

KLASIFIKASI HABITAT BENTIK PERAIRAN DANGKAL DARI CITRA WORLDVIEW-2 MENGGUNAKAN DATA *IN-SITU* DAN *DRONE*

CLASSIFICATION OF BENTHIC HABITAT OF SHALLOW WATER USING WORLDVIEW-2 IMAGE WITH *IN-SITU* AND *DRONE* DATA

Ayub Sugara¹, Vincentius P. Siregar² dan Syamsul B. Agus²

¹Program Studi Magister Teknologi Kelautan, IPB, Bogor, 16680, Indonesia

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB, Bogor, 16680, Indonesia

*E-mail: ayubsugara7@gmail.com

ABSTRACT

The Worldview-2 imagery application with ground truth habitat data still has shortcomings that require a long time, limited access, high costs and risk factors. Surveying techniques using drones can reduce these limitations. This study aims to classify and test the accuracy of shallow water habitat classification results in Lancang Island and Sebaru Besar Island from Worldview-2 imagery with ground truth habitat (GTH) and virtual ground truth (VGT) input data and explore the spatial resolution of drone images at altitude different. Overall accuracy results were obtained for 7 habitat classes on Lancang Island with GTH and VGT data of 65.5% and 60.6%, respectively. Whereas in Sebaru Besar Island they were 67.5% and 64.6%, respectively. Comparison of the accuracy of the classification results obtained 4.9% selisi on Lancang Island and 2.9% on Sebaru Besar Island. Significance test results of the GTH and VGT methods on Lancang Island were significantly different with a Z value of 2.0851, while on Sebaru Besar Island it was not significantly different from the Z value of 0.5255, so that benthic habitat mapping with the VGT method could be used as an alternative in-situ field observation, however this still requires further research.

Keywords: *drones, GTH, high resolution satellites, photogrametry, VGT*

ABSTRAK

Aplikasi citra Worldview-2 dengan data *ground truth habitat* masih memiliki kekurangan yaitu membutuhkan waktu yang lama, akses yang terbatas, biaya yang tinggi serta faktor resiko. Teknik survei menggunakan *drone* dapat mengurangi keterbatasan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan klasifikasi dan uji akurasi hasil klasifikasi habitat perairan dangkal di Pulau Lancang dan Pulau Sebaru Besar dari citra Worldview-2 dengan inputan data *ground truth habitat* (GTH) dan *virtual ground truth* (VGT) serta mengeksplorasi resolusi spasial citra *drone* pada ketinggian yang berbeda. Hasil *overall accuracy* diperoleh untuk 7 kelas habitat di Pulau Lancang dengan data GTH dan VGT masing-masing sebesar 65,5% dan 60,6%. Sedangkan di Pulau Sebaru Besar masing-masing sebesar 67,5% dan 64,6%. Perbandingan akurasi hasil klasifikasi didapat selisih 4,9% di Pulau Lancang dan 2,9% di Pulau Sebaru Besar. Hasil uji signifikansi metode GTH dan VGT di Pulau Lancang berbeda nyata dengan nilai Z sebesar 2,0851, sedangkan di Pulau Sebaru Besar tidak berbeda nyata dengan nilai Z sebesar 0,5255, sehingga pemetaan habitat bentik dengan metode VGT dapat digunakan sebagai alternatif pengamatan di lapangan secara *in-situ*, namun ini masih memerlukan penelitian lanjutan.

Kata kunci: *drone, fotogrametri, GTH, satelit resolusi tinggi, VGT*

I. PENDAHULUAN

Penginderaan jauh adalah salah satu teknologi untuk mendukung penelitian mengenai pemetaan suatu area kawasan

maupun pengamatan lingkungan. Penginderaan jauh pada umumnya hanya menggunakan dua sumber yaitu citra satelit dan citra dari pesawat berawak (Green *et al.*, 2000). Citra satelit memiliki keunggulan

dapat meliputi area kajian yang luas dan beberapa citra satelit resolusi spasial rendah sudah tersedia secara gratis (Sulong *et al.*, 2002). Penginderaan jauh dari satelit dapat menjadi metode pelengkap dari proses pemetaan (Hedley *et al.*, 2016). Ruang lingkup dari aplikasi penginderaan jauh meliputi peta skala sangat besar hingga peta skala yang sangat kecil (Danoedoro, 2012). Penginderaan jauh di bidang kelautan antara lain digunakan untuk mengetahui sebaran habitat bentik dan monitoring ekosistem perairan dangkal (Richards, 2013)

Habitat bentik adalah zona atau lingkungan tempat hidup bagi bentos atau organisme perairan yang hidup pada substrat dasar suatu perairan (BIG, 2017). Habitat bentik perairan dangkal secara ekologis memiliki keanekaragaman karakteristik penyusun substrat dasar perairan seperti ekosistem terumbu karang dan lamun yang perlu dipetakan sebagai upaya untuk mengetahui keanekaragaman objek penyusun dasar perairan.

Teknologi penginderaan jauh dengan citra resolusi tinggi dapat meningkatkan akurasi deteksi terhadap habitat terumbu karang (Mellin *et al.*, 2009). Kemajuan dalam teknologi penginderaan jauh memungkinkan peneliti menggunakan *drone* sensor tunggal cahaya tampak (*single visible light camera sensor*) sebagai pengganti data GTH. Penggunaan *drone* memungkinkan peneliti meminimalisir permasalahan pengambilan data lapangan, seperti lama waktu, akses yang sulit, *high cost* (Ratcliffe *et al.*, 2015). Metode pengambilan data foto udara menggunakan *drone* dikenal dengan teknik fotogrametri. Waugh dan Mowlem (2010) menyebutkan bahwa salah satu jenis wahana foto udara dengan jenis *Aerosonde* telah dikembangkan secara komersial sejak tahun 1993 dan dipergunakan untuk misi ilmiah. Teknik survei dengan biaya yang murah dalam dekade terakhir, dikembangkan dengan menggunakan pesawat udara tanpa awak (*drone*) yang dioperasikan jarak jauh (Colefax *et al.*, 2017; Kiszka *et al.*, 2016).

Munculnya *drone* dengan harga yang ekonomis menimbulkan potensi besar sebagai alat untuk dapat menganalisis lingkungan dan ekologi, seperti pemantauan persebaran lumut di kutub, lahan pertanian, kebakaran hutan, dan pemetaan hutan bakau (Crutsinger *et al.*, 2016; Floreano dan Robert, 2015).

Citra foto udara resolusi tinggi yang dihasilkan dengan *drone*, dapat dilakukan pengulangan secara deret waktu (*time series*) pada lokasi yang sama sehingga dapat dilakukan kajian tentang dampak perubahan pada penutupan ekosistem terumbu karang yang dihubungkan dengan fenomena tertentu (Casella *et al.*, 2017). Schaub *et al.* (2018) menyatakan aplikasi *drone* dengan survei *in-situ* dapat memperoleh informasi tentang agregasi spesies ubur-ubur seperti jumlah, kepadatan, ukuran-frekuensi, dan biomassa di Danau Smiths, Australia. Penelitian ini menggunakan *drone* dengan sensor tunggal cahaya tampak (*single visible light camera sensor*), sehingga setiap data foto yang dihasilkan hanya menghasilkan band RGB yang di *orthomosaic* menjadi data citra *drone*. Selanjutnya citra *drone* dikoreksi geometrik serta melakukan visualisasi objek habitat bentik perairan dangkal pada citra *drone* yang dikenal dengan metode VGT.

