

PEMETAAN TERUMBU KARANG MENGGUNAKAN UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) DI SELATAN PULAU TIKUS KOTA BENGKULU
MAPPING CORAL REEFS USING UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) IN THE SOUTH OF TIKUS ISLAND, BENGKULU CITY

Denmas Pandu Pamungkas*, Dede Hartono, dan Ari Anggoro

Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu,
Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Kec. Muara Bangka Hulu, Sumatera, Bengkulu

*Corresponden author email: Pandupamungkas57@gmail.com

Submitted: 04 March 2021 / Revised: 28 April 2022 / Accepted: 29 April 2022

<http://doi.org/10.21107/jk.v15i1.10115>

ABSTRACT

Remote sensing can be interpreted as a technology to obtain information on an object on the earth's surface without direct contact with the object to be studied. Along with the development of current technology, the creation of unmanned aircraft technology or UAV (Unmanned Aerial Vehicle). This research was conducted in June 2020 in the southern waters of Tikus Island. The results of mapping coral reefs in the South of Tikus Island using the UAV (Unmanned Aerial Vehicle) obtained an area of 58.22 ha of Tikus Island South and got four classes, namely the living coral area of 15.34 ha. , Dead Coral and Algae 15.60 ha, Sand 8.08 ha, and Rubble 19.20 ha. Accuracy gets a value of 83.3% and this becomes the accuracy of image data with high resolution.

Keywords: UAV, Mapping, Coral reefs, Aerial photography, Tikus Island.

ABSTRAK

Penginderaan jauh dapat diartikan sebagai teknologi untuk memperoleh informasi suatu objek di permukaan bumi tanpa kontak langsung ke objek yang akan dikaji. Seiring berkembangnya teknologi saat ini terciptanya teknologi pesawat tanpa awak atau UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2020 di Perairan Selatan Pulau Tikus, Hasil pemetaan terumbu karang di Selatan Pulau Tikus Menggunakan UAV (Unmanned Aerial Vehicle) mendapatkan Luasan Area Selatan Pulau Tikus 58,22 ha dan mendapatkan empat kelas yaitu luasan Karang hidup 15,34 ha, Karang Mati dan Algae 15,60 ha, Pasir 8,08 ha, dan Rubble 19,20 ha. Akurasi mendapatkan nilai 83.3% dan ini menjadi akurasi data citra dengan resolusi tinggi.

Kata Kunci: UAV, Pemetaan, Terumbu karang, Foto udara, Pulau Tikus.

PENDAHULUAN

Penginderaan jauh dapat diartikan sebagai teknologi untuk memperoleh informasi suatu objek di permukaan bumi tanpa kontak langsung ke objek yang akan dikaji. Saat ini teknologi penginderaan jauh berbasis satelit menjadi sangat populer dan digunakan untuk berbagai tujuan kegiatan, salah satunya untuk mengidentifikasi potensi sumber daya wilayah pesisir dan lautan. Hal ini disebabkan teknologi ini memiliki beberapa kelebihan, seperti: harganya yang relatif murah dan mudah didapat, adanya resolusi temporal

(perulangan) sehingga dapat digunakan untuk keperluan *monitoring* (Alduki, 2020).

Pada beberapa Kasus, citra satelit juga sering tidak dapat digunakan karena memiliki tutupan awan yang cukup banyak sehingga menghalangi objek yang terekam. Hal tersebut disebabkan karena perekaman dilakukan pada ketinggian orbit satelit yang cukup tinggi di atas atmosfer bumi. Salah satu wahana yang dapat digunakan untuk menjawab permasalahan tersebut adalah pesawat tak berawak/UAV (*Unmanned Aircraft Vehicle*)

atau lebih dikenal dengan sebutan *drone* (Prayudha, 2018).

Seiring berkembangnya teknologi saat ini munculah teknologi pesawat tanpa awak atau UAV (*Unmanned Arial Vehicle*) atau awam di masyarakat ialah Drone, UAV (*Unmanned Arial Vehicle*) adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot, terdapat dua jenis UAV, yaitu *multicopter* dan *fixed-wing*. (Utomo, 2018).

