasi machine learning yaitu support vector machine (SVM) dengan input thematic layer dari data lapangan. Klasifikasi habitat bentik dilakukan pada 6 kelas dengan penerapan skala segmentasi 25, 50, 70, 100. Berdasarkan hasil pengambilan gambar waktu terbaik menerbangkan drone pada pukul 13:15 menggunakan sudut sensor 90° dilokasi penelitian, diperoleh nilai overall accuracy sebesar 84.06% serta nilai kappa 0.78656 pada skala segmentasi 50 dengan algoritma support vector machine.

Kata kunci: pemetaan, habitat bentik, OBIA, drone, Pulau Gili Labak

ABSTRACT

Benthic habitat mapping using drones has constraints related to weather and environmental conditions, such as wind speed and sun glint that can interfere with image capture and image classification. This study aims to determine the optimal drone sensor angle, the best drone flight time at the research location, and determine the accuracy of the support vector machine algorithm using the OBIA method. This research was conducted in the waters of Gili Labak Island in October 2022 using a DJI Phantom 4 drone. This research applied two sensor angles of 45° and 90° and the capture time at 08:00; 09:30; 13:15; 14:45. Classification of drone imagery using the OBIA method utilizes contextual editing at level 1 (shallow water). Level 2 uses guided classification using a machine learning classification algorithm, namely support vector machine (SVM) with thematic layer input from field data. Benthic habitat classification was performed on 6 classes with the application of segmentation scales of 25, 50, 70, 100. Based on the results of taking pictures of the best time to fly the drone at 13:15 using a 90° sensor angle at the research location, an overall accuracy value of 84.06% was obtained and a kappa value of 0.78656 on a segmentation scale of 50 with the support vector machine algorithm.

Keywords: Mapping, Benthic Habitats, OBIA, Gili Labak Island

PENDAHULUAN

Pulau Gili Labak merupakan salah satu pulau kecil yang secara administrasi berada di

wilayah Kabupaten Sumenep. Pulau Gili Labak merupakan wilayah yang memiliki potensi wisata strategis serta masuk kedalam kawasan lindung terumbu karang yang di prioritaskan

oleh pemerintah Kabupaten Sumenep. Wilayah pesisir memiliki peranan penting dalam kegiatan manusia dan proses biologis, menjadikannya area vital bagi pertemuan darat dan laut. Daerah pesisir umumnya memiliki peranan vital dalam menjalankan fungsi ekosistem. Sebagai contoh, ekosistem mangrove, terumbu karang, dan padang lamun biasanya membentuk rangkaian habitat perairan dangkal dimana organisme memanfaatkannya sebagai tempat pemijahan dan pembesaran pada tahap awal kehidupan bagi biota laut (Nagalkerken *et al.*, 2015)

Peningkatan dalam teknologi satelit selama 20 tahun terakhir secara signifikan telah meningkatkan nilai citra penginderaan jauh bagi ahli ekologi (Goodman *et al.*, 2013). Namun, dengan resolusi spasial terbaik pada 31 cm/pixel untuk *panchromatic* dan 1.24 m untuk data *multispectral* (Worldview-3 satellite), citra satelit komersial masih lebih cocok untuk menilai sebaran dan kondisi bentik, zona geomorfologi, konektivitas antara habitat terumbu karang dengan ekosistem ikan terumbu serta perubahan pada terumbu karang secara keseluruhan (Hamylton, 2017; Roelfsema *et al.*, 2018).

Pemetaan dengan pendekatan penginderaan jarak jauh banyak menggunakan citra satelit, dimana memiliki kendala resolusi spasial yang relative rendah dikarenakan tingginya frekuensi tutupan awan (Nababan *et al.*, 2021), maka dikembangkan teknologi foto udara menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehivle*) sebagai alternatif utama dalam menyediakan data dan informasi spasial secara efektif dan efisien pada area yang terbatas. Potensi penggunaan UAV dalam pemetaan dan pemantauan laut terus meningkat, karena UAV efektif dalam mendapatkan citra beresolusi tinggi dengan biaya relatif rendah serta fleksibilitas pengoprasian pada saat tertentu pada area kecil hingga besar (Doukari *et al.*, 2021). Kemampuan UAV dalam memperoleh resolusi gambar yang tinggi sampai centimeter, yang dimana tidak dapat dicapai menggunakan metode penginderaan jauh lainnya, mengisi gap antara satellite, *airborne*, dan data lapangan (Klemas, 2015).

Penerapan teknologi UAV dalam peneltiain ilmiah untuk pemetaan telah banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang ilmu seperti dibidang kelautan seperti penelitian pemantauan terumbu karang (Raber & Schill, 2019). Pemantauan kebiasaan habitat dari ikan pari (Oleksyn, 2021) dan pemantauan karakteristik habitat dari rumput laut diperairan

tropis (Hamad, 2022). Melakukan pemetaan habitat bentik menggunakan drone dan citra satelit (Mastu *et al.*, 2018; Nababan *et al.*, 2021).

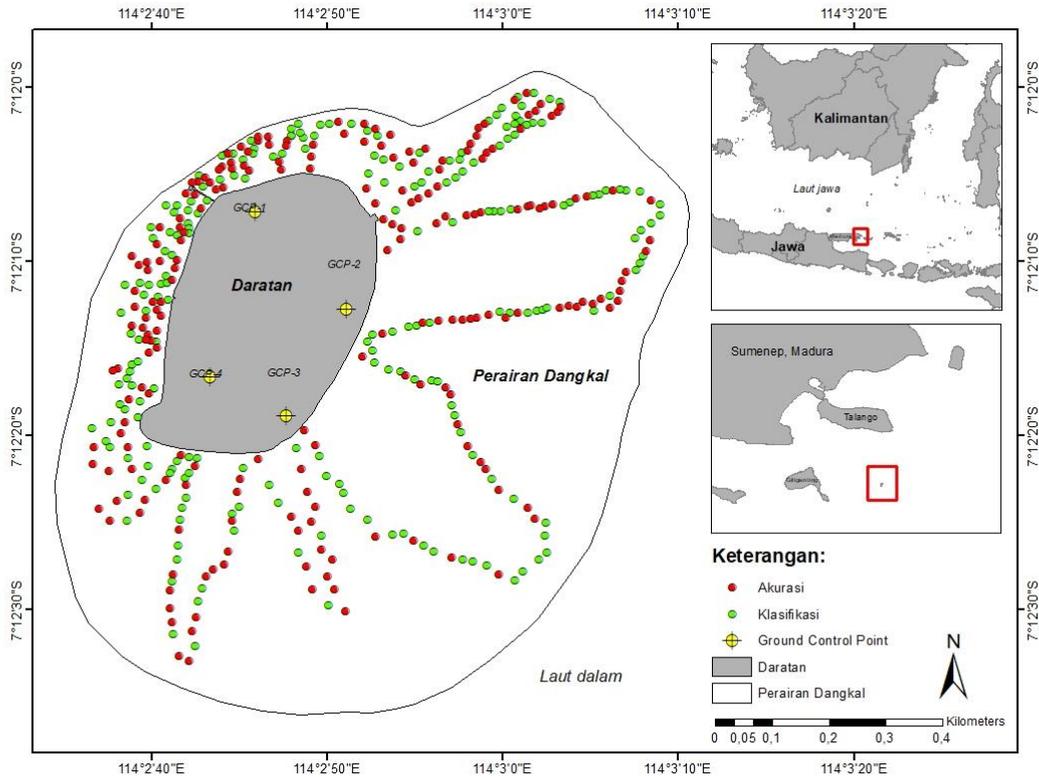
Pemetaan menggunakan UAV memiliki banyak keterbatasan terkait dengan kondisi lingkungan dan cuaca (misalnya: kecepatan angin), parameter oseanografi, dan kondisi laut selama pengambilan data (Nahirnick *et al.*, 2019; Doukari *et al.*, 2019). Keterbatasan tersebut meliputi kondisi lingkungan yang mempengaruhi kondisi permukaan perairan dan kolom perairan, yang menghambat kemampuan melihat dasar laut. Faktor yang mempengaruhi kualitas gambar pada pengambilan gambar di atas permukaan laut adalah *sunlint*. *Sunlint* terjadi ketika sudut pantulan pancaran sinar matahari sejajar dengan sudut pantulan sensor kamera. Pada umumnya pantulan specular menyebabkan kecerahan pada gambar, mengurangi *signal to noise* dan menghasilkan kesalahan dalam interpretasi gambar serta mempengaruhi terhadap akurasi data (Muslim *et al.*, 2019).

