

EVALUASI TINGKAT AKURASI KLASIFIKASI HABITAT BENTIK PERAIRAN DANGKAL PADA PERBEDAAN JUMLAH KELAS MENGGUNAKAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI STUDI KASUS: PULAU SEBARU BESAR, KEPULAUAN SERIBU

(*Evaluation of Accuracy Level of Shallow Waters Benthic Habitat Mapping in Different Classes using High Resolution Imagery*)

Case Study: Sebaru Besar Island, Kepulauan Seribu

Ayub Sugara¹, Vincentius P. Siregar² dan Syamsul B. Agus³

¹Program Studi Teknologi Kelautan, Sekolah Pascasarjana, IPB, Bogor

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

Jln. Srikandi No. 22 Dramaga Bogor, 16680

E-mail: ayubsugara7@gmail.com

Diterima: 25 Februari 2020; Direvisi: 11 Oktober 2020; Disetujui untuk Dipublikasikan: 26 Oktober 2020

ABSTRAK

Pulau Sebaru Besar merupakan salah satu pulau yang terdapat di bagian utara Kepulauan Seribu yang memiliki keanekaragaman habitat perairan laut dangkal. Citra resolusi tinggi diintegrasikan dengan data observasi lapang dapat menjadi alternatif sumber informasi terkait habitat benthik perairan laut dangkal. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi akurasi hasil klasifikasi habitat benthik perairan dangkal di Pulau Sebaru Besar Kepulauan Seribu menggunakan citra WorldView-2 dengan penerapan 9 dan 7 kelas serta melakukan uji akurasi hasil klasifikasi. Data citra WorldView-2 yang digunakan merupakan salah satu citra resolusi tinggi dengan resolusi spasial 1,84 x 1,84 meter² yang diakuisisi pada tanggal 7 Mei 2018. Survei lapang habitat benthik perairan dangkal dilakukan pada tanggal 10-12 Mei 2018 dan 09-10 Desember 2018 dengan teknik foto kuadrat yang menghasilkan sampelsampel sebanyak 159 titik. Persentase tutupan habitat setiap foto kuadrat dianalisis dengan perangkat lunak *Coral Point Count with Excel extensions* (CPCe). Berdasarkan hasil penelitian akurasi klasifikasi pemetaan habitat benthik perairan dangkal untuk 9 dan 7 kelas dihasilkan akurasi sebesar 63,2% dan 67,5% dengan algoritma *Maximum Likelihood Classification* (MLC). Habitat benthik perairan dangkal dapat dipetakan dengan baik, sehingga bisa menjadi masukan basis data informasi untuk pengelola Taman Nasional Kepulauan Seribu (TNKpS) kaitannya dalam usaha *monitoring* habitat benthik terkhusus terumbu karang dan upaya konservasi habitat perairan laut dangkal.

Kata kunci: citra Worldview-2, habitat benthik, Pulau Sebaru Besar

ABSTRACT

Sebaru Besar Island is one of the islands located in the northern part of the Seribu Islands which has a diversity of shallow marine habitats with limited availability of spatial data. Remote sensing using high-resolution imagery integrated with field observation data is an alternative source of information related to shallow-water benthic habitats. This study aims to classify shallow-water benthic habitats on Sebaru Besar Island using Worldview-2 imagery with the application of 9 and 7 classes and to test the accuracy of classification results. Worldview-2 Image Data used is one of the high-resolution images with a spatial resolution of 1.84 x 1.84 meters² which was acquired on May 27, 2018. Field survey of shallow water benthic habitat was conducted on 10-12 May 2018 and 09-10 December 2018 with photo techniques squares that produce 159 sample points. The percentage of habitat cover per square photo was analyzed with Coral Point Count with Excel extensions (CPCe) software. This research shows that the classification accuracies of shallow water benthic habitat mapping for 9 and 7 classes are 63.2% and 67.5% with the Maximum Likelihood Classification (MLC) algorithm. Shallow benthic habitat can be mapped well so that it can be used as input to an information database for the management of the Thousand Islands National Park (TNKpS) in relation to efforts to monitor benthic habitats specifically coral reefs and efforts to conserve shallow marine habitat.