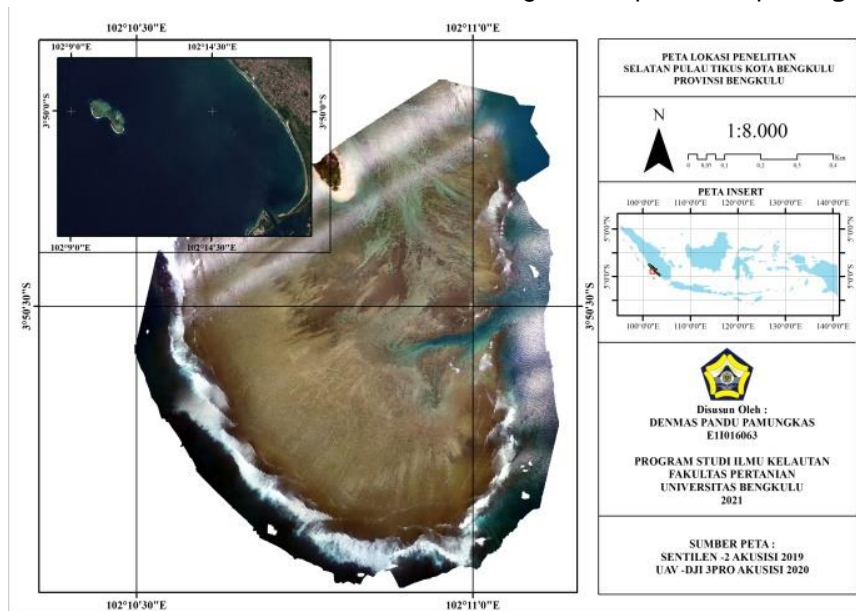
Dalam hal ini teknologi UAV dapat digunakan untuk pemetaan Pulau Tikus dan ekosistem yang ada di dalamnya. Penggunaan teknologi UAV telah banyak dimanfaatkan untuk pemetaan ekosistem terumbu karang. Pulau Tikus yang berada di Provinsi Bengkulu merupakan pulau kecil dengan rata-rata terumbu yang luas.

Pulau Tikus sebagai satu-satunya pulau yang ada di Kota Bengkulu. Dikelilingi terumbu karang yang sangat luas sehingga mampu melindungi pulau dari abrasi akibat gelombang yang besar. Namun keberadaan terumbu karang di Pulau Tikus sudah lama mengalami degradasi karena adanya pengrusakan karang oleh manusia. (Anggoro *et al.*, 2020).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan habitat dan luasan terumbu karang menggunakan pesawat tanpa awak atau UAV (*Unmanned Arial Vehicle*) dan menguji akurasi pemetaan selatan Pulau Tikus Kota Bengkulu.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2020 – Januari 2021 di Perairan Selatan Pulau Tikus, Kota Bengkulu. Dapat dilihat pada **gambar 1**.



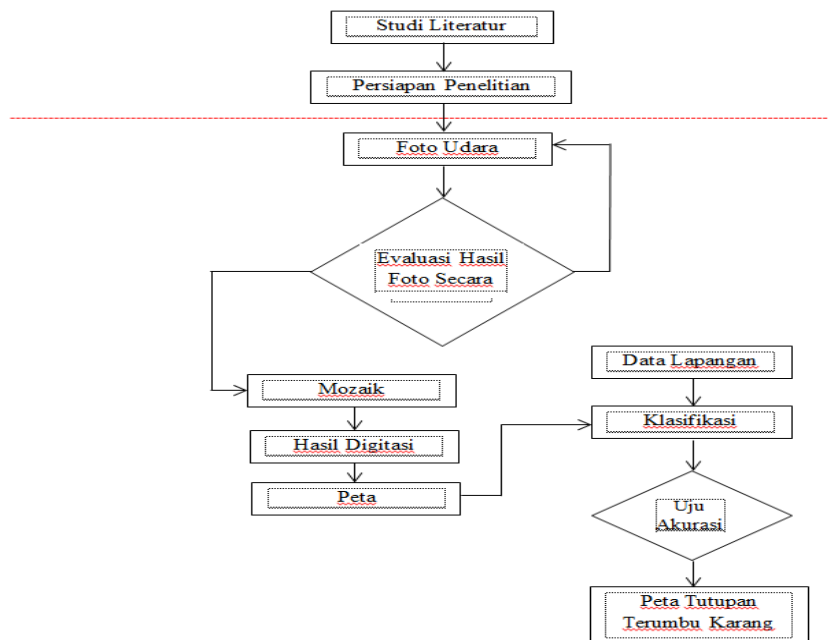
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini terdiri dari perangkat keras pengelolaan data, perangkat lunak dan perlengkapan pengambilan data di lapangan. Perangkat keras yang digunakan adalah Laptop dengan spesifikasi Processor Intel® Core i5-5300U CPU @ 2.30 GHz 2.30 GHz, RAM 4,00 GB, SSD 280GB, Pesawat tanpa awak Multicopter, Handphone RAM 4 GB. Perangkat Lunak/Software yang digunakan adalah ArcGis,

Envi, Agisoft PhotoScan, DroneDeploy, dan DJI Pro. Peralatan yang digunakan di lapangan adalah Global Positioning System (GPS), kamera bawah air, dan alat dasar selam (ADS).