Menurut (Cox and Munk, 1954; Nababan *et al.*, 2021) menyatakan bahwa keberadaan *sunlint* dapat diminimalisir dengan cara memiringkan sensor kamera karena pada sudut pandang terbaik instrument terhadap kolom perairan adalah 45°. Menurut (Mount, 2005; Joyce *et al.*, 2018; Chong *et al.*, 2021) memiringkan sudut sensor kamera menjauhi nadir dapat menggeser keberadaan *sunlint* ke sudut pinggir gambar dengan begitu pada proses mosaic gambar efek keberadaan *sunlint* dapat berkurang serta pengambilan gambar pada kecepatan angin yang rendah dan menghindari pengambilan gambar pada tengah hari. Serta belum ada informasi pukul berapa pengambilan gambar drone yang optimal pada lokasi penelitian. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sudut sensor berapakah yang paling optimal, waktu yang optimal untuk penerbangan drone pada perairan, serta mengetahui tingkat akurasi pada algoritma *support vector machine* menggunakan metode OBIA.

MATERI DAN METODE

Waktu dan Tempat

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2022 di Perairan Pulau Gili Labak, Kabupaten Sumenep. Secara geografis lokasi penelitian terletak antara 7°12'0" LS - 7°12'40" LS dan 114°35'0" BT - 114°3'10" BT. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan titik pengambilan data.

Data dan Alat

Data yang digunakan adalah data pengamatan lapangan, serta data *drone* yang di akuisisi pada tanggal 28-31 Oktober 2022. Perangkat *drone* yang digunakan *DJI Phantom 4* yang menggunakan sensor kamera RGB (*red, green, blue*). Aplikasi yang digunakan untuk pengoprasian *drone* menggunakan *Dronedeploy*. Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data dilapang adalah *GPS Geodetic*, peralatan *snorkling*, transek kuadrat, kamera *underwater*, alat tulis *underwater*, plastic kedap air. Pengolahan dan analisis data menggunakan computer *Intel Core i5* dengan perangkat lunak terdiri dari: *Microsoft office, ArcGIS Dekstop 10.4, eCognition Developer 64 bit, Agisoft metashape Professional 64 bit, Trimbel Business Center 64 bit*.

Pengumpulan data habitat bentik dilapangan dilakukan dengan pengamatan secara langsung dan dikombinasikan dengan menggunakan teknik foro transek kuadrat (Mastu et al., 2018). Transek kuadrat yang digunakan berukuran 10x10cm² dengan metode pengambilan data secara *stratified random sampling*. Ukuran luas transek kuadrat disesuaikan dengan akurasi *GPS Geodetic* yang digunakan, transek kuadrat dengan luasan yang kecil dapat berfungsi untuk

memperkecil error yang terjadi antara lokasi yang sebenarnya di lapang dengan citra *drone* yang diperoleh. Data habitat bentik yang diambil sebanyak 415 titik pengamatan, kemudian dibagi menjadi dua bagian yaitu: (1) sebanyak 208 titik sebagai acuan untuk *RoI (region of interest)* pada proses klasifikasi citra dan (2) sebanyak 207 titik akan dijadikan sebagai data untuk uji akurasi dari hasil klasifikasi citra.

Akuisi Citra UAV

Kualitas foto udara bergantung pada kondisi lingkungan seperti angin, arus, gelombang, tutupan awan, dan internsitas matahari. Kualitas terbaik pada hasil foto udara akan dihasilkan pada kondisi kecepatan angin yang relative rendah, kondisi permukaan perairan yang tenang, langit yang cerah, serta tidak adanya *sun glint* atau pantulan cahaya matahari yang berada di permukaan perairan. Kehadiran *sun glint* dapat menyebabkan gambar yang tidak jelas atau pergeseran yang salah dalam alur kerja *photogrammetric* (Nababan et al., 2021). Pada penelitian ini proses akuisisi citra UAV dibagi menjadi 4 kategori waktu untuk mencari waktu dimana hasil citra drone yang paling optimal. Waktu tersebut dibagi menjadi: (a) pukul 08:00-09:15; (b) Pukul 09:30-10:45; (c) Pukul 13:15-14:30; (d) Pukul 14:45-16:00 WIB. Sudut kemiringan

sensor pada penelitian ini dibagi menjadi dua kategori yang pertama sudut sensor 90° dan yang kedua 45°. Kondisi perairan pada saat pengambilan drone relative tenang, cerah, dan kecepatan angin rendah. Drone terbang pada ketinggian 120 m diatas permukaan laut. *Sidelap* dan *overlap* pada penelitian ini menggunakan 70% dengan pengaturan kecepatan terbang drone 15 m/s.

Proses Citra Orthofoto Digital

Proses *orthomosaic* foto udara dilakukan dengan beberapa tahapan pengolahan yaitu: (1) *add photo* (Memasukkan data foto udara kedalam Agisoft Metashape); (2) *Align photo* (Penyesuaian posisi dan orientasi kamera tiap foto serta membangun *model point cloud* yang jarang); (3) *Optimize camera alignment* (Mengoptimalkan akurasi parameter kamera dan memperbaiki adanya distorsi pada foto); (4) *Build dense cloud* (Penggabungan tiap foto menjadi point cloud tunggal yang padat berdasarkan perkiraan poisis kamera); (5) *Build mesh* (Menghubungkan permukaan tiap foto berdasarkan point cloud yang padat); (6) *Build texture* (Pembentukan tekstur dan warna objek sesuai dengan foto); (7) *Building orthomosaic* (Pembentukan citra orthofoto); dan (8) *Export orthomosaic* (Ekspor citra orthofoto hasil orthomosaic). Proses ini dikerjakan secara berurutan hingga menghasilkan citra orthofoto atau citra UAV (Nababan *et al.*, 2021).

Koreksi Geometrik

Geometri pada gambar yang dihasilkan oleh citra *drone* harus dikoreksi supaya sesuai dengan system koordinat peta yang digunakan, sehingga gambar yang diperoleh dapat dengan mudah diidentifikasi dengan tepat atau titik-titik yang diamati dilapang dapat di klasifikasikan dengan benar pada gambar yang di peroleh (Green *et al.*, 2000). Koreksi geometrik pada penelitian ini menggunakan *Ground Control Point* (GCP) sebanyak empat titik yang disebar merata pada ujung pulau yang digunakan untuk menyesuaikan posisi gambar yang diperoleh dengan posisi koordinat sebenarnya di lapang. Koreksi geometri untuk gambar drone dilakukan secara otomatis selama proses *orthomosaic* karena informasi georeferensi secara otomatis dimasukkan selama proses tersebut.

Klasifikasi Citra

Metode klasifikasi citra menggunakan OBIA (*Object-based Image Classification*). Proses klasifikasi dengna metode OBIA menggunakan objek/segmen yang dibangun dalam proses

segmentasi citra, yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan skema klasifikasi yang telah ditentukan. Klasifikasi citra dibedakan menjadi dua level klasifikasi, Level 1 untuk memisahkan area penelitian antara darat, perairan dangkal, laut dalam sedangkan pada klasifikasi level 2 klasifikasi habitat bentik menggunakan algoritma *machine learning*.