Citra *drone* yang dihasilkan dapat digunakan sebagai pendukung titik pada lokasi survei yang sulit terjangkau serta memiliki tingkat resiko yang tinggi. Menurut Colomina dan Molina (2014) citra foto udara resolusi tinggi memberikan keuntungan karena dapat membantu kegiatan survei pada daerah-daerah yang sulit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi klasifikasi dengan menggunakan data GTH dan VGT pada citra Worldview-2 di Pulau Lancang dan Pulau Sebaru Besar serta mengeksplorasi lebih jauh fungsi dari fotografi udara menggunakan *drone*. Pendekatan teknologi fotografi udara diharapkan dapat menjadi alternatif pengambilan data lapangan, mengurangi waktu GTH yang terlalu lama.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan di dua tempat yaitu di Pulau Lancang dengan posisi $5^{\circ}55'24.8''\text{LS}$ - $5^{\circ}56'28.4''\text{LS}$ dan $106^{\circ}34'48.2''\text{BT}$ - $106^{\circ}35'52.1''\text{BT}$ serta Pulau Sebaru Besar dengan posisi $5^{\circ}30'27.0''\text{LS}$ - $5^{\circ}29'44.2''\text{LS}$ dan $106^{\circ}33'32.8''\text{BT}$ - $106^{\circ}32'20.3''\text{BT}$. Survei lapangan dalam penelitian ini dilakukan tanggal 03-12 Mei 2018 dan 04-10 Desember 2018.

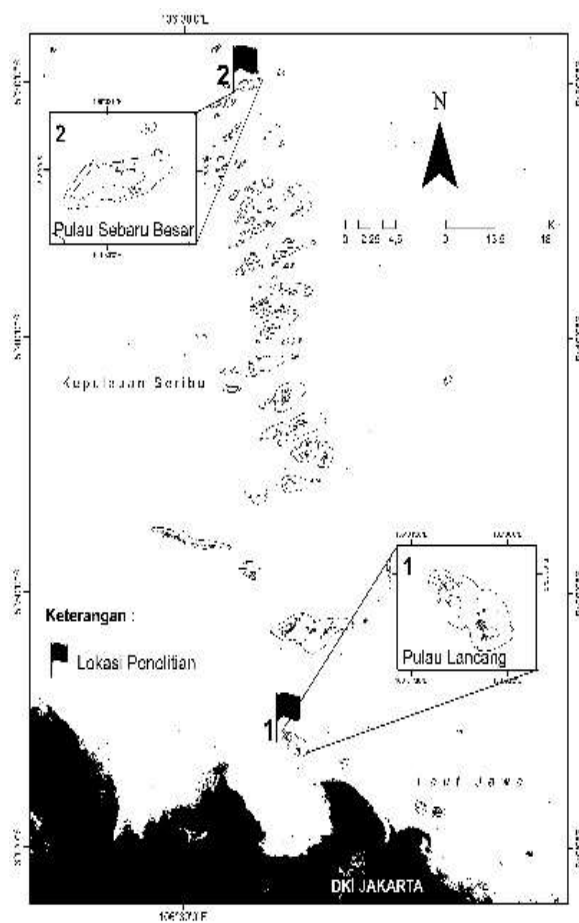


Figure 1. Map of research location.

2.2. Bahan dan Data

Bahan yang digunakan yaitu Citra Worldview-2 (standar level 1B 11 bit) hasil akuisisi 03 April 2018 dengan sistem koordinat UTM 48S-WGS84 dengan resolusi spasial 2m sedangkan *band* pankromatiknya dengan resolusi spasial 0,5m. Peralatan yang

digunakan terbagi dua yaitu peralatan lapangan dan laboratorium. Peralatan lapangan meliputi: GPS *Handheld* 78S dan 64S, *SCUBA Set*, *underwater camera*, alat tulis, kertas bawah air (*newtop*), transek kuadrat (Roelfsema dan Phinn, 2008; Siregar, 2010) berukuran 1m x 1m yang telah dimodifikasi dengan pipa penyangga (*tetrapod*), dan *drone* (Table 1).

Peralatan laboratorium yang dibutuhkan meliputi: komputer, perangkat lunak MS Excel, XLSTAT, perangkat lunak pengolahan data citra satelit ENVI 5.2, perangkat lunak pengolahan data spasial ArcGIS 10.4, Agisoft PhotoScan untuk pengolahan data foto udara dan persentase tutupan setiap foto dianalisis dengan perangkat lunak *Coral Point Count with Excel extensions* (CPCe).

2.3. Data Lapangan

Jumlah titik GTH di Pulau Lancang sebanyak 128 titik dan Pulau Sebaru Besar sebanyak 159 titik (Figure 2). Setiap titik lokasi sampling dilakukan dua kali foto dengan menggunakan transek kuadrat 1m x 1m untuk mewakili komposisi habitat bentik pada satu piksel Citra Worldview-2 dengan resolusi spasial 2m. Pengambilan data habitat bentik dilakukan dengan metode *systematic random sampling*, dimana setiap titik pengamatan memiliki jarak 40m antara titik pengambilan data lainnya. Titik pengamatan menyebar pada lokasi penelitian untuk keterwakilan dari setiap objek. Pengamatan dilakukan dengan 7 kali penerbangan dan menghasilkan 1.698 foto udara di Pulau Lancang dan 5 kali penerbangan menghasilkan 1.157 foto udara di Pulau Sebaru Besar dengan *overlapping* 70% dan 80% sedangkan tinggi dijelaskan pada Table 2. Jalur terbang diprogram menggunakan perangkat lunak Pix4D *Capture* pada *mobile phone* (Figure 2).

Tahapan berikutnya adalah VGT yang dilakukan untuk membantu survei pada area yang sulit dijangkau dan memiliki tingkat bahaya yang tinggi. VGT adalah

Table 1. Specifications of DJI Phantom 3 Professional and DJI Mavic Pro.

Characteristic	Drone type	
	DJI Phantom 3 Pro	DJI Mavic Pro
Sensor	Sony EXMOR	CMOS 1/2.3"
Lens	FOV 94° 20 mm f/2.8	FOV 78.8°, 28 mm f/2.2
Camera resolution	12MP	12MP
ISO range	100 - 3200 for video and 100 - 1600 for photo	100 - 3200 for video dan 100 - 1600 for photo
Photo size	4000 x 3000	4000 x 3000
Focal length	3.61 mm	4.73 mm
Remote control frequency	2.400 GHz - 2.4835 GHz	2.400 GHz - 2.4835 GHz
Battreary capacity	4480 mAh	3830 mAh
Satellite position system	GPS/GLONASS	GPS/GLONASS

Source: www.dji.com



(a)

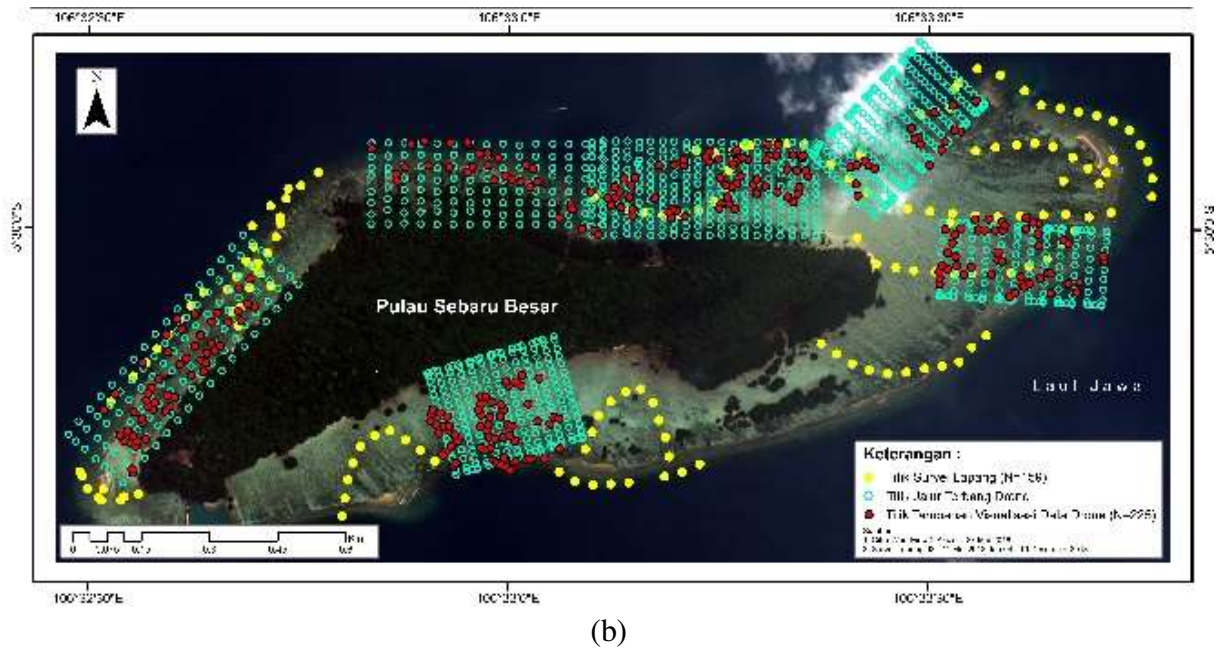


Figure 2. Map of field observation points and drone flyways in (a) Lancang Island (b) Sebaru Besar Island.