Proses Penelitian

Skema metodologi penelitian ini dapat dilihat pada diagram Alir, **Gambar 2**

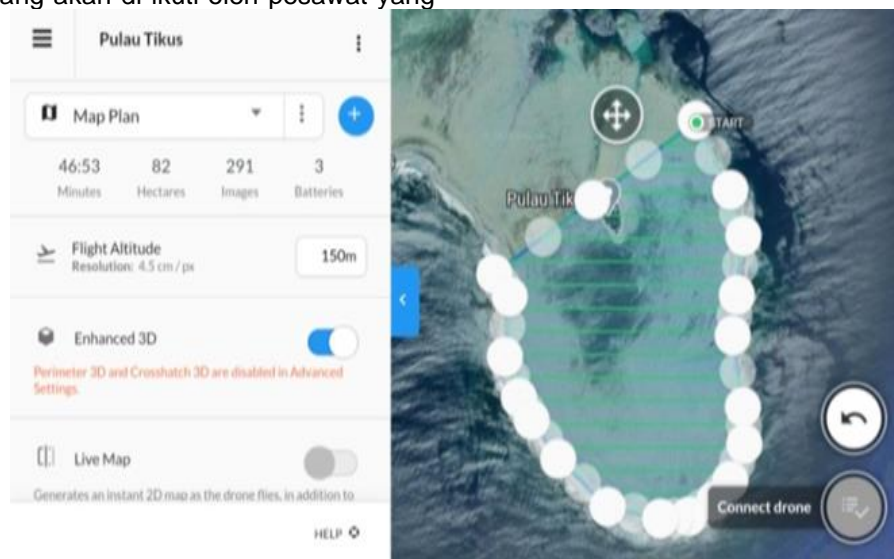


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian, modifikasi Adi et al., (2017).

Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian pertamakali dilakukan pembuatan jalur terbang hal ini merupakan proses untuk merencanakan jalur terbang untuk mendapatkan hasil yang di inginkan. **Gambar 3.** Adalah jalur yang akan di ikuti oleh pesawat yang

akan mengambil gambar foto udara yang akan di gunakan, dalam perancangan ini di dapatkan keterangan waktu lama terbang selama 46.53 menit, ketinggian terbang mencapai 150 mdpl, jumlah foto udara yang akan di dapatkan 291 pcs, dan jumlah batre yang digunakan 3 pcs.



Gambar 3. Rancangan rencana terbang dengan Aplikasi DroneDeploy.

Foto Udara Menggunakan UAV

Foto udara dengan UAV rotary system mengendalikan kerja rotor sebagai penggerak sekaligus untuk mempertahankan ketinggian saat

terbang di udara. Jenis ini juga mudah di gunakan karena tidak perlu landasan padasaat turun dan terbang kembali (Prayudha, 2018). Jenis yang digunakan DJI Phantom 3 Professional yang memiliki reolusi pixels kamera 12.76 dan dengan

mode kamera Single Shot aplikasi DJI GO untuk melakukan penyetelan UAV seperti kalibrasi kompas dan gimbal serta aplikasi DroneDeploy untuk menerbangkan UAV secara otomatis (autopilot) sesuai jalur terbang yang telah direncanakan sekaligus melakukan pemotretan (Putra *et al.*, 2016).

Analisis Foto Udara

Pembentukan *Orthophoto* dilakukan setelah melakukan pemotretan udara dan menyeleksi data hasil pemotretan, kemudian dilakukan pembentukan *Orthofoto*. Terdapat banyak perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membentuk hasil foto udara menjadi *orthofoto*, namun pada penelitian ini pembentukan *orthofoto* dilakukan menggunakan *Cloud Base DroneDeploy Dashboard* serta perangkat lunak *Agisoft PhotoScan* (Adi *et al.*, 2017).

Klasifikasi

Klasifikasi saat pengambilan data informasi substrat perairan pada penelitian ini menggunakan stratified random sampling. Teknik ini didasarkan pada pengetahuan tentang lokasi penelitian yang dibagi dalam kelas-kelas citra yang di pilih secara acak. Dimana kelas – kelas citra yang dibagi menjadi 4 kelas yaitu : Karang hidup, Karang mati dan Algae, Rubble, dan Pasir. Keseluruhan titik pengamatan secara langsung sebagian data akan

digunakan untuk ROL (Region of Interest) dan sebagian lagi akan digunakan untuk Uji Akurasi (Ramadhani *et al.*, 2015).