Algoritma yang digunakan adalah *multiresolution segmentation* (MRS). Menurut Nababan *et al.*, (2021) algoritma MRS dimulai dengan piksel tunggal dan menggabungkan segmen tetangga (*neighboring segments*) hingga ambang batas (*threshold*) heterogenitas tercapai. Pada proses segmentasi dengan algoritma MRS terdapat tiga parameter penting yaitu *shape* (bentuk), *compactness* (kekompakan), dan *scale* (skala/ukuran). Pada penelitian ini menggunakan skala segmentasi level 1 sebesar 200 karena nilai ini mampu menghasilkan peta terbaik untuk level terumbu. Sedangkan pada level 2 menggunakan beberapa skala segmentasi parameter skala yang digunakan pada citra drone adalah MRS 25, 50, 70 dan 100 sedangkan untuk parameter *shape* dan *compactness* menggunakan nilai default yang tersedia sebesar 0.1 dan 0.5. Klasifikasi level 2 menggunakan *classifier* dengan penerapan algoritma klasifikasi seperti *support vector machine* (SVM) dengan *input thematic layer* atau training area dari data lapangan untuk mengklasiSikasikan kelas habitat bentik. Formula dari masing-masing algoritma klasifikasi menggunakan *Support vector machine* (Tzotsos, 2006):

$$f(x) = \sum_{i \in S} \lambda_i y_i K(x_i, x) + w_0 \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan: *K* merupakan fungsi kernel, *y_i* dan *x_i* mewakili sampel pelatihan, *λ_i* merupakan pengganda *lagrange*, *S* bagian dari sampel pelatihan yang sesuai dengan pengganda *lagrange non-zero*, dan *w₀* adalah parameter *hyperlane*.

Uji akurasi

Uji akurasi yang umum dilakukan pada data hasil klasifikasi penginderaan jauh adalah matriks kesalahan/ *confusion matrix*. Perhitungan akurasi dengan cara membuat table matriks yang membandingkan kelas hasil klasifikasi citra dengan kenyataan dilapangan berdasarkan data sampel uji lapangan (Prayuda, 2014). Menurut Congalton and Green, (2009) *Confusion matrix* adalah table yang digunakan untuk menentukan kinerja

suatu model klasifikasi. Perhitungan akurasi menggunakan table ini dapat dilakukan dengan memperhitungkan *User Accuracy* (UA), *Producer Accuracy* (PA) dan *Overall Accuracy* (OA) (Green et al., 2000). Perhitungan masing-masing akurasi dihitung dalam persamaan berikut (Cogalton dan green, 2009):

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \dots\dots\dots (2)$$

$$PA = \frac{n_{jj}}{n_{+j}} \dots\dots\dots (3)$$

$$UA = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan: *k* adalah jumlah baris pada matriks, *n* adalah jumlah pengamatan, *n_{ii}* adalah jumlah pengamatan pada kolom ke-*i* dan baris ke-*i* dan *n_{jj}* merupakan jumlah pengamatan pada kolom ke-*j* dan baris ke-*j*. *n_{+j}* jumlah dari sampel yang terkelaskan

kedalam kategori *j*, *n_{i+}* adalah jumlah dari sampel yang terkelaskan kedalam kategori *i*.

Nilai ini menunjukkan kondisi kuat atau tidaknya akurasi kesesuaian hasil klasifikasi dari olahan data citra dan keadaan di lapangan. Nilai Kappa memiliki kemungkinan rentang nilai dari 0 hingga 1.00 dengan kategori nilai diinterpretasikan berdasarkan (Landis dan Kock, 1977) yang disajikan pada **Tabel 1**. Perhitungan ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana: *K* merupakan koefisien kappa, *n* merupakan jumlah pengamatan, *k* jumlah baris pada matriks, *n_{ii}* merupakan jumlah pengamatan pada kolom ke-*i* dan baris ke-*i*, *n_{i+}* merupakan total marginal baris ke-*i*, *n_{+i}* merupakan total marginal kolom ke-*i*.

Tabel 1. Kategori indeks kappa

Indeks Kappa	Kategori
< 0	Kurang
0.1 – 0.20	Sedikit
0.21 – 0.40	Cukup
0.41 – 0.60	Moderat
0.61 – 0.80	Baik
0.81 - 1	Sangat Baik

Sumber: (Landis dan Kock, 1977)

HASIL DAN PEMBAHASAN
Akuisi Foto Udara Drone

Hasil perekaman gambar dari drone yang telah dilaksanakan diperoleh gambar sebanyak 8548 gambar. Jumlah foto yang dapat dihasilkan pada proses akuisi ditentukan oleh tinggi terbang, *overlap*, *sidelap*, cakupan luas area. Hal itu semua akan mempengaruhi terhadap *ground sampling distance* (GSD) yang diperoleh pada setiap gambar. Berdasarkan hasil pengambilan gambar didapatkan bahwa pengambilan sudut kamera yang berbeda dapat menghasilkan perbedaan lama waktu akuisi, jumlah foto, serta *ground sampling distance* yang berbeda pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Solar elevation angle dan kecepatan angin diperoleh dari US National Weather Service. Perbedaan pada jumlah foto dan lama waktu akuisi gambar pada pukul 09:30 pada sudut sensor 90° dipengaruhi oleh tingginya kecepatan angin pada saat pengambilan

gambar yang mempengaruhi ketidak stabilan *drone* pada saat pengambilan gambar. Menurut Sambodo, (2019) sudut pengambilan oblique atau miring 45° akan menghasilkan luasan permukaan lebih luas dibandingkan pengambilan foto secara vertical. Sudut elevasi matahari yang direkomendasikan adalah 25° sampai 45°, jika sudut matahari kurang atau lebih dari yang direkomendasikan maka dapat menyebabkan bayangan pada dasar perairan serta kurangnya pencahayaan dari matahari (Doukari et al., 2019). Angin merupakan parameter penting yang mempengaruhi kondisi perairan dengan menyebabkan gelombang permukaan dan dapat memantulkan sinar matahari yang menyebabkan efek pantulan matahari pada permukaan laut. Untuk pemetaan menggunakan drone kecepatan angin sama dengan atau kurang dari 3.3 m/s (4-7 mph, 4-6 knots) dapat di terima (Nahirnick et al., 2019). Menerbangkan drone pada saat kecepatan angin yang rendah dapat mengurangi resiko blur pada hasil yang gambar (Duffy et al., 2017)

Tabel 2. Hasil akuisi data pada sudut 90°

Komponen	Sudut sensor 90°			
	08:00	09:30	13:15	14:45
Overlap		70%		
Sidelap		70%		
Ketinggian terbang	120 m	120 m	120 m	120 m
Waktu akuisi (jam:menit:detik)	01:18:03	01:01:12	01:16:22	01:18:41
Jumlah foto	1123	1020	1193	1125
GSD cm/pixel	2.97 cm/pix	2.9 cm/pix	2.94 cm/pix	2.9 cm/pix
Solar elevation angle	43-62°	65-78°	58-39°	36-18°
Kecepatan angin	1.7 m/s	4.2 m/s	1.5 m/s	1.2 m/s

Tabel 3. Hasil akuisi data pada sudut 45°

Komponen	Sudut sensor 45°			
	08:00	09:30	13:15	14:45
Overlap		70%		
Sidelap		70%		
Ketinggian terbang	120 m	120 m	120 m	120 m
Waktu akuisi (jam:menit:detik)	00:56:32	00:57:12	00:58:15	00:56:50
Jumlah foto	1023	1023	1020	1021
GSD cm/pixel	4.29 cm/pix	4.42 cm/pix	4.5 cm/pix	4.54 cm/pix
Solar elevation angle	43-58°	65-78°	58-43	36-21°
Kecepatan angin	3.3 m/s	3.1 m/s	2.7 m/s	2.7 m/s