Keywords: Worldview-2 imagery, benthic habitat, Sebaru Besar Island

PENDAHULUAN

Pulau Sebaru Besar merupakan salah satu pulau yang termasuk dalam kawasan administratif Kabupaten Kepulauan Seribu bagian utara DKI Jakarta. Pulau Sebaru Besar juga merupakan kawasan Taman Nasional Kepulauan Seribu

(TNKpS). Kawasan Kepulauan Seribu dalam sektor pariwisata sudah memiliki eksistensi dalam wisatawan lokal maupun -internasional atau manca negara. Kepulauan Seribu menjadi target wisatawan dalam menikmati wisata bahari seperti *snorkeling* dan *diving*. Pulau Sebaru Besar yang letaknya di Kepulauan Seribu bagian utara dengan

jarak \pm 71 km dari Pelabuhan Tanjung Priok, masih belum terjamah oleh wisatawan jika dibandingkan dengan pulau-pulau yang menjadi ikon Kepulauan Seribu seperti Pulau Pramuka, Pulau Harapan, Pulau Pari dan Pulau Tidung. Menurut Eugenio et al, (2017), ekosistem pesisir memiliki karakteristik keanekaragaman hayati yang tinggi dan produksi primer, akan tetapi sangat sensitif terhadap perubahan dikarenakan aktivitas manusia maupun fenomena alam.

Pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil merupakan salah satu proses perencanaan, pemanfaatan, pengawasan dan pengendalian sumber daya pesisir dan pulau-pulau kecil untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang tercantum dalam UU Nomor 27 Tahun 2007 (Republik Indonesia, 2007.). Potensi di bidang kelautan di Pulau Sebaru Besar memerlukan manajemen yang tepat dalam pengelolaan sumberdaya, salah satunya yaitu dengan melakukan pemetaan habitat bentik perairan dangkal. Hal tersebut berguna untuk mengkaji informasi terkait identifikasi dan sebaran habitat penting perairan dangkal, sehingga di masa depan keanekaragaman bentik pada ekosistem tetap terjaga dengan baik. Selain itu peta habitat bentik yang rinci dapat dijadikan sebagai data informasi dasar ekosistem terumbu karang yang dikaitkan dengan estimasi persediaan ikan karang (Knudby et al, 2011; Purkis, Graham, & Riegl, 2008). Menurut Badan Informasi Geospasial (BIG) habitat bentik ialah zona atau lingkungan tempat hidup bagi *benthos* atau organisme perairan yang hidup pada substrat dasar suatu perairan (BIG, 2017). Habitat bentik mempunyai fungsi sebagai sumber plasma nutfah dan biodiversitas bagi kehidupan laut serta sebagai perlindungan pantai dari gelombang, penstabil sedimen, penjernih air, penyerap karbon, sumber material untuk farmasi dan industri, serta fungsi pariwisata.

Teknologi penginderaan jauh dengan menggunakan citra satelit dapat melakukan pendeteksian dan pemantauan terhadap perubahan kondisi habitat bentik perairan dangkal secara cepat serta hemat biaya (Richards & Jia, 2013). Citra satelit terdiri dari citra yang berbayar dan gratis diunduh, masing-masing citra terdiri dari resolusi spasial tinggi, sedang dan rendah. Salah satu citra resolusi tinggi yaitu Citra Worldview-2 dengan resolusi spasial 1,84 m (Digital Globe, 2010). Citra resolusi tinggi dapat memetakan objek secara detail dibanding dengan citra resolusi sedang seperti Sentinel 2A dan Landsat 8.

Pengamatan objek di kawasan perairan dangkal merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses identifikasi objek. Seperti halnya pemetaan habitat bentik perairan dangkal dengan menggunakan Citra Worldview-2 (Collin & Hench, 2012; Eugenio et al., 2017), proses identifikasi habitat bentik dengan keanekaragaman

ekosistem menjadi tantangan dalam penelitian ini. Terutama di Pulau Sebaru Besar, Kepulauan Seribu yang ketersediaan data, keanekaragaman hayati perairan dangkal yang belum banyak tersedia. Pendekatan pemetaan habitat bentik diintegrasikan dengan data satelit telah terbukti efektif dalam menghasilkan informasi secara spasial (Lyons, Phinn, & Roelfsema, 2011).