Uji Akurasi

Uji akurasi yang umum dilakukan pada data hasil *klasifikasi* penginderaan jauh adalah matrik kesalahan (error matrix) dengan mengukur akurasi keseluruhan, overall accuracy (OA) adalah suatu persentase jumlah piksel yang dikelaskan secara benar dibagi dengan jumlah total piksel yang digunakan (jumlah piksel yang terdapat di dalam diagonal matrik dengan jumlah seluruh piksel yang digunakan), producer accuracy (PA) berfungsi sebagai penilaian secara tematik, yaitu menunjukkan tingkat kebenaran hasil *klasifikasi* terhadap kondisi lapangan, user accuracy (UA) menjelaskan mengenai ketelitian hasil *klasifikasi* terhadap seluruh objek yang dapat diidentifikasi, dan kappa (Anggoro *et al.*, 2017).

Batas akurasi yang dapat diterima untuk peta habitat dasar perairan dangkal berdasarkan pada SNI 7716:2011 tentang pemetaan habitat dasar perairan laut dangkal, yaitu sebesar 60% (Prayuda 2014). Perhitungan akurasi dengan cara membuat table matrik yang membandingkan kelas hasil klasifikasi citra dengan kenyataan di lapangan berdasarkan data sampel uji lapangan (Green *et al.*, 2000).

Tabel 1. Uji Akurasi

	Karang Hidup	Karang Mati dan Algae	Rubble	Pasir	Total	Pengguna (%)
Karang Hidup	A					
Karang Mati dan Algae		B				
Rubble			C			
Pasir				D		
Total	\sum kolom karang Hidup	\sum kolom Karang Mati dan Algae	\sum Kolom Rubble	\sum kolom Pasir	\sum sampel uji	
Produser (%)	$(A/\sum$ kolom karang Hidup) $\times 100$	$(B/\sum$ kolom Karang Mati dan algae) $\times 100$	$(C/\sum$ kolom Rubble $\times 100$	$(D/\sum$ kolom Pasir) $\times 100$		
Akurasi Total	$((A+B+C+D+E)/\sum$ sampel uji) $\times 100$					

HASIL DAN PEMBAHASAN
Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Pulau Tikus memiliki luas semula 2 ha, saat ini tersisa sekitar 0,8 ha dengan kepemilikan lahan Kementerian Perhubungan. Pulau Tikus terus mendapatkan tekanan secara alami dan adanya aktivitas manusia. Kerusakan terumbu karang di

Pulau Tikus saat ini diduga karena adanya aktivitas manusia yang memanfaatkan sumberdaya terumbu karang secara tidak terkendali diantaranya penangkapan ikan menggunakan alat tangkap yang tidak ramah lingkungan seperti alat tangkap trawl dan jaring lobster, penjualan teumbu karang untuk souvenir

serta penangkapan gurita dengan cara membongkar karang (Bakhtiar & Ta'alidin, 2015).

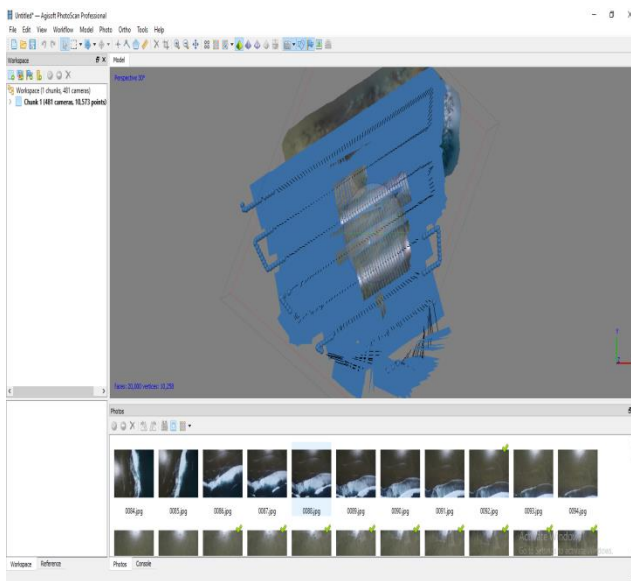
Mozaik

Mozaik adalah proses awal setelah mendapatkan Citra Fota dan data lapangan, proses ini disebut Orthopoto mozaik, proses ini menggunakan semua data citra fota yang sudah di analisa dan siap untuk di jahit/gabungkan menggunakan Aplikasi Agisoft. Pada hasil pengambilan foto citra lapangan dimana mendapatkan 639 pcs citra foto dengan ketinggian 150 mdpl.