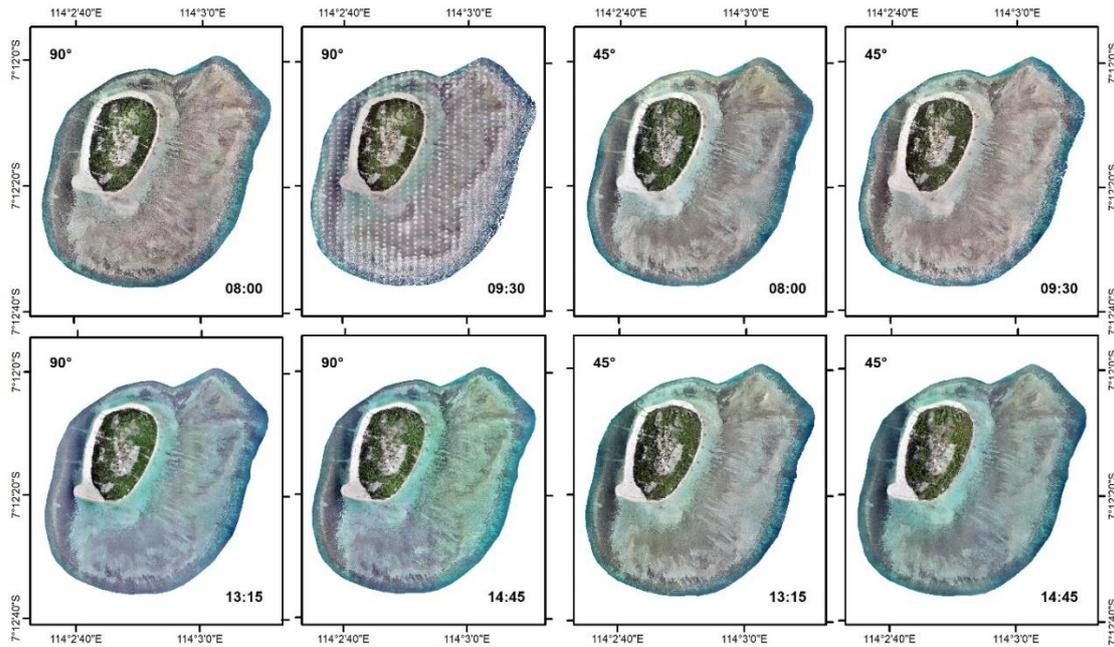
Orthophoto

Foto udara yang telah didapatkan kemudian di proses *orthomosaic* menggunakan software *agisoft metashape*. Hasil orthofoto pada setiap sudut dan waktu pengambilan dapat di lihat pada **Gambar 2**. Berdasarkan hasil pada **Gambar 2**, terdapat perbedaan secara visual terhadap sudut perekaman 90° khususnya pada pukul 09:30, dimana hasil pada citra orthophoto tersebut tertutup oleh adanya *sunglint* sehingga menghasilkan peta *orthophoto* yang tidak selaras atau “*misaligned*” (Doukari *et al.*, 2021). Pengaruh dari *sunglint* ini dapat memberikan reflektansi yang tidak akurat yang diterima oleh *drone* sehingga mengakibatkan terhambatnya klasifikasi gambar serta terjadi kesalahan dalam interpretasi gambar (Chong *et al.*, 2021).

Pengambilan gambar secara *oblique* atau miring memiliki efek terhadap *ground sampling distance* (GSD) dikarenakan pixel yang ditangkap pada bagian awal atau depan akan

lebih kecil dibandingkan gambar yang di belakangnya (Hohle, 2008). Pengambilan gambar secara *oblique* masih memungkinkan terjadinya *sunglint* di beberapa foto individu tetapi hal itu relative lebih sedikit jika dibandingkan dengan pengambilan gambar secara tegak lurus, tetapi error geometris akan terjadi pada pengambilan gambar secara *oblique* sehingga perlu di atasi dengan keberadaan GCP dilapangan (Joyce *et al.*, 2018).

GCP memainkan peran penting dalam memastikan akurasi pengukuran *photogrammetric*, dimana pada GCP terdiri dari penanda fisik ditanah yang berfungsi sebagai titik referensi selama pemrosesan gambar (Zeybek *et al.*, 2023). GPS yang digunakan merupakan GPS berpresisi tinggi GPS Geodetik Trimble R4 dengan memiliki ketelitian 1.1-3.8 cm. GPS dengan akurasi yang tinggi diharapkan dapat meningkatkan akurasi geometri dari proses mosaic gambar, dapat mengoptimalkan posisi kamera, serta dapat memperbaiki orientasi data (Velez *et al.*, 2022).



Gambar 2. Hasil orthofoto dari foto *drone* pada sudut 90° dan 45° pada pukul 08:00; 09:30; 13:15; 14:45.

Skema Klasifikasi

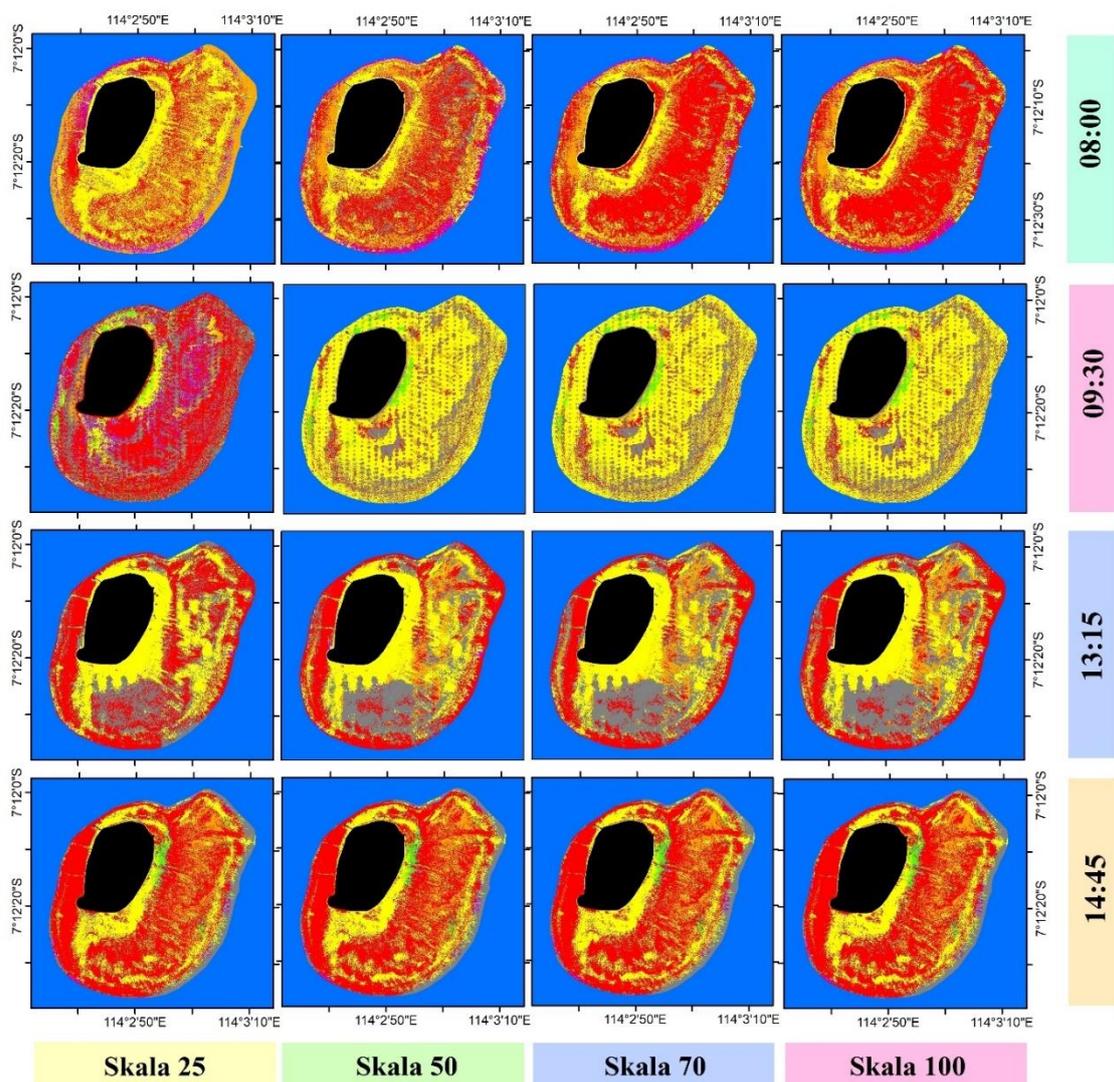
Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan pada 415 titik pengamatan didapatkan komponen habitat bentik perairan dangkal pada lokasi penelitian sebanyak enam kelas habitat bentik. Penentuan skema klasifikasi habitat bentik didasarkan pada tutupan dominan komponen habitat bentik yang diperoleh dari hasil pengamatan langsung dilapangan pada transek kuadrat secara visual. Enam kelas habitat bentik yang dihasilkan yaitu Alga (A), Karang hidup (KH), Karang mati (KM), Pasir (P), Lamun (L), *Rubble* (R). Frekuensi kehadiran atau jumlah titik pengamatan yang diperoleh pada setiap komponen habitat bentik terdiri atas kelas Alga (27), Karang mati (43), Karang hidup (154), *Rubble* (100), Lamun (13), Pasir (78). Sebanyak 415 titik pengamatan nantinya akan dibagi menjadi dua sebanyak 208 titik pengamatan digunakan sebagai data RoI (*region of interest*) pada proses klasifikasi citra pada *software* ecognition dan sebanyak 207 titik pengamatan akan dijadikan sebagai data uji akurasi dari klasifikasi citra.