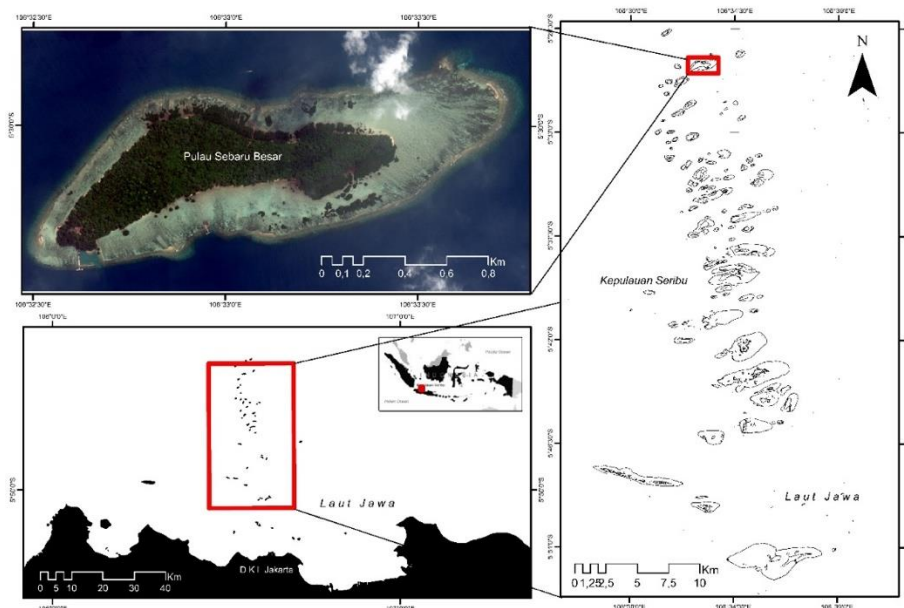
Tujuan dari penelitian ini yaitu melakukan klasifikasi habitat bentik perairan dangkal di Pulau Sebaru Besar Kepulauan Seribu menggunakan Citra Worldview-2 dengan penerapan 9 dan 7 kelas serta melakukan uji akurasi hasil klasifikasi. Penelitian ini ke depan diharapkan dapat memberi informasi tentang sebaran habitat bentik di perairan Pulau Sebaru Besar, Kepulauan Seribu untuk pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Pulau Sebaru Besar (**Gambar 1**) dengan posisi 05°46'00" LS 106°44'50" BT. Survei lapangan dilakukan tanggal 03-12 Mei 2018 dan 04-10 Desember 2018. Pengolahan citra satelit dilakukan dengan menggunakan perangkat keras berupa laptop dan perangkat lunak yaitu ESRI ArcGIS® versi 10.4, ENVI versi 5.2, MS Excel 2013, XLSTAT dan *Coral Point Count with Excel extensions* (CPCe).

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah GPS Garmin 78s dan 64s, GPS Floating kit dan Dry Bag, Alat selam (*Scuba Set*), Kamera + *Housing Underwater*, Pensil dan kertas *newtop*. Transek kuadrat 1 m x 1 m. Citra yang digunakan yaitu Citra Worldview-2 (standar level 1B 11 bit) wilayah Pulau Sebaru Besar yang diakuisisi pada 27 Mei 2018 dengan sistem koordinat UTM 48S - WGS84 resolusi spasial 1.84 m. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa langkah yaitu pembuatan desain survei sebelum turun lapang dengan melakukan klasifikasi habitat secara tidak terbimbing (*unsupervised classification*) dengan algoritma ISODATA (*iterative self organizing data analysis technique*), kemudian melakukan pengamatan langsung habitat bentik perairan dangkal (*in-situ*).