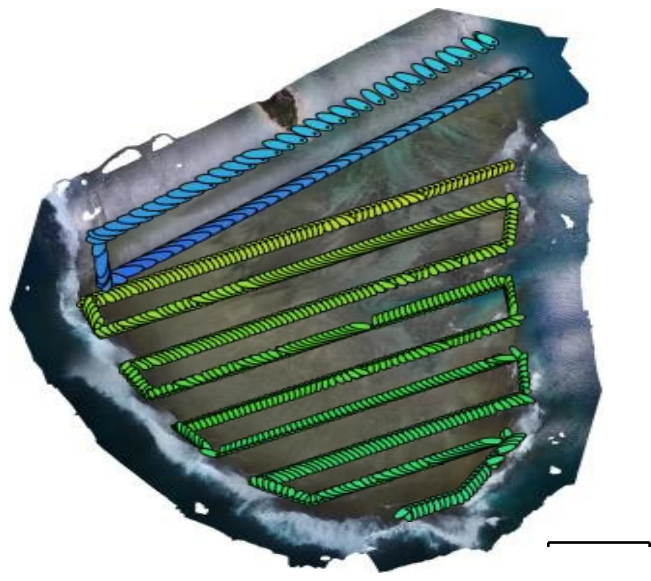
Hasil foto udara yang tidak bisa digabungkan selanjutnya tidak disertakan dalam proses teknik fotogrametri tahap berikutnya atau dihapus setelah proses aligns photo. Hasil tumpang susun foto udara berdasarkan lokasi perekaman kamera pada rata-rata ketinggian terbang menghasilkan resolusi permukaan sebesar 4.5 cm/piksel dan Setelah melalui proses penggabungan proses ortho-photo mozaik teknik fotogrametri menghasilkan foto udara

Dengan resolusi 387.2 x 387.2 cm/piksel. Penurunan resolusi piksel ini di karenakan adanya hambatan atau kurangnya Spesifikasi dari PC/Laptop yang kurang memadai pada saat proses dalam pengolah data foto udara. Hasil penelitian (Casella *et al.*, 2017) yang melakukan pemetaan terumbu karang menggunakan drone dan teknik fotogrametri di area laguna bagian dalam perairan dangkal dekat Tiahura, Moorea kepulauan French Polynesia, menunjukkan bahwa persentase jumlah foto yang dapat diproses pada tahap ortho-photo mozaik lebih dari 90% jika dibandingkan dengan hasil penelitian ini yang hanya mencapai 95 % dan foto yang tidak digunakan adalah foto percobaan camera drone/awal penerbangan saat pengambilan foto lapangan.

Pemilihan sampel objek berdasarkan interpretasi visual otho foto mozaik. Hasil kelasifikasi peta sebaran substrat dasar pada sampel area yang dipilih pada ortho foto mozaik disajikan pada **Gambar 4**.