Klasifikasi Citra *Drone*

Pada proses segmentasi dalam penelitian ini menggunakan algoritma *multiresolution segmentation* (MRS). Penerapan teknik segmentasi pada berbagai skala memiliki potensi untuk menghasilkan variasi jumlah dan bentuk objek yang berbeda, tergantung pada tingkat kompleksitas objek yang akan diamati.

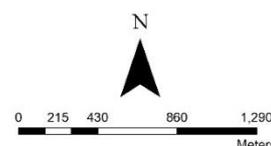
Faktor yang mempengaruhi segmentasi salah satunya permukaan laut yang bergelombang dan variasi warna yang mengakibatkan perbedaan dalam jumlah segmen objek dan bentuknya (Doukari and Topouzelis, 2022). Segmentasi level 1 mempertimbangkan penggunaan *scale*, *shape* dan *compactness* sebagai variable untuk menentukan batas objek studi, dimana menghasilkan tiga kelas yaitu darat, perairan dangkal, dan perairan dalam. Permukaan laut yang tenang dengan kontras warna yang lebih kuat, memungkinkan perbedaan yang lebih baik antar habitat bentik sehingga tidak terjadi kesalahan dalam mendeskripsikan objek yang hampir sama pada level 2.

Berdasarkan hasil klasifikasi habitat bentik menggunakan algoritma SVM pada sudut 90° (**Gambar 3.**) dan sudut 45° (**Gambar 4.**) secara visual terlihat bahwa pada setiap hasil klasifikasi yang dilakukan pada masing-masing citra dengan perlakuan waktu pengambilan serta sudut kamera yang berbeda menghasilkan perbedaan kondisi pola distribusi tutupan kelas habitat bentik. Menurut Wahidin et al., (2015) menunjukkan bahwa skala segmentasi dapat mempengaruhi bentuk, ukuran, dan jumlah objek yang dapat dihasilkan. Perbedaan tersebut disebabkan oleh prinsip kerja dari algoritma, jumlah input data yang digunakan, homogenitas lokasi penelitian, serta sudut sensor perekaman gambar yang berbeda.



Legenda :

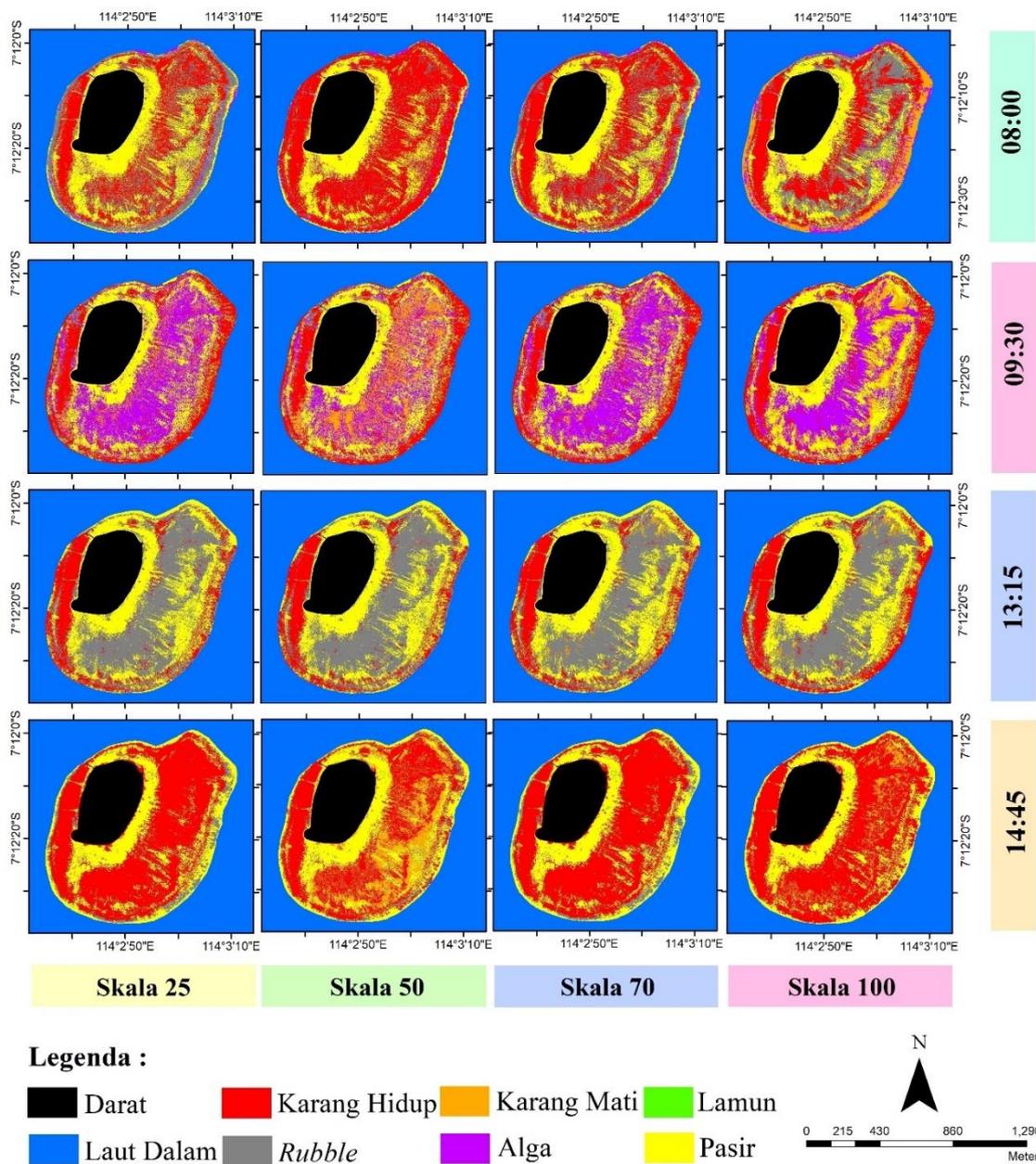
- Darat
- Karang Hidup
- Karang Mati
- Lamun
- Laut Dalam
- Rubble
- Alga
- Pasir