interpretasi visual objek habitat bentik perairan dangkal dari citra *drone* yang telah dikoreksi secara geometrik. Data VGT di Pulau Lancang dan Pulau Sebaru Besar diperoleh dari 25 titik dari tiap kelas. Analisis persentase tutupan setiap foto dianalisis dengan perangkat lunak CPCe (Kohler dan Gill, 2006). Selanjutnya dianalisis *cluster* (AHC) dengan perangkat lunak XLSTAT menggunakan algoritma *bray-curtis* sehingga dihasilkan dendrogram skema klasifikasi habitat bentik berdasarkan data survei lapangan dengan menghilangkan komposisi kelas yang memiliki frekuensi kehadiran kurang dari 40% (Green *et al.*, 2000).

2.4. Pengolahan Citra Satelit

Koreksi atmosferik dilakukan dalam prapengolahan Citra Worldview-2 menggunakan perangkat lunak ENVI 5.2 dengan metode *dark object subtraction* (DOS). Objek yang memiliki piksel minimum dijadikan sebagai acuan dalam metode ini. Proses selanjutnya, citra terkoreksi atmosferik dan digunakan sebagai input pada pengolahan citra yaitu proses *supervised*

classification menggunakan algoritma *maximum likelihood classification* dengan perangkat lunak ENVI 5.2. Klasifikasi ini dilakukan dengan memberikan input berupa titik sampel GTH dan VGT yang telah memiliki data atribut habitat bentik pada masing-masing kelas yang diperoleh saat survei lapangan.

2.5. Teknik Fotogrametri

Teknik fotogrametri terdiri atas koreksi data foto udara, melakukan identifikasi data foto udara, melakukan triangulasi dari data foto udara yang dihasilkan, tahapan pembangunan permukaan digital dan orthorektifikasi. Pada tahapan ini foto udara yang didapat dari hasil pemetaan pada lokasi penelitian diproses menggunakan perangkat lunak *Agisoft PhotoScan*. Dua belas jalur terbang *drone* di Pulau Lancang dan Pulau Sebaru Besar menghasilkan 12 citra foto udara. Proses pertama yaitu *add photo* berfungsi untuk memasukkan seluruh data foto udara yang akan diolah menggunakan perangkat lunak *Agisoft PhotoScan*. Selanjutnya dilakukan penyeselarasan antara masing-masing foto

(*aligning photo*) yang berfungsi untuk menggabungkan satu foto yang memiliki informasi spasial dengan foto lainnya dengan mencari titik ikat (*tie point*) atau kesamaan piksel yang terdapat pada setiap foto.

Setelah penyelarasan antara masing-masing foto, dibangun titik awan padat (*build dense cloud*) berdasarkan ketentuan titik awan jarang dengan memperkirakan posisi kamera dalam mencari kesamaan piksel berdasarkan titik awan sebelumnya. Kemudian membangun *mesh* yang merupakan tahapan proses membangun model permukaan dari titik awan padat yang telah dihasilkan. Tahapan ini dilakukan untuk menghasilkan model 3 dimensi dengan membangun bidang di antara titik-titik awan yang memiliki nilai koordinat x, y dan z. Proses terakhir dalam pemrosesan citra foto udara ialah membuat *orthophoto* (Figure 3). Foto yang telah terkoordinat akan digabungkan menjadi satu citra *drone* dengan resolusi spasial yang tinggi berdasarkan dari sumber foto dan rekonstruksi model yang didapat menggunakan *Agisoft's PhotoScan*.

2.6. Citra Drone

Beberapa perlakuan seperti tingkat persentase *overlapping* (*sidelape* dan *forwardlape*), ketinggian penerbangan yang berbeda dan waktu akuisisi pemetaan foto udara perlu dilakukan dalam perencanaan penerbangan. Perbedaan tersebut dilakukan untuk melihat tingkat luasan dari citra *drone* yang dihasilkan, resolusi spasial citra *drone* dan waktu yang tepat untuk melakukan pemetaan menggunakan *drone* pada kawasan Kepulauan Seribu. Perencanaan waktu yang tepat dalam pemetaan menggunakan *drone* dapat terhindar dari efek pantulan sinar matahari (*sun glint*) yang sangat berpengaruh terhadap pemantauan objek bawah air pada citra foto udara yang dihasilkan. Citra *drone* yang dihasilkan dari perbedaan ketinggian menghasilkan resolusi spasial dan luasan area yang berbeda-beda. Hal ini menerangkan bahwasanya faktor besaran resolusi spasial tergantung pada ketinggian

drone, semakin tinggi resolusi spasial pada citra yang dihasilkan maka penampakan objek pada gambar akan terlihat lebih detail. Penelitian Casella *et al.* (2016; 2017) ketinggian akuisisi *drone* masing-masing 80m dan 30m, menghasilkan resolusi spasial masing-masing 2,6cm dan 0,78cm.

2.7. Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik merupakan suatu proses untuk mengoreksi kesalahan dan menandai sifat-sifat peta pada sebuah citra. Geometrik citra harus dikoreksi agar sesuai dengan peta yang digunakan dengan sistem koordinat yang dipilih, sehingga citra dapat diidentifikasi dengan baik atau titik-titik yang diamati di lapangan dapat ditemukan dengan mudah pada citra (Green *et al.*, 2000). Teknik koreksi geometrik yang digunakan adalah transformasi titik kontrol pada citra Worldview-2 sebagai pengoreksi citra *drone* yang ditumpang susunkan untuk memperoleh titik kontrol sumbu X (bujur) dan sumbu Y (lintang). Pasangan koordinat titik pada citra Worldview-2 dengan koordinat baru hasil estimasi, didapat selisih sepanjang sumbu X (bujur) dan sumbu Y (lintang). Titik kontrol yang didapat, selanjutnya dihitung besarnya akurasi hasil koreksi geometrik dengan persamaan *Root Mean Square Error* (RMSE). Citra Worldview-2 tidak dilakukan koreksi geometrik, dikarenakan sudah dikoreksi dari penyedia data yaitu *Digital Globe Satellite Imagery*.

2.8. Uji Akurasi

Uji akurasi yang dilakukan pada peta hasil klasifikasi penginderaan jauh adalah dengan matrik kesalahan (*error matrix*) yang mengukur akurasi (Congalton dan Green, 2009).

Overall Accuracy:

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

Producer Accuracy:

$$PA = \frac{n_{jj}}{n + j} \dots\dots\dots (2)$$

User Accuracy:

$$UA = \frac{n_{ii}}{n_i +} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan: k ialah jumlah baris yang terdapat pada matriks, n ialah jumlah total pengamatan, n_{jj} ialah merupakan jumlah pengamatan pada kolom ke-j dan baris ke-j dan n_{ii} ialah jumlah pengamatan pada kolom ke - i dan baris ke - i.