A



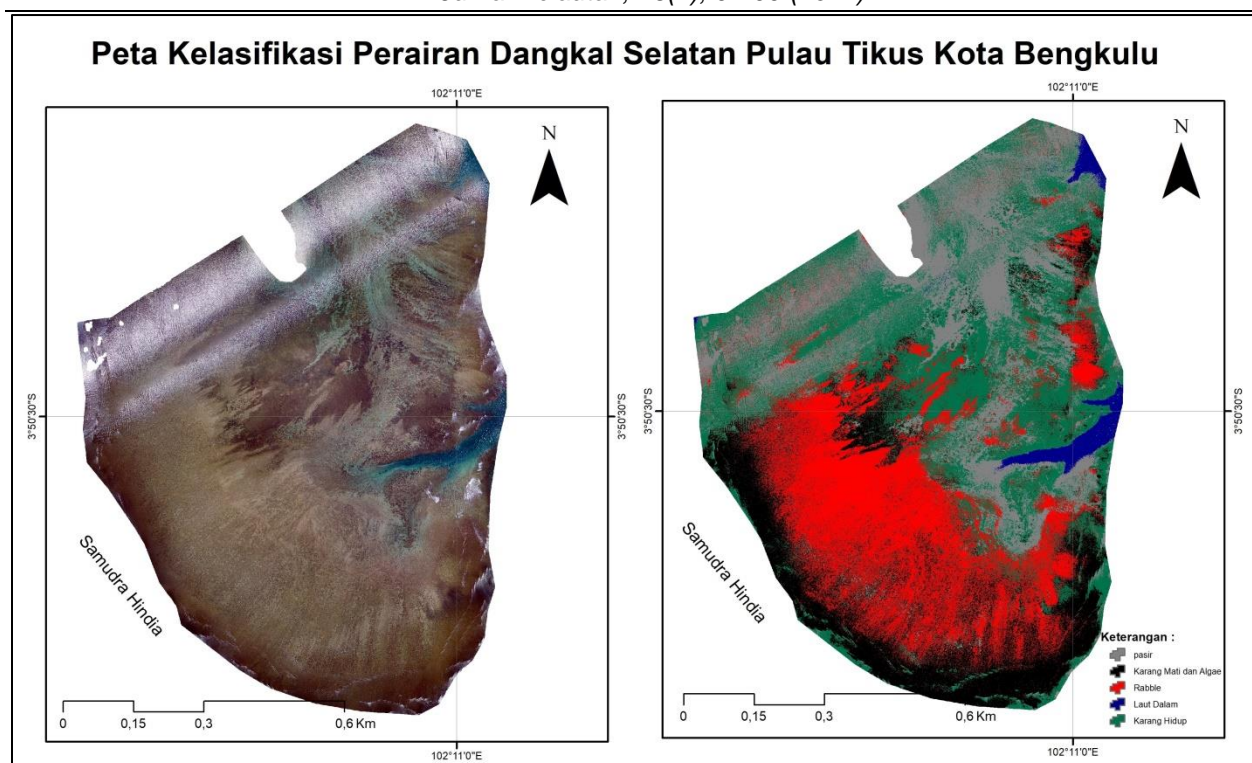
B

Gambar 4. Proses Ortho photo Mozaik (a). tumpang susun foto (b)

Klasifikasi

Citra yang dihasilkan olahan mozaik selanjutnya diklasifikasi. Klasifikasi digunakan untuk membedakan antara terumbu karang dan yang

bukan terumbu karang yaitu dengan menggunakan metode klasifikasi terbimbing (supervised classication), dalam melakukan klasifikasi citra dibagi menjadi 5 Class pada **gambar 5**.



Gambar 5. Hasil Supervised Classification

Berdasarkan *Supervised Classification* telah mendapatkan 4 kelas, selanjutnya data masing-masing kelas itu kemudian di sesuaikan dengan data lapangan (*Ground truth*). Sehingga dari hasil klasifikasi citra sebanyak 4 kelas, yaitu karang hidup, karang mati dan algae, Rubbel, pasir, dan Laut Dalam. Kemudian di kelas yang sudah ada di bagi menjadi 4 kelas lagi katagori Substrat dasar perairan yang di tentukan. Selanjutnya hasil klasifikasi tersebut penentuan kelas dalam klasifikasi menggunakan data lapangan.

Berdasarkan hasil klasifikasi peta substrat perairan dangkal selatan Pulau Tikus bahwa didapatkan luasan Karang hidup 15,34 ha, Karang Mati dan Algae 15,60 ha, Pasir 8,08 ha, dan Rubble 19,20 ha. Dimana kelas Rubble menjadi kelas dominan di antara kelas - kelas yang lain, hal ini dapat disimpulkan bahwa di bagian Selatan Pulau Tikus banyak terjadi kerusakan pada Ekosistem terumbu karang.

Tabel 2. Persentase Luas masing-masing Kelas.

Kelas	Luas (ha)	Persentase
Karang Mati dan Algae	15,60	26,79%
Pasir	8,08	13,87%
Rubble	19,20	32,97%
Karang Hidup	15,34	26,34 %

Rata-rata luasan karang hidup yang ada di selatan pulau tikus adalah 26,34% yang artinya terumbu karang yang ada di Selatan Pulau Tikus di lokasi penelitian dikategorikan Sedang. hal ini dapat kita lihat persentase dari tutupan karang hidup di Selatan Pulau Tikus. Kondisi perairan di Pulau Tikus yang masih cukup baik ini juga didukung oleh keberadaan ikan-ikan indikator kesehatan karang, yaitu ikan karang dari famili Chaetodontidae. Jumlah ikan Chaetodontidae yang ditemukan di ketiga stasiun di Pulau Tikus adalah sebanyak 15 spesies dengan kepadatan

total 164 individu per 4.500 m² atau 364 individu perhektare (Giyanto, 2017).

Kategori kondisi terumbu karang Pulau Tikus dalam Kategori sedang karena Pulau Tikus yang berada di Samudra Hindia dipengaruhi oleh dinamika arus dan gelombang yang terjadi cukup tinggi yang menjadi faktor pembatas bagi kehidupan karang karena membuat planula karang sulit untuk melekat pada substrat. dinamika arus dan gelombang serta jenis substrat merupakan salah satu faktor pembatas bagi

kehidupan dan pertumbuhan karang Menurut (Ikawati et al., 2001 Dalam Aprian, 2020).