Gambar 3. Hasil klasifikasi habitat bentik menggunakan algoritma SVM pada sudut 90°

Hasil pemetaan habitat dipengaruhi oleh beberapa factor, yaitu besarnya resolusi, jumlah kelas, algoritma yang digunakan, serta kesalahan dalam pengumpulan data terkait dengan teknis di lapangan termasuk dalam mengambil jumlah sampel, teknik pengambilan sampel (ukuran transek kuadran), serta error dalam penyajian tutupan habitat bentik, kesalahan dalam proses klasifikasi akan mempengaruhi hasil interpretasi area kajian sehingga menghasilkan nilai akurasi yang rendah (Hartoni *et al.*, 2022). Besar kecilnya skala segmentasi yang digunakan juga

mempengaruhi dalam perbedaan klasifikasi habitat bentik dimana jika nilai segmentasi lebih kecil akan terjadi *oversegmentation* pada objek dimana objek yang mestinya sama diklasifikasikan berbeda, begitupun jika menggunakan skala segmentasi lebih besar akan terjadi *undersegmentation* dimana objek berbeda tetapi masih berada pada satu segmen yang sama. Penentuan ukuran segmentasi yang tepat dapat ditarik kesimpulannya setelah melalui proses iju validasi/akurasi.



Gambar 4. Hasil klasifikasi habitat bentik menggunakan algoritma SVM pada sudut 45°

Pada **Gambar 3**, dapat dilihat bahwa pengaruh dari *sunlight* dapat menyebabkan kesalahan dalam proses klasifikasi habitat bentik dimana terdapat *white spot* pada gambar yang tidak terklasifikasi secara benar oleh algoritma *machine learning* yang digunakan, perbedaan waktu pengambilan gambar juga mempengaruhi perbedaan pola bentik dimana berhubungan terhadap jumlah cahaya yang ditangkap oleh sensor kamera drone. Berdasarkan hasil klasifikasi habitat bentik yang telah dilakukan kemudian dapat diperoleh luas area habitat bentik perairan dangkal dilokasi penelitian sesuai dengan kelas masing

masing habitat bentik. Dapat dilihat pada **Tabel 4** dimana menunjukkan luas area habitat bentik pada sudut 90° dan **Tabel 5** menunjukkan luas area habitat bentik pada sudut 45° dari hasil klasifikasi menggunakan algoritma SVM dengan waktu perekaman gambar pada pukul 13:15 pada skala 25, 50, 70, 100. Perbedaan dalam luas dan posisi objek kemungkinan besar disebabkan oleh sudut refraksi cahaya yang bergantung pada sudut matahari, dan kondisi lingkungan yang mempengaruhi visibilitas dari dasar laut (Doukari et al., 2021).

Tabel 4. Luas habitat bentik pukul 13:15 menggunakan algoritma SVM pada sudut 90° (ha)

Kelas bentik	Skala segmentasi			
	25	50	70	100
KH	29.181	22.369	20.651	22.388
R	22.655	23.184	26.844	25.034
KM	0.596	7.782	8.292	8.185
A	0.215	0.595	0.260	0.375
P	25.524	24.251	22.108	22.161
L	0.025	0.017	0.041	0.053

Tabel 5. Luas habitat bentik pukul 13:15 menggunakan algoritma SVM pada sudut 45° (ha)

Kelas bentik	Skala segmentasi			
	25	50	70	100
KH	13.516	13.222	13.107	15.738
R	36.697	36.883	35.758	33.386
KM	0.040	0.073	1.333	1.021
A	0.011	0.028	0.088	0.134
P	27.919	27.925	27.842	27.789
L	0.001	0.052	0.058	0.117

Berdasarkan **Tabel 4.** dapat dilihat bahwa hasil klasifikasi habitat bentik pada pukul 13:15 menggunakan algoritma SVM pada sudut 90° serta skala segmentasi 50 didominasi oleh tiga kelas habitat bentik yaitu pasir (P) sebesar 24.251 ha, *rubble* (R) sebesar 23.184 ha dan karang hidup (KH) sebesar 22.369 ha. Sedangkan kelas habitat bentik yang memiliki luas paling kecil yaitu alga (A) dan lamun (L) sebesar 0.595 ha dan 0.017 ha. Berbeda luas dominan kelas habitat bentik pada sudut 45° (**Tabel 5.**) dimana didominasi oleh kelas *rubble* (R) sebesar 36.883 ha, pasir (P) sebesar 27.925 ha, kemudian karang hidup (KH) sebesar 13.222 ha. Kelas lainnya meliputi karang mati (KM) sebesar 0.073 ha, lamun (L) sebesar 0.052 ha, dan alga (A) 0.028 ha.

Uji Akurasi

Hasil klasifikasi algoritma SVM menggunakan 6 kelas habitat bentik kemudian dilakukan uji validasi dengan menerapkan matriks kesalahan/*confusion matrix*. Hasil akurasi pada sudut 90° disajikan pada **Gambar 5.** dan pada sudut 45° disajikan pada **Gambar 6.** berdasarkan hasil uji akurasi pada sudut 90° diperoleh nilai *overall accuracy* tertinggi pada waktu pengambilan gambar pukul 13:15 dengan algoritma klasifikasi *support vector machine* pada skala segmentasi 50. Nilai akurasi tertinggi sebesar 84.06% pada skala segmentasi 50 dan untuk akurasi terendah diperoleh nilai sebesar 19.81% pada pukul 09:30 menggunakan skala segmentasi 50 dan 70.

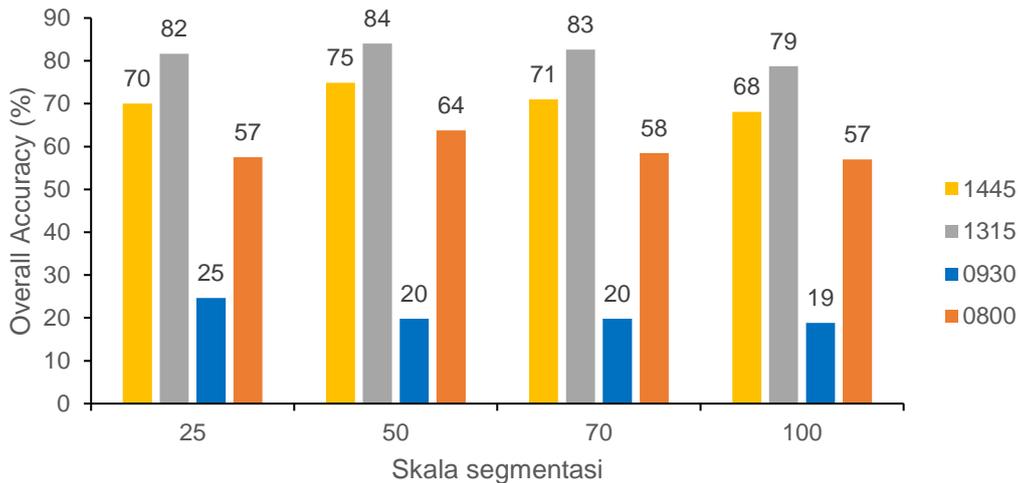
Hasil uji akurasi pada sudut 45° diperoleh nilai akurasi tertinggi pada algoritma *support vector machine* adalah pada waktu pengambilan gambar pukul 13:15. Nilai akurasi tertinggi pada sudut pengambilan gambar 45° pada pukul 13:15 diperoleh nilai OA sebesar 68.12% dengan skala segmentasi 50. Nilai akurasi terendah pada sudut 45° diperoleh pada waktu pengambilan 09:30 menggunakan skala segmentasi 70 dan 100 dengan nilai sebesar 50.72% pada dua skala tersebut.