Matriks kesalahan tunggal dan pasangan matriks kesalahan diuji tingkat kepercayaan signifikan pada standar deviasi normal sebagai berikut: Jika $\hat{K}_1$ dan $\hat{K}_2$ merupakan estimasi Kappa statistik dari masing-masing matriks kesalahan #1 dan #2, $\widehat{var}(\hat{K}_1)$ dan $\widehat{var}(\hat{K}_2)$ ialah estimasi varian sebagai hasil dari perhitungan yang tepat, maka uji statistik untuk menentukan akurasi matriks kesalahan tunggal menggunakan persamaan,

$$Z = \frac{K}{\sqrt{\widehat{var}(\hat{K}_1)}} \dots\dots\dots (4)$$

Uji statistik untuk mengetahui jika dua matriks kesalahan independen berbeda secara signifikan dengan menggunakan persamaan:

$$Z = \frac{|\hat{K}_1 - \hat{K}_2|}{\sqrt{\widehat{var}(\hat{K}_1) + \widehat{var}(\hat{K}_2)}} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan: Z adalah standarisasi dan distribusi normal nilai kappa dengan hipotesis $H_0: (K_1 - K_2) = 0$, alternatif $H_1: (K_1 - K_2) \neq 0$, H_0 ditolak jika $Z \geq Z_{\alpha/2}$.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.2. Citra Drone

Citra *drone* di Pulau Lancang dan Pulau Sebaru Besar (*Figure 3*) memiliki informasi ketinggian terbang, waktu akuisisi, luasan area, resolusi spasial dan tipe *drone* yang digunakan (*Table 2*).

Wahidin *et al.* (2018) melakukan pemetaan substrat dasar perairan dangkal menggunakan *drone* DJI Phantom 4 *Advanced* pada ketinggian 113m menghasilkan resolusi spasial yang sebesar 2.61cm. Menurut Putra (2016) terdapat korelasi yang kuat antara tinggi terbang *drone* dan resolusi spasial citra yang dihasilkan. Citra *drone* di Pulau Lancang yaitu LC 1, LC 2, LC 3 dan

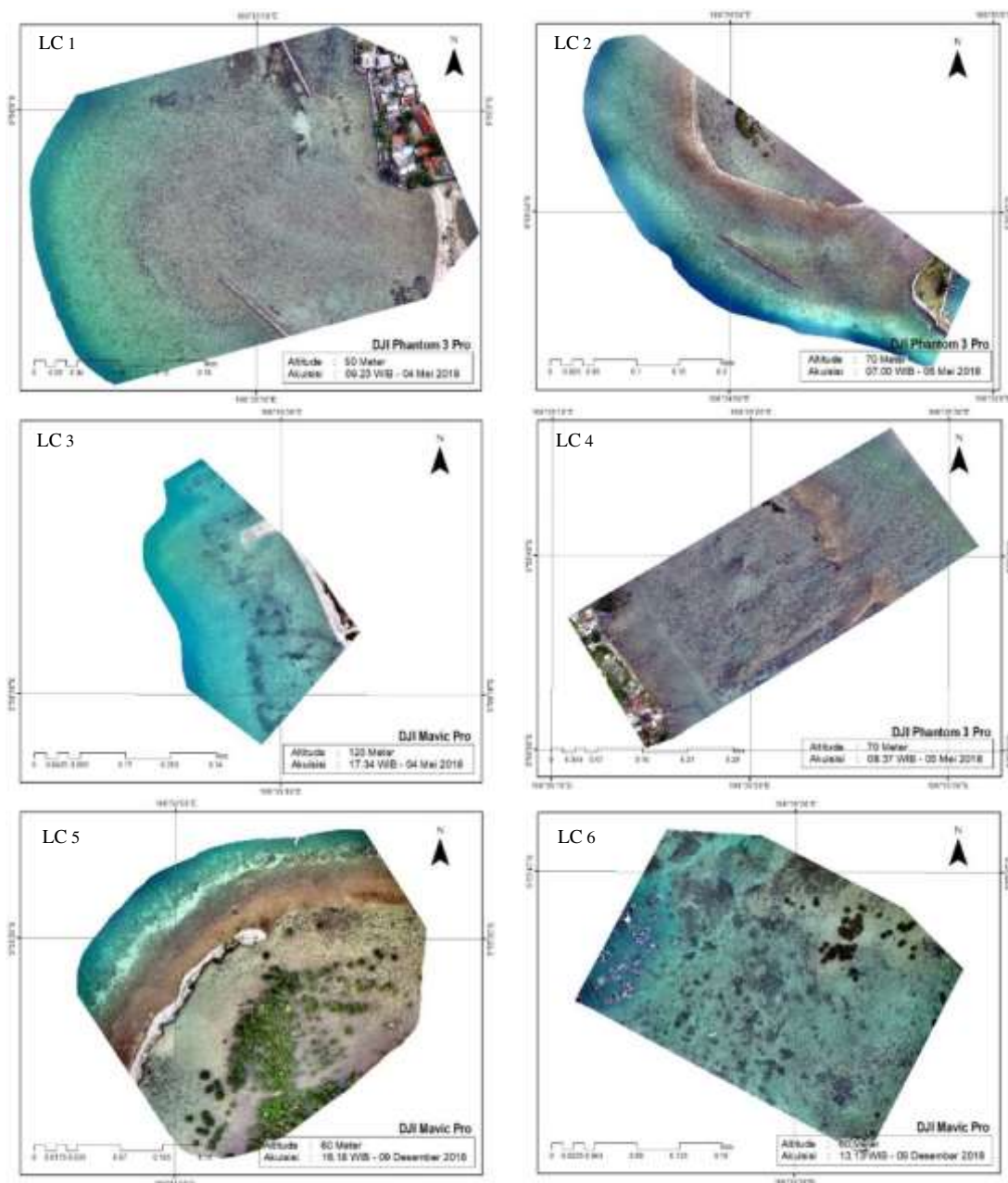
Table 2. Drone data tabulation.

Image	Drone type	Height (m)	Total photos	Acquisition	Area	Pixel (cm)
LC 1	DJI Phantom 3 Pro	50	246 Foto	09.23 WIB	10.4 ha	2.3
LC 2	DJI Phantom 3 Pro	70	176 Foto	07.00 WIB	9.87 ha	2.5
LC 3	DJI Mavic Pro	120	82 Foto	17.34 WIB	13.4 ha	3.5
LC 4	DJI Phantom 3 Pro	70	283 Foto	08.37 WIB	14.1 ha	2.5
LC 5	DJI Mavic Pro	60	235 Foto	16.18 WIB	9.72 ha	2.03
LC 3	DJI Mavic Pro	60	322 Foto	13.13 WIB	6.99 ha	2.03
LC 6	DJI Mavic Pro	50	354 Foto	08.52 WIB	7.63 ha	1.6
SB 1	DJI Phantom 3 Pro	60	361 Foto	07.39 WIB	18.38 ha	3
SB 2	DJI Phantom 3 Pro	60	119 Foto	10.05 WIB	11.79 ha	3
SB 3	DJI Mavic Pro	70	231 Foto	10.18 WIB	9.09 ha	2.2
SB 4	DJI Mavic Pro	90	163 Foto	08.15 WIB	9.75 ha	3
SB 5	DJI Mavic Pro	80	283 Foto	08.50 WIB	11.09 ha	2.9

LC4 dengan *overlapping* 70%, sedangkan LC 5, LC 6 dan LC 7 dengan *overlapping* 80%. Citra *drone* di Pulau Sebaru Besar yaitu SB 1, SB 2 dengan *overlapping* 70%, sedangkan SB 3, SB 4 dan SB 5 dengan *overlapping* 80%.

Perbedaan *overlapping* ini berdampak pada kualitas citra dan luasan yang didapat pada citra yang dihasilkan. Apabila persentase *overlapping* yang rendah maka pada proses *orthomosaic* foto udara terdapat beberapa area yang kosong (tidak memiliki objek), sehingga menyulitkan untuk

melakukan visualisasi objek pada citra *drone*. Semakin tinggi tingkat persentase *overlapping* maka semakin tinggi *compactness* gambar pada citra yang dihasilkan. Pada penelitian ini pemetaan foto udara, membutuhkan waktu berkisar 11-14 menit, dengan mempertimbangkan faktor luasan area, angin dan kapasitas daya baterai. Visualisasi habitat bentik tampak jelas dan terhindar dari efek glint dan bayangan awan pada lokasi penelitian dengan akuisisi pada pukul 07.00-09.00 WIB.