Uji Akurasi

Uji akurasi yang dapat di terima untuk peta habitat dasar perairan dangkal berdasarkan SNI 7716:2011 tentang Pemetaan Habitat dasar perairan laut dangkal, yaitu sebesar 60% (Congalton & Green, 2013). Kelas yang sedikit digunakan pemetaan habitat maka tingkat akurasi

peta tersebut akan semakin meningkat, namun hal tersebut akan berpengaruh dengan resolusi citra yang digunakan dalam kajian pemetaan tersebut. Semakin banyak kelas habitat yang menyebabkan tuntutan pengelompokan objek secara spesifik (homogen secara spektral) semakin meningkat (Danoedoro, 2010). Hasil akurasi pemetaan substrat dasar perairan dangkal Selatan Pulau Tikus (**Table 4**) menunjukkan bahwa total akurasi peta yang dihasilkan teknik klasifikasi dan pengamatan lapangan adalah 83.6 % (OA) .



Gambar 6. Pengambilan Data lapangan (*Ground truth*) Uji Akurasi.

Rubble adalah kelas substrat dasar perairan dangkal yang dapat di klasifikasikan dengan baik di tunjukan oleh nilai (PA) Producer Accuracy sebesar 97.06%, hal ini menunjukkan bahwa seluruh pengamatan lapangan masuk atau dapat dikaskan pada klasifikasi. Karang hidup merupakan nilai (PA) paling kecil karena klasifikasi menunjukan kelas ini masuk pada beberapa jenis substrat yang lain dengan jumlah kesalahan kelas

klasifikasi paling banyak adalah terumbu karang. Hasil interpretasi pengamatan di lapangan bahwa kelas rubble dan karang mati dan Algae didefinisikan dengan baik untuk proses klasifikasi yang di tunjukan dengan masing-masing nilai 97.06 %. Hal ini disebabkan oleh keragaman yang tinggi atau jumlah objek yang banyak dalam satu frem foto pengamatan lapangan.

Tabel 3. Hasil uji akurasi

Ground Truth (Pixels)							
Class	Rubble	Karang Hidup	Karang Mati dan Algae	Pasir	Total	%PA	
Rubble	33	0	1	0	34	97.06	
Karang Hidup	1	19	6	7	33	70.37	
Karang Mati dan Algae	0	1	33	0	34	82.50	
Pasir	0	7	0	30	37	81.08	
Total	34	27	40	37	138		
%UA	97.06	57.58	97.06	81.08	83.3%		

Keterangan: UA = User Accuracy; PA = Producer Accuracy; OA = Overall Accuracy

Hasil Akurasi (OA), mendapatkan nilai persentase sebesar 83.3% merupakan fenomena nilai akurasi pada penggunaan data citra dengan resolusi tinggi, penggunaan data citra beresolusi tinggi seperti yang di lakukan (Wahidin & Abdullah, 2018). Menunjukkan bahwa kualitas foto citra foto udara memiliki resolusi tinggi dengan teknik klasifikasi dapat mendapatkan kualitas peta substratperairan dangkal yang baik.

Semakin sedikit kelas yang digunakan pemetaan habitat maka tingkat akurasi peta tersebut akan semakin meningkat, namun hal tersebut akan berpengaruh dengan resolusi citra yang digunakan dalam kajian pemetaan tersebut. Semakin banyak kelas habitat yang menyebabkan tuntutan pengelompokan objek secara spesifik (homogen secara spektral) semakin meningkat (Danoedoro, 2010).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian ini dapat membuktikan bahwa pesawat tanpa awak komersial dapat di gunakan di bidang penginderaan jauh (pemetaan) perairan dangkal terutama di area terumbu karang (*coral reef*). Dari penelitian ini pemetaan terumbu karang di Selatan Pulau Tikus Menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) mendapatkan luasan area Selatan Pulau Tikus 58,22 ha dan mendapatkan empat kelas yaitu luasan Karang hidup 15,34 ha, Karang Mati dan *Algae* 15,60 ha, Pasir 8,08 ha, dan *Rubble* 19,20 ha. Akurasi mendapatkan nilai 83.3% dan nilai ini menjadi akurasi data citra dengan resolusi tinggi.