Hasil pada pukul 13:15 pada sudut perekaman 90° menunjukkan nilai yang tergolong baik, sesuai dengan pernyataan (Green *et al.*, 2000) yang menyatakan bahwa nilai OA > 60% merupakan nilai akurasi yang ideal dalam pemetaan habitat bentik perairan laut dangkal. Hal ini juga bersesuaian dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Mastu *et al.*, 2018) dimana hasil yang diperoleh pemetaan habitat bentik laut dangkal menggunakan drone memiliki nilai akurasi tertinggi pada algoritma SVM dengan nilai akurasi sebesar 81.1%.

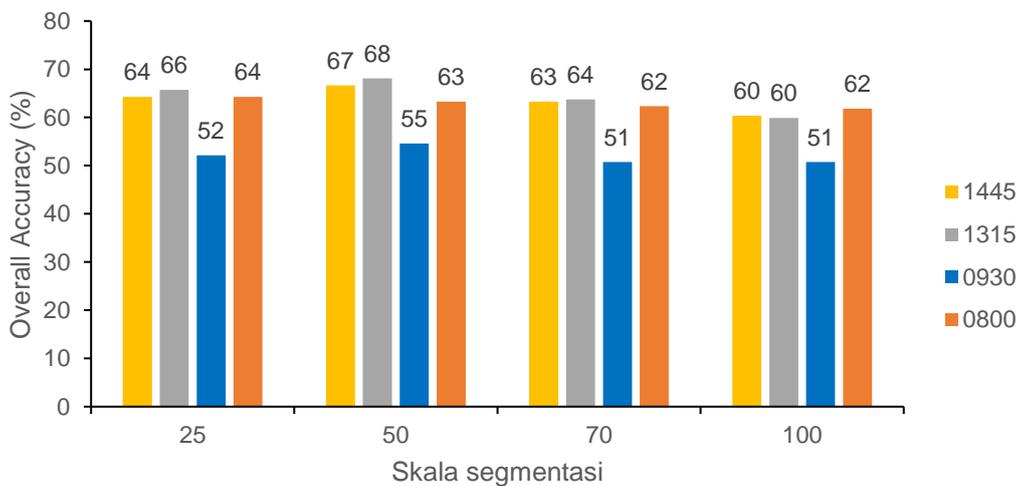
Faktor yang mempengaruhi peningkatan akurasi dengan algoritma SVM adalah kemampuan dalam membedakan objek dengan baik dari data yang bersifat linear maupun non linear (Prabowo, 2018). Menurut Mastu *et al.*, (2018) Tingginya hasil akurasi dari penggunaan algoritma SVM, dikarenakan SVM dapat mentransformasikan data pada *input space* ke ruang yang berdimensi lebih tinggi, dan optimasi optimasi dilakukan pada ruang *vector* baru. Algoritma SVM menggunakan *hyperplane* dengan margin tersebar yang

berfungsi sebagai pemisah dua buah kelas pada *input space*. Salah satu factor yang mempengaruhi peningkatan akurasi dengan menggunakan algoritma SVM yaitu kemampuan dalam membedakan objek dengan baik dari penggunaan data dengan ciri probabilitas empiris yang tidak diketahui. Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh (Nababan et al., 2021) menggunakan *drone* diperoleh akurasi tertinggi menggunakan algoritma *support vector machine* sebesar

81.1% dan 77.4% pada 12 dan 9 kelas habitat bentik. (Wahidin et al., 2015) melakukan pemetaan pada 7 kelas habitat bentik terumbu karang menggunakan Landsat 8 OLI dengan algoritma SVM diperoleh akurasi keseluruhan sebesar 73%. Anggoro et al. (2017) memetakan 9 kelas habitat bentik menggunakan citra Worldview-2 dengan algoritma SVM dan menghasilkan akurasi keseluruhan sebesar 78%.



Gambar 5. Hasil akurasi sudut sensor 90° pada setiap waktu pengambilan



Gambar 6. Hasil akurasi sudut sensor 45° pada setiap waktu pengambilan

Koefisien kappa merupakan pengujian yang digunakan untuk menguji keeratan hubungan antara kedua variable yang dibandingkan. Berdasarkan Gambar 5. diperoleh nilai *overall accuracy* tertinggi pada waktu pengambilan pukul 13:15 dengan sudut pengambilan 90° dengan algoritma SVM pada skala segmentasi 25, 50, 70, 100 diperoleh nilai *overall accuracy* 81.64%, 84.06%, 83.61%, 78.74%.

Berdasarkan Tabel 5 nilai *kappa* pada algoritma *support vector machine* diperoleh nilai sebesar masing-masing 0.75273, 0.78656, 0.76734, 0.7177. Nilai kappa ini menunjukkan bahwa hasil penggunaan algoritma terbaik yaitu *support vector machine* masuk kedalam kategori baik, sesuai dengan kategori indeks kappa yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 5. Hasil *kappa* pada algoritma SVM

Waktu Terbang <i>Drone</i>	Sudut <i>drone</i>	Skala segmentasi			
		25	50	70	100
08:00	90°	0.43154	0.52089	0.42915	0.41343
	45°	0.51064	0.48136	0.47244	0.46963
09:30	90°	0.00346	0.00328	0.00397	0.00553
	45°	0.41115	0.43985	0.39538	0.39505
13:15	90°	0.75273	0.78656	0.76734	0.7177
	45°	0.5372	0.57362	0.51886	0.46843
14:45	90°	0.58585	0.65622	0.604	0.56372
	45°	0.48618	0.55783	0.47277	0.43863

KESIMPULAN DAN SARAN

Habitat bentik perairan dangkal dapat dipetakan dengan baik menggunakan metode klasifikasi berbasis objek (OBIA) dengan algoritma *support vector machine* pada citra drone dengan waktu pengambilan gambar yang optimal pada pukul 13:15 menggunakan sudut sensor 90° di lokasi penelitian. Hasil uji akurasi tertinggi diperoleh berdasarkan nilai akurasi keseluruhan (OA) pada sudut 90° dan 45° kelas habitat bentik yaitu masing-masing sebesar 84.06% dan 68.12% pada skala segmentasi 50 dengan algoritma *support vector machine*. Berdasarkan hasil uji indeks kappa diperoleh hasil sebesar 0.78656 dimana masuk kedalam kategori sangat baik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Agrie Conservation, Jurusan Ilmu dan Teknologi Kelautan Institut Pertanian Bogor, Laboratorium Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo Madura atas izin penggunaan alat dan fasilitas tenaga pendidik dan laboran selama penelitian hingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

Anggoro, A., Siregar, V.P., Agus, S.B. (2017). Multiscale Classification for Geomorphic Zone and Benthic Habitats Mapping Using OBIA Method in Pari Island. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 14(2), 89-93.

Chong, W.S., Zaki, N.H.M., Hossain, M.S., Muslim, A.M., Pour, A.B. (2021). Introducing Theil-Sen Estimator For Sun Glint Correction of UAV Data For Coral Mapping. *Geocarto International*, 37(15), 4527:4556.

Congalton, R.G., Green, K. (2009). *Assessing The Accuracy of Remotely Sensed Data. Principles and Practices*. 2nd

Edition. New York: CRC Press Taylor and Francis Group.

Cox, C., Munk, W. (1954). Measurement Of The Roughness Of The Sea Surface From Photographs Of The Sun's Glitter. *Journal of The Optical Society of America*, 44(11), 838-850.