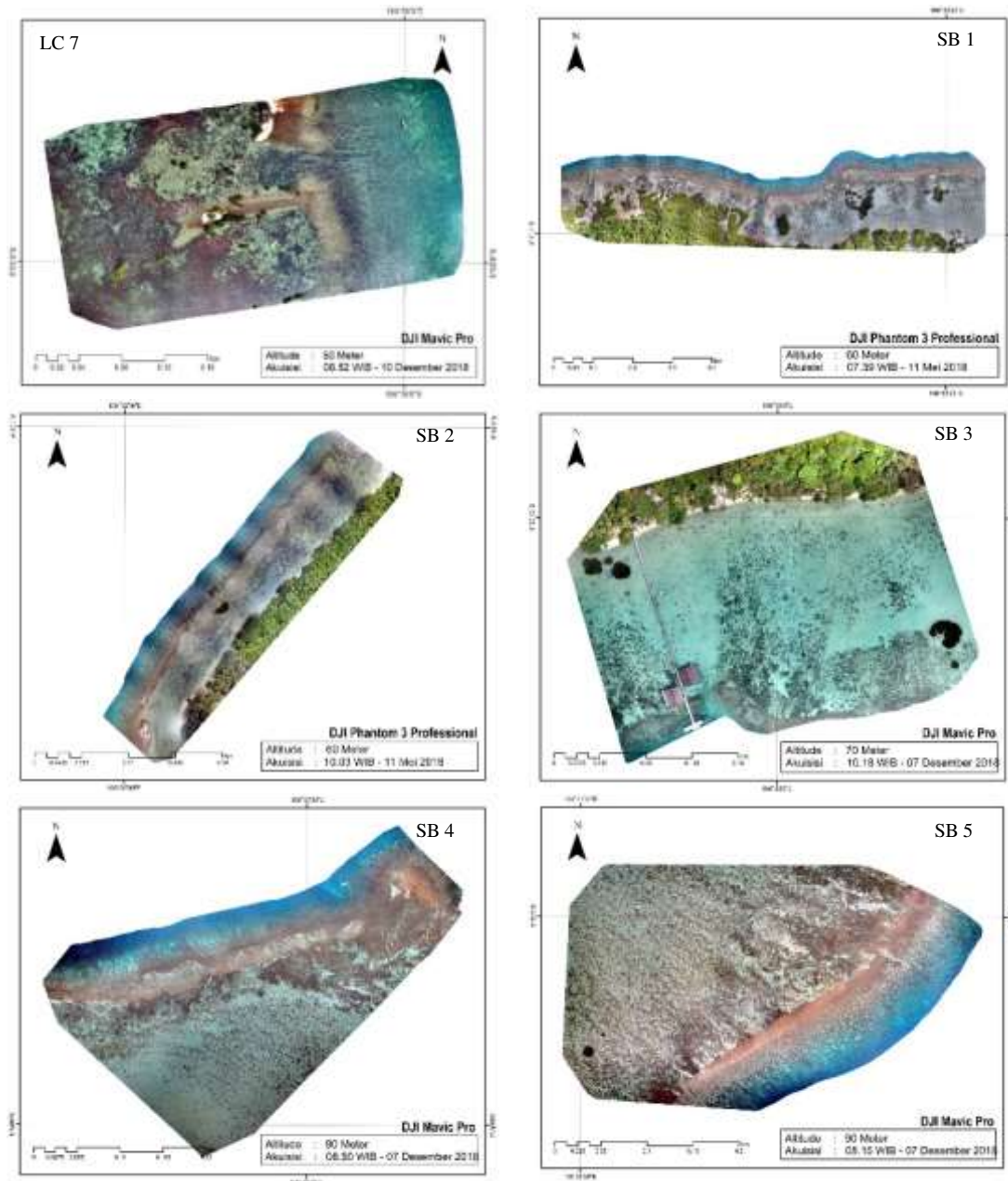


Figure 3. Aerial photography on Lancang Island (LC) and Sebaru Besar Island (SB).

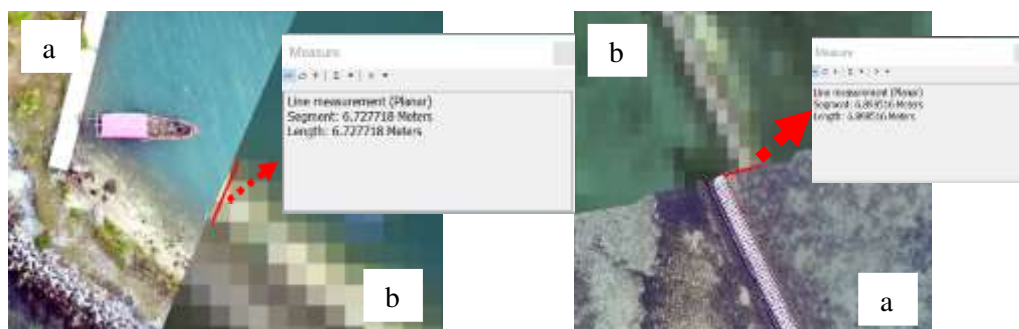


Figure 4. Overlay of aerial photograph (a) and Worldview-2 imagery (b).

3.3. Koreksi Geometrik Citra Drone

Koreksi Geometrik dilakukan dengan cara mentransformasikan posisi setiap piksel yang ada di citra terhadap posisi objek yang sama di permukaan bumi dengan menggunakan *ground control point* (GCP) (Sukojo dan Kustarto, 2002). Lokasi yang biasanya dilakukan pengambilan GCP adalah tempat/area yang memiliki warna menyolok, perpotongan jalan, sudut jalan, perempatan jalan dan persimpangan rel dengan jalan dan bangunan yang mudah diidentifikasi atau dikenal (Darmawan, 2008).

Terdapat distorsi sekitar 6,7m-6,9m antara citra *drone* dan citra Worldview-2, oleh karena itu perlunya untuk dikoreksi geometrik pada citra *drone* dengan citra Worldview-2 sebagai pengoreksi. Pada tahap *rectify* dihasilkan total RMS Error 0.666291 dengan titik ikat sebanyak 8 titik tersebar di sisi citra *drone* yang akan dikoreksi. Nilai RMS Error pada citra *drone* yang telah dikoreksi geometrik telah memenuhi toleransi, dimana nilai RMSE tidak melebihi dan tidak sampai dengan satu. Menurut Townshend *et al.* (1992), akurasi dalam

penyatuan sistem koordinat biasa dinyatakan dengan RMSE dengan sejumlah titik kontrol. Rentang nilai 0.5 hingga 1.0 piksel cukup untuk mencapai kesalahan 10% atau kurang dalam posisi apabila kedua citra (peta) ditumpang-susunkan masih berada dalam batas-batas toleransi.

Data citra foto udara ditumpang-susunkan dengan Citra Worldview-2 (*Figure 5*) untuk melihat tingkat kesesuaian posisi dilihat dengan visualisasi objek yang penampaknya jelas, seperti *breakwater*, pasir, dermaga dan persimpangan jalan.

3.3. Visualisasi Objek Habitat Bentik Perairan Dangkal

Proses visualisasi objek habitat perairan dangkal pada Citra Worldview-2 dan citra *drone* terlihat perbandingan secara visual (*Figure 7*). Perbedaan tersebut dikarenakan adanya perbedaan tingkat resolusi spasial antara Citra Worldview dan citra *drone*. Dimana citra Worldview-2 memiliki resolusi spasial 2m sedangkan resolusi spasial citra *drone* biasa sampai 1,6m untuk ketinggian penerbangan 50m.