Saran

Untuk meningkatkan efektifitas dan akurasi pemetaan di perairan dangkal. Maka faktor cuaca dan dinamika perairan seperti angin, arus dan waktu pengambilan citra foto udara perlu di pertimbangkan pada saat akan mengambil citra foto udara, dan mempersiapkan perlengkapan yang menunjang seperti spesifikasi PC / Laptop yang di gunakan untuk mengolah data citra foto udara, GPS yang setara dengan tingkat akurasi citra foto Udara.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan kepada dosen yang membimbing dalam pengarahan proses

penulisan dan team penelitian Pualu Tikus yang membantu penulis dalam survei lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A. P., Prasetyo, Y., & Yuwono, B. D. (2017). Pengujian akurasi dan ketelitian planimetrik pada pemetaan bidang tanah pemukiman skala besar menggunakan wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 208-217.
- Ahmad, A. (2011). Digital mapping using low altitude UAV. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 19(S), 51-58.
- Anggoro, A., Siregar, V. P., & Agus, S. B. (2018). Klasifikasi Multiskala Untuk Pemetaan Zona Geomorfologi Dan Habitat Benthik Menggunakan Metode Obia Di Pulau Pari (Multiscale Classification for Geomorphic Zone and Benthic Habitats Mapping Using Obia Method in Pari Island). *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 14(2), 89-93
- Anggoro, A., Zamdial, D. H., Bakhtiar, D., Herliany, N. E., & Utami, M. A. F. (2020). Pemetaan Habitat Perairan Dangkal Menggunakan Citra Resolusi Menengah Dengan Metode Klasifikasi Berbasis Pikel (Studi Kasus Pulau Tikus). *Jurnal Enggano*, 5(1), 78-90.
- Al Ayyubi, A. S., Cahyono, A. B., & Hidayat, H. (2017). Pemetaan Foto Udara Menggunakan Wahana Fix Wing UAV (Studi Kasus: Kampus ITS Sukolilo). *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), F403-F408.
- Bakhtiar, D., & Ta'alidin, Z. (2015). Kajian Identifikasi Terhadap Kondisi Pulau Tikus. *Pemerintah Provinsi Bengkulu*.
- Casella, E., Collin, A., Harris, D., Ferse, S., Bejarano, S., Parravicini, V., ... & Rovere, A. (2017). Mapping coral reefs using consumer-grade drones and structure from motion photogrammetry techniques. *Coral Reefs*, 36(1), 269-275.
- Congalton, R. G., & Green, K. (2013). Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data Principles and Practices (Second Edition). *CRC Press Taylor Fr. Group, Boca Raton, London, New York*. 84:487-492
- Giyanto, S. S. (2017). Kondisi Terumbu Karang di Perairan Sisi Timur Pulau Tikus, Bengkulu. *OLDI (Oseanologi dan Limnologi di Indonesia)*, 2(2), 1-10.
- Green, E., Mumby, P., Edwards, A., & Clark, C. (2000). *Remote sensing: handbook for tropical coastal management*. United

- Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).
- Prayuda, B. (2014). Panduan Teknis Pemetaan Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal. *Pemetaan Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, CRITC COREMAP II LIPI*.
- Prayudha, B. (2018). Potensi Pemanfaatan Drone Untuk Penyediaan Data Wilayah Pesisir. *Oseana*, 43(1), 44-52.
- Pustikawati, M., Johan, Y., & Hartono, D. (2016). Kajian ekosistem terumbu karang untuk pengembangan ekowisata bahari Pulau Tikus Bengkulu. *Jurnal Enggano*, 1(1), 113-119.
- Putra, A.S., Maulana, E., Wulan, T.R., Nurhidayah, P., Sanjaya, M.D.A., Swastiko, F.A. (2016). Uji Akuisisi Data Dengan Uav Untuk Monitoring Kondisi Mangrove Dalam Mencegah Abrasi Air Laut. *Geografi*. 0:500–507
- Ramadhani, Y. H., Rokhmatulloh, R., & Susanti, R. (2015). Pemetaan pulau kecil dengan pendekatan berbasis objek menggunakan data unmanned aerial vehicle (uav). *Majalah Ilmiah Globe*, 17(2), 125-134.
- Setyawan, I. E., Siregar, V. P., Pramono, G. H., & Yuwono, D. M. (2014). Pemetaan profil habitat dasar perairan dangkal berdasarkan bentuk topografi: studi kasus Pulau Panggang, Kepulauan Seribu Jakarta. *Majalah Ilmiah Globe*, 16(2), 125-132
- Syah, A. F. (2010). Penginderaan jauh dan aplikasinya di wilayah pesisir dan lautan. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 3(1), 18-28.
- Tjahjadi, M. E., & Rifaan, M. (2019). Foto Udara Menggunakan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Untuk Pemodelan 3D Jalan Raya. *Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang*.
- Utomo, B. (2017). Drone untuk percepatan pemetaan bidang tanah. *Media Komunikasi Geografi*, 18(2), 146-155.
- Wahidin, N., & Abdullah, R. M. (2018, June). Pemetaan substrat dasar perairan dangkal menggunakan drone komersial dan teknik fotogrametri. In *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Iptek Perikanan dan Kelautan I* (pp. 621-633).
- 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, 89-99.