Doukari, M., Batsaris, M., Papakonstantinou, A., Topouzelis, K. (2019). A Protocol For Aerial Survey in Coastal Areas Using UAS. *Remote Sensing*, 11, 1913. <https://doi.org/10.3390/rs11161913>.

Doukari, M., Batsaris, M., Topouzelis, K. (2021). UASea: A Data Acquisition Toolbox for Improving Marine Habitat Mapping. *Drones*, 5, 73. <https://doi.org/10.3390/drones5030073>.

Doukari, M., Topouzelis, K. (2022). Overcoming the UAS Limitations in The Coastal Environment For Accurate Habitat Mapping. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100726>.

Duffy, J.P., Cunliffe, A.M., DeBell, L., Sandbrook, C., Wich, S.A., Shutler, J.D., Myers-Smith, I.H., Varela, M.R., Anderson, K. (2017). Location, location, location: Considerations When Using Lightweight Drones in Challenging Environments. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 4, 7-9. <https://doi.org/10.1002/rse2.58>.

Goodman, J.A., Purkis, S.J., Phinn, S.R. (2013). *Coral Reef Remote Sensing. A guide for Mapping, Monitoring, and Management*. Springer: Netherlands.

Green, E., Edwards, A.J., Clark, C. (2000). *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*. Unesco, Paris, France, 316p.

- Hamad, I.Y., Staehr, P.A.U., Rasmussen, M.B., Sheikh, M. (2022). Drone-Based Characterization of Seagrass Habitats in the Tropical Waters of Zanzibar. *Remote Sensing*, 14, 680. <https://doi.org/10.3390/rs14030680>.
- Hamylton, S.M. (2017). Mapping Coral Reef Environment: A Review Of Historical Methods, Recent Advances and Future Opportunities. *Progress in Physical Geography*, 41(6), 803-833. <https://doi.org/10.1177/0309133317744998>.
- Hartoni., Siregar, V.P., Wouthuyzen, S., Agus, S.B. (2022). Object Based Classification of Benthic Habitat Using Sentinel 2 Imagery by Applying with Support Vector Machine and Random Forest Algorithms in Shallow Waters of Kepulauan Seribu, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(1), 514-520. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230155>.
- Hohle, J. (2008). Photogrammetric Measurements in Oblique Aerial Images. *Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation*, 1, 7-14.
- Joyce, K.E., Duce, S., Leahy, S.M., Leon, J., Maier, S.W. (2018). Principles and Practice of Acquiring Drone-Based Image Data In Marine Environments. *Marine and Freshwater Research*, 70(7). <http://dx.doi.org/10.1071/MF17380>.
- Klemas, V.V. (2015). Coastal and Environmental Remote Sensing From Unmanned Aerial Vehicles: An Overview. *J. Coastal research*, 315, 1260-1267. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-15-00005.1>.
- Landis, J.R., Koch, G.G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33, 159-174. <https://doi.org/10.2307/2529310>.
- Mastu, L.O.K., Nababan, B., Panjaitan, J.P. (2018). Pemetaan Habitat Bentik Berbasis Objek menggunakan Citra Sentinel-2 Di Perairan Pulau Wangi-Wangi Kabupaten Wakatobi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(2), 381-396. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i2.21039>.
- Mount, R. (2005). Acquisition of Through-Water Aerial Survey Images: Surface Effects and The Prediction Of Sun Glitter and Subsurface Illumination. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 71(12), 1407-1415. <http://dx.doi.org/10.14358/PERS.71.12.1407>.
- Muslim, A.M., Chong, W.S., Safuan, C.D.M., Khalil, I., Hossain, M.S. (2019). Coral Reef Mapping of UAV: A Comparison of Sun Glint Correction Methods. *Remote Sensing*, 11, 2422. <https://doi.org/10.3390/rs11202422>.
- Nababan, B., Mastu, L.O.K., Idris, N.H., Panjaitan, J.P. (2021). Shallow-Water Benthic Habitat Mapping Using Drone with Object Based Image Analyses. *Remote sensing*, 13, 4452. <https://doi.org/10.3390/rs13214452>.
- Nagalkerken, I., Sheaves, M., Baker, R., Connolly, R.M. (2015). The Seascape Nursery: a Novel Spatial Approach to Identify and Manage Nurseries for Coastal Marine Fauna. *Fish Fish*, 16, 362-371. <https://doi.org/10.1111/faf.12057>.
- Nahirnick, N.K., Reshitnyk, L., Campbell, M., Hessian-Lewis, M., Costa, M., Yakimishyn, J., Lee, L. (2019). Mapping With Confidence; Delineating Seagrass Habitats Using Unoccupied Aerial Systems (UAS). *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 7,121-135. <https://doi.org/10.1002/rse2.98>.
- Oleksyn, S., Tesetto, L., Raoult, V., Joyce, K.E., Williamson, J.E. (2021). Going Batty: The Challenges and Opportunities of Using Drones to Monitor the Behaviour and Habitat Use of Rays. *Drones*. 5, 12. <https://doi.org/10.3390/drones5010012>.
- Prabowo, N.W., Siregar, V.P., Agus, S.B. (2018). Klasifikasi Habitat Bentik Berbasis Objek dengan Algoritma Support Vector Machines dan Decision Tree Menggunakan Citra Multispektral SPOT-7 di Pulau Harapan dan Pulau Kelapa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(1), 123-134. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i1.21670>.
- Prayuda, B. (2014). *Panduan Teknis Pemetaan Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal*. Suyarso, editor. Jakarta (ID): CRITC COREMAP LIPI.
- Raber, G.T., Schill, S.R. (2019). Reef Rover: A Low-Cost Small Autonomous Unmanned Surface Vehicle (USV) For Mapping and Monitoring Coral Reefs. *Drones*, 3, 38.

- <https://doi.org/10.3390/drones3020038>
Roelfsema, C., Kovacs, E., Ortiz, J.C., Wolff, N.H., Callaghan, D., Wettle, M., Ronan, M., Hamylton, S.M., Mumby, P.J., and Phinn, S. (2018). Coral Reef Habitat Mapping: A Combination Of Object-Based Image Analysis and ecological modelling. *Remote Sensing of Environment*, 208, 27-41. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.005>.
- Sambodo, A.P., Sukmawijaya, A., Budianto, Y. (2019). Pengaruh sudut kamera uav terhadap kualitas foto udara wilayah bencana longsor (studi kasus: bentanglahan vulkanik transisi tersier kuarter). *Seminar Nasional Geomatika*, 3, 1001. <http://dx.doi.org/10.24895/SNG.2018.3-0.957>.
- Tzotsos, A. (2006). A Support Vector Machine Approach For Object Based Image Analysis. 2006. In: *1st International Conference on Object-Based Image Anlysis, OBIA*, Salzburg, Austria, July 4-5. DOI: 10.1007/978-3-540-77058-9_36. 6 p.
- Velez, S., Vacas, R., Martin, H., Ruano-Rosa, D., Alvares, S. 2022. High-Resolution UAV RGB Imagery Dataset For Precision Agriculture and 3D Photogrammetric Reconstruction Captured Over Pistachio Orchard (*Pistacia vera L.*) in Spain. *Data*, 7, 157. <https://doi.org/10.3390/data7110157>.
- Wahidin, N., Siregar, V.P., Nababan, B., Jaya, I., Wouthuyzend, S. (2015). Object-Based Image Analysis For Coral Reef Benthic Habitat Mapping With Several Classification Algorithms. *Procedia Environmental Sciences*, 24, 222-227. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.03.029>.
- Zeybek, M., Taskaya, S., Elkhachy ,I., Tarolli, P. 2023. Improving the Spatial Accuracy of UAV Platforms Using Direct Georeferencing Methods: An Application For Steep Slopes. *Remote Sensing*, 15, 2700. <https://doi.org/10.3390/rs15102700>.