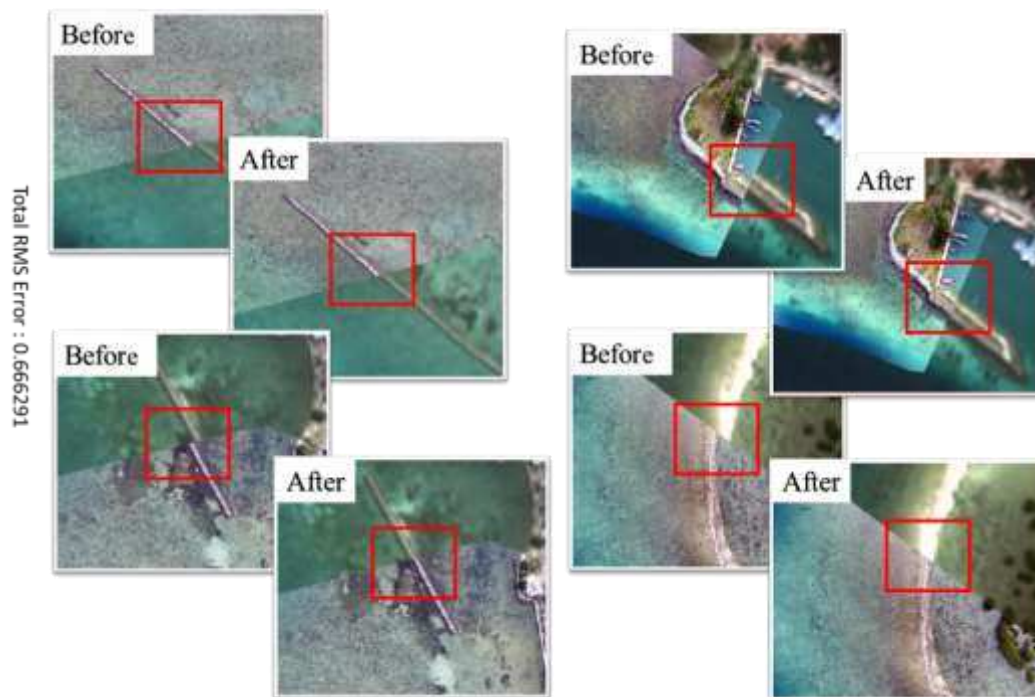


Figure 5. Aerial photograph before and after geometry correction.

Pengambilan data foto udara untuk proses fotogrametri dilakukan beberapa perlakuan seperti perbedaan ketinggian, perbedaan *overlapping* foto. Pada penelitian (Casella *et al.*, 2017) yang melakukan pemetaan terumbu karang menggunakan *drone* dan teknik fotogrametri) pada ketinggian terbang 75m dan hanya mencakup perairan dangkal saja. Penggunaan *drone* (pesawat tanpa awak) dalam melakukan pemetaan terumbu karang sangat memungkinkan dikarenakan dengan visualisasi citra foto udara dapat melihat perbedaan pada tingkat bentuk pertumbuhan karang dengan jelas dan ukuran yang besar. Bahkan citra foto udara resolusi tinggi yang dihasilkan dengan *drone*, dapat diulang secara *time series* pada lokasi yang sama. Hal tersebut bermanfaat untuk mengkaji dampak perubahan pada tutupan terumbu karang yang dihubungkan dengan fenomena tertentu (Casella *et al.*, 2017).

Resolusi spasial paling tinggi dihasilkan pada ketinggian penerbangan 50m, sedangkan resolusi spasial paling rendah dihasilkan pada ketinggian penerbangan 120m dengan nilai 3.5/piksel. Wahidin *et al.* (2018) Pemetaan substrat dasar menggunakan *drone* DJI Phantom 4 Advanced pada ketinggian 113m dengan 150 foto yang di *orthomosaic* menghasilkan resolusi spasial sebesar 2,61cm.

3.4. Klasifikasi dan Uji Akurasi Habitat Bentik Perairan Dangkal

Klasifikasi habitat bentik di Pulau Lancang dan Pulau Sebaru Besar (*Figure 7*) menggunakan citra satelit diintegrasasi data GTH dan VGT. Klasifikasi yang umum digunakan selama ini adalah metode klasifikasi berbasis piksel adalah dengan algoritma *maximum likelihood*. Algoritma klasifikasi *maximum likelihood* bekerja berdasarkan nilai statistik probabilitas pada setiap *training area* kelas objek terhadap kelas objek yang lainnya, sehingga dapat meminimalisasi piksel yang tidak terklasifikasi melalui pengaturan nilai batas (*threshold*) (Richards dan Jia, 2006; Danoedoro, 2012).

Klasifikasi habitat bentik dilakukan di Pulau Lancang (*Figure 7a* dan *b*) dan Pulau Sebaru Besar (*Figure 7c* dan *d*) dengan membandingkan hasil klasifikasi dari data inputan GTH dan VGT. Hasil klasifikasi habitat perairan dangkal di Pulau Lancang dan Pulau Sebaru Besar berdasarkan warna yang terdiri dari: Alga (*yellow*), pasir (*beryl green*), lamun (*green*), rubble (*red*), karang mati (*violet*), karang hidup (*blue*), pasir campur rubble (*heliotrope*), pasir campur alga (*topaz sand*) dan rubble campur alga (*green*). Hasil uji akurasi (*Table 3*) pada peta hasil klasifikasi dengan metode GTH dan VGT tidak berbeda secara signifikan.

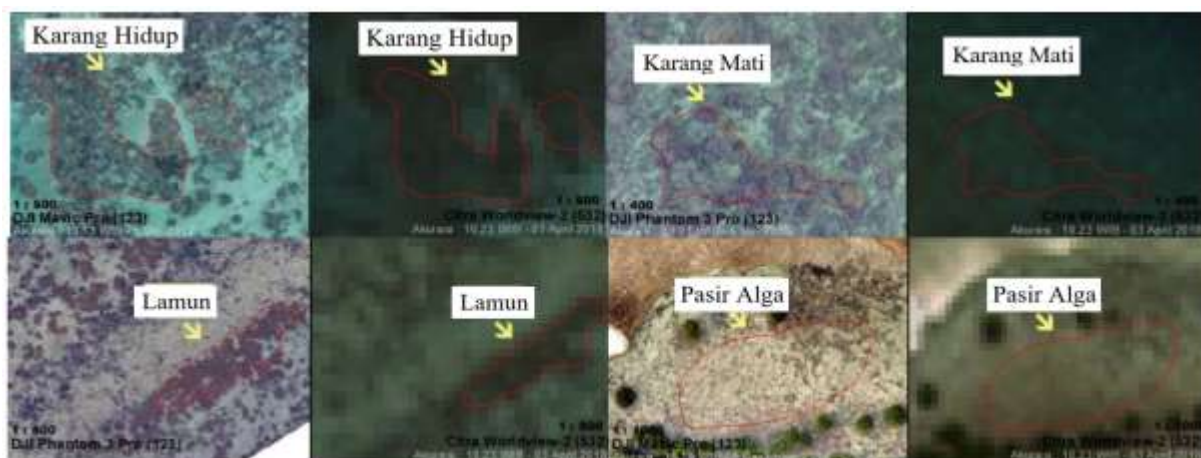


Figure 6. Visualization of benthic habitat objects on Worldview Imagery and aerial photograph.

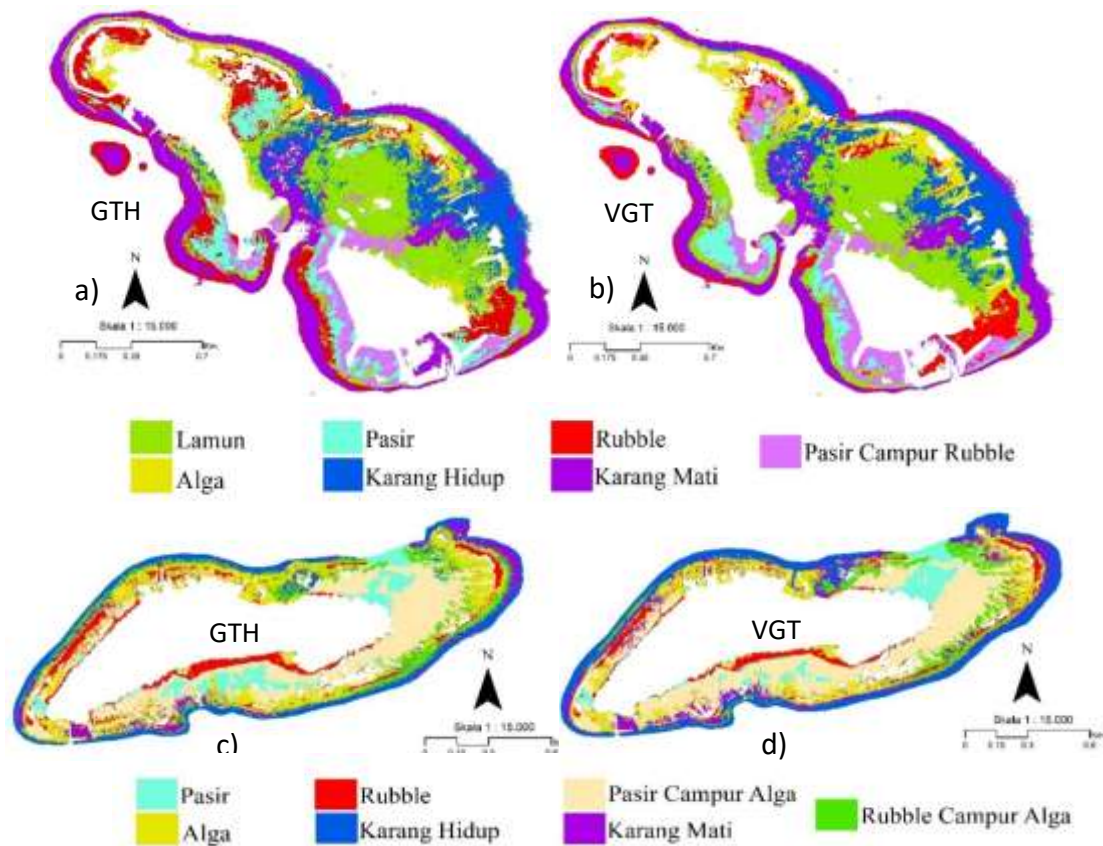


Figure 7. Results of classification of shallow water benthic habitat on Lancang Island (a) GTH (b) VGT and on Sebaru Besar Island (c) GTH and (d) VGT.

Citra Worldview-2 di Pulau Lancang dengan menggunakan metode GTH menghasilkan *overall accuracy* 65,5%, sedangkan VGT 60,6%. Hasil uji akurasi di Pulau Sebaru Besar dengan metode GTH juga menghasilkan *overall accuracy* yang lebih besar yaitu 67,5%, jika dibandingkan dengan metode VGT dengan nilai sebesar 64,6%. Akurasi yang baik dan dapat digunakan jika peta klasifikasi habitat bentik menghasilkan *overall accuracy* di atas 60% (Green *et al.*, 2000). Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya terkait pemetaan habitat bentik perairan dangkal dengan algoritma *maximum likelihood* pada citra resolusi tinggi seperti Siregar (2010) dapat memetakan habitat bentik dengan akurasi 79% untuk 6 kelas habitat dengan menggunakan Citra Quickbird. Tamondong *et al.* (2013) dan Kabiria *et al.* (2018) memetakan 5 kelas habitat dengan akurasi hasil klasifikasi

sebesar 75,54% dan 78,1% menggunakan Citra Worldview-2. Anggoro *et al.* (2018) menyatakan bahwa penggunaan Citra Worldview-2 yang diintegrasikan dengan data lapangan dapat memetakan 9 kelas habitat bentik dengan akurasi sebesar 61%. Rendahnya akurasi pada penelitian ini disebabkan karena jumlah kelas habitat yang diklasifikasikan tidak sama. Menurut Mastu (2018), akurasi keseluruhan hasil pemetaan tergantung dari banyaknya kelas yang menjadi objek pemetaan. Keseluruhan hasil uji akurasi menunjukkan bahwa metode GTH memiliki tingkat akurasi yang baik dibandingkan dengan VGT. Metode VGT lebih banyak terjadi kesalahan klasifikasi pada daerah yang memiliki kompleksitas tinggi. Hal ini disebabkan karena kesamaan nilai piksel pada masing-masing kelas serta kesenjangan *distorsi* posisi objek pada citra Worldview-2 dan citra foto udara.

Table 3. The results of accuracy assessment and Z test on Lancang Island and Sebaru Besar Island.

No.	Methods	OA	Kappa	Var. (K)	Z	Location
1	GTH	65.50%	0.5948	-0.0009	2.0851	Lancang Island
	VGT	60.60%	0.5350	0.0017		
2	GTH	67.50%	0.6162	-0.0015	0.5255	Sebaru Besar Island
	VGT	64.60%	0.5783	0.0067		

Menurut Hafizt dan Danoedoro (2015) kesalahan klasifikasi terjadi dikarenakan adanya kesamaan nilai piksel seperti pada objek padang lamun dan terumbu karang. Pentingnya koreksi geo-metrik pada citra foto udara dapat menghasilkan posisi citra foto udara yang tepat dengan posisi sebenarnya pada permukaan bumi. Nilai Z-test menunjukkan berbeda signifikan di Pulau Lancang sedangkan di Pulau Sebaru Besar terdistribusi secara normal. Hal ini menerangkan bahwasanya penggunaan VGT memiliki prospek kedepan untuk dilakukan di perairan dengan tingkat kekeruhan yang rendah. Menurut Congalton dan Green (2009) nilai Z-test antara nilai -1,96 sampai dengan 1,96 merupakan kategori akurasi yang berada pada distribusi normal.

IV. KESIMPULAN

Pemetaan habitat bentik perairan dangkal dapat dipetakan dengan baik menggunakan data GTH dan VGT. Hasil *overall accuracy* diperoleh untuk 7 kelas habitat di Pulau Lancang dengan data GTH dan VGT masing-masing sebesar 65,5% dan 60,6%. Sedangkan di Pulau Sebaru Besar masing-masing sebesar 67,5% dan 64,6%. Perbandingan akurasi hasil klasifikasi pada data GTH dan VGT didapatkan rentang 4,9% di Pulau Lancang dan 2,9% di Pulau Sebaru Besar. Hasil uji signifikansi metode GTH dan VGT di Pulau Lancang berbeda nyata dengan nilai Z sebesar 2,0851, sedangkan di Pulau Sebaru Besar tidak berbeda nyata dengan nilai Z sebesar 0,5255, sehingga pemetaan habitat bentik dengan metode VGT dapat digunakan sebagai alternatif pengamat-

an di lapangan secara *in-situ*, namun hal ini masih memerlukan penelitian lanjutan. Berdasarkan kajian resolusi spasial citra *drone* dipengaruhi oleh ketinggian terbang *drone* dimana semakin tinggi resolusi spasial pada citra yang dihasilkan maka penampakan objek pada gambar akan terlihat lebih detail. Selain itu semakin tinggi persentase *overlapping* maka akan semakin tinggi *compactness* gambar pada citra yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Ditjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, Republik Indonesia melalui program hibah Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) yang diketuai oleh Bpk. Prof. Dr. Vincentius Paulus Siregar, DEA.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, A., E. Sumartono, V.P. Siregar, S.B. Agus, D. Purnama, Supriyono, D.A. Puspitosari, T. Listyorini, B. Sulistyo dan Parwito. 2018. Comparing object-based and pixel-based classifications for benthic habitats mapping in Pari Islands. *J. Physics: Conference Series*, 1114:1-7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1114/1/012049>
- Badan Informasi Geospasial (BIG). 2017. Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 7 Tahun 2017

- Tentang Kompetensi Kerja Di Bidang Informasi Geospasial. BIG.10 p.
- Casella, E., A. Collin, D. Harris, S. Ferse, S. Bejarano, V. Parravicini, J.L. Hensch dan A. Rovere. 2017. Mapping coral reefs using consumer-grade drones and structure from motion photogrammetry techniques. *Coral Reefs*. 36(1):269-275.
<https://doi.org/10.1007/s00338-016-1522-0>
- Casella, E., A. Rovere, A. Pedroncini, C.P. Stark, M. Casella, M. Ferrari dan M. Firpo. 2016. Drones as tools for monitoring beach topography changes in the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Geo-Marine Letters*, 36(2):151-163.
<https://doi.org/10.1007/s00367-016-0435-9>
- Colefax, A.P., P.A. Butcher, B.P. Kelaher, Browman dan H. He, H. 2017. The potential for unmanned aerial vehicles (UAVs) to conduct marine fauna surveys in place of manned aircraft. *ICES J. Mar. Sci.*, 75(1):1-8.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx100>
- Colomina, I. dan P. Molina. 2014. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS J. of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92(C):79-97.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>
- Congalton, R.G. dan K. Green. 2009. Assessing the accuracy of remotely sensed data-principles and practices (second edition). CRC Taylor & Francis. France (FR). 55-127pp.
- Crutsinger, G.M., J. Short dan R. Sollenberger. 2016. The future of UAVs in ecology: an insider perspective from the Silicon Valley drone industry. *J. of Unmanned Vehicle Systems*, 4(1):1-8.
<https://doi.org/10.1139/juvs-2016-0008>
- Danoedoro, P. 2012. Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Andi Offset. Yogyakarta (ID). 398hlm.
- Darmawan, S. 2008. Perkembangan teknologi geoinformasi di indonesia: Global Positioning System (GPS), Remote Sensing (RS) dan Sistem Informasi Geografis (SIG). ITB Press. Bandung.
- Da-Jiang Innovations Science and Technology [DJI]. 2017. Mavic Pro: User manual. DJI. 61 p.
- Da-Jiang Innovations Science and Technology [DJI]. 2016. Phantom 3 Professional: User manual. DJI. 57 p.
- Floreano, D. dan J.W. Robert. 2015. Science, technology and the future of small autonomous drones. *Nature*, 521(7553):460-466.
<https://doi.org/10.1038/nature14542>
- Green, E.P., P.J. Mumby, A.J. Edwards dan C.D. Clark. 2000. Remote sensing handbook for tropical coastal management. UNESCO Pub. Paris (FR). 316 p.
- Hafizt, M. dan P. Danoedoro. 2015. Kajian pengaruh koreksi kolom air pada citra multispektral worldview-2 untuk pemetaan habitat bentik di Pulau Kemujan Kepulauan Karimunjawa Kabupaten Jepara. Kongres Vi Mapin 2015. Mapin Jabodetabek. Bogor. Hlm.: 566-574.
- Hedley, J.D., C.M. Roelfsema, I. Chollett, A.R. Harborne, S.F. Heron, S. Weeks, W.J. Skirving, A.E. Strong, C.M. Eakin, T.R.L. Christensen, V. Ticzon, S. Bejerano dan P.J. Mumby. 2016. Remote sensing of coral reefs for monitoring and management: a review. *Remote Sensing*, 8:118-157.
<https://doi.org/10.3390/rs8020118>
- Kabiria, K., H. Rezaib dan M. Moradia. 2018. Mapping of the corals around Hendorabi Island (Persian Gulf), using Worldview-2 standard imagery

- coupled with field observations. *Marine Pollution Bulletin*, 129:266-274.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.045>
- Kiszka, J.J., J. Mourier, K. Gastrich dan M.R. Heithaus. 2016. Using unmanned aerial vehicles (UAVs) to investigate shark and ray densities in a shallow coral lagoon. *Marine Ecology Progress Series*, 560:237–242.
<https://doi.org/10.3354/meps11945>
- Kohler, K.E. and S.M. Gill. 2006. Coral point count with excel extensions (cpce): A visual basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers dan Geosciences*, 32:1259-1269.
<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2005.11.009>
- Mastu, L.O.K., B. Nababan dan J.P. Panjaitan. 2018. Pemetaan habitat bentik berbasis objek menggunakan citra sentinel-2 di Perairan Pulau Wangi-Wangi Kabupaten Wakatobi. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(2):381-396.
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i2.21039>
- Mellin, C., S. Andrefouet, M. Kulbicki, M. Dalleau dan L. Vigliola. 2009. Remote sensing and fish habitat relationship in coral reef ecosystem: review and pathways for systematic multiscale hierarchical research. *Marine Pollution Bulletin*, 58:11-19.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.10.010>
- Putra, A.S., W. Ambarwulan, E. Maulana, T.R. Wulan, N. Maulia, M.D. Putra, D.S. Wahyuningsih, F. Ibrahim dan T. Raharjo. 2016. Kajian korelasi antara tinggi terbang dan resolusi foto udara hasil akuisisi dengan UAV di Kawasan Pesisir. Prosiding Seminar Nasional Kelautan 2016. Universitas Trunojoyo Madura, 27 Juli 2016. Hlm.: 216-225.
- Ratcliffe, N., D. Guihen, J. Robst, S. Crofts, A. Stanworth dan P. Enderlein, 2015. A protocol for the aerial survey of penguin colonies using UAVs. *J. Unmanned Vehicle Systems*, 3(3):95–101. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0006>
- Richards, J.A. 2013. Remote sensing digital image analysis; Springer: Berlin, Germany. 295-332pp.
- Richards, J. dan X. Jia. 2006. Remote sensing digital image analysis. Springer, Berlin. 194-199pp.
<http://site.ebrary.com/id/10228695>
- Roelfsema, C. dan S. Phinn. 2008. Evaluating eight field and remote sensing approaches for mapping the benthos of three different coral reef environments in fiji. *Remote Sensing of Inland, Coastal, and Oceanic Waters*, 7150(F):1-14.
<https://doi.org/10.1117/12.804806>
- Schaub, J., B.P. Hunt, E.A. Pakhomov, K. Holmes, Y. Lu dan L. Quayle. 2018. Using unmanned aerial vehicles (UAV's) to measure jellyfish aggregations. *Marine Ecology Progress Series*, 591:29–36.
<https://doi.org/10.3354/meps12414>
- Siregar, V. 2010. Pemetaan substrat dasar perairan dangkal karang congkak dan lebar Kepulauan Seribu menggunakan citra satelit quick bird. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2(1):19-30.
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v2i1.7860>
- Sukojo, B.M. dan H. Kustarto. 2002. Perbaikan geometrik trase jaringan jalan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. *J. Makara, Sains*, 6(3):136-141.
- Sulong, I., H.M. Lokman, K.M. Tarmizi dan A. Ismail. 2002. Mangrove mapping using Landsat imagery and aerial

- photographs: Kemaman District, Terengganu, Malaysia. *Environment, Development and Sustainability*, 4(2):135–152.
<https://doi.org/10.1023/A:1020844620215>
- Tamondong, A.M., A.C. Blanco, M.D. Fortes dan K. Nadaoka. 2013. Mapping seagrass and other benthic habitats in Balinao, Pangasinan using Worldview-2 Satellite Image. International Geoscience and Remote Sensing Symposium. *IEEE*. 1579-1582 pp.
<https://doi.org/10.1109/IGARSS.2013.6723091>
- Townshend, J.R.G., C.O. Justice, C. Gurney dan J. McManus. 1992. The impact of misregistration on change detection. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30(5):1054-1060.
<https://doi.org/10.1109/36.175340>
- Wahidin, N. dan R.M. Abdullah. 2018. Pemetaan substrat dasar perairan dangkal menggunakan drone komersial dan teknik fotogrametri. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Iptek Perikanan dan Kelautan I. Juni 2018. Hlm.: 621-633.
- Waugh. E. dan M. Mowlem. 2010. Technical note: a low cost unmanned aerial vehicle for ship based science missions. Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union. *Ocean Science*, 6(3):615-619.
<https://doi.org/10.5194/os-6-615-2010>
- Received* : 28 June 2019
Reviewed : 07 October 2019
Accepted : 01 March 2020