Pengambilan data lapangan seperti identifikasi objek habitat dan persentase penutupan dilakukan dengan cara *snorkling* dan *diving* dibantu dengan transek kuadrat 1m x 1 m (English, Wilkinson, & Baker, 1997; Roelfsema & Phinn, 2008). Data plot transek 1m x 1 m disesuaikan dengan tingkat kesepadanan *sampling* lapangan dengan resolusi spasial citra Worldview-2. Setiap titik lokasi *sampling* dilakukan dua kali foto menggunakan transek kuadrat untuk mewakili komposisi habitat bentik satu piksel citra Worldview-2. Pengambilan data posisi geografis dibantu dengan menggunakan GPS *handheld* tipe Garmin 78s dan 64s dengan total titik survei lapangan sebanyak 159 titik.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Koreksi Atmosferik

Koreksi atmosferik ialah suatu tahapan untuk menghasilkan citra baru yang telah terbebas dari gangguan atmosfer seperti partikel uap air dan debu. Pantulan objek yang direkam oleh satelit sensor umumnya dipengaruhi oleh penyerapan atmosfer dan hamburan, sensor-target-iluminasi, dan sensor kalibrasi (Teillet, 1986). Proses transformasi citra dengan perangkat lunak ENVI 5.2 menggunakan *Dark Object Subtraction* atau biasa dikenal dengan nama (DOS).

Koreksi Kolom Air

Koreksi kolom air digunakan untuk memperbaiki kualitas citra dengan cara mengurangi efek gangguan akibat kolom air. Intensitas energi berkurang secara eksponensial seiring meningkatnya kedalaman perairan. Teknik yang umum digunakan untuk koreksi kolom air berdasarkan algoritma yang dikembangkan oleh (Lyzenga, 1981) yaitu dengan metode *Depth Invariant Index* (DII). Koreksi kolom air menggunakan komposisi *band* sinar tampak dengan cara mengekstrak nilai piksel citra pada tipe substrat yang sama. Dalam hal ini *training area* diambil pada tipe substrat pasir dari kedalaman berbeda (Green et al, 2000; Wahidin, Siregar, Nababan, Jaya, & Wouthuyzen, 2014). *Depth Invariant Index* (DII) merupakan citra transformasi yang sudah terkoreksi kolom air dengan nilai digital berupa indeks objek habitat dasar perairan dangkal dengan **Persamaan 1**, **Persamaan 2**, dan **Persamaan 3**.

$$\text{Depth Invariant Index} = \ln(L_i) - [(K_i/K_j) \cdot \ln(L_j)] \quad (1)$$

di mana:

L_i : Nilai digital pada *band* i.

L_j : Nilai digital pada *band* j.

K_i/K_j : Rasio Koefisien atenuasi pada pasangan *band* i

$$\frac{k_i}{k_j} = a + \sqrt{a^2 + 1} \quad (2)$$

$$a = \frac{(\sigma_{ii} - \sigma_{ij})}{2\sigma_{ij}} \quad (3)$$

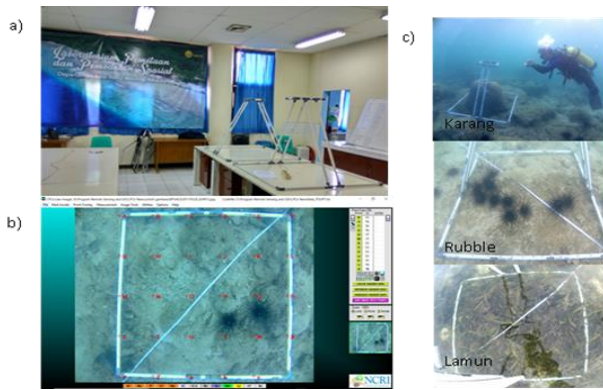
di mana:

$\sigma_{ii, jj}$: Varian band i, atau band j

σ_{ij} : Covarian band ij

Kategori Tutupan Habitat Bentik

Kategori tutupan habitat bentik didapat dari hasil analisis setiap foto dengan menggunakan transek kuadrat menggunakan aplikasi *Coral Point Count with Excel extensions* (CPCe) (Kohler & Gill, 2006) (**Gambar 2**). CPCe merupakan suatu aplikasi yang dikembangkan melalui *visual basic* untuk melakukan analisis perhitungan titik acak (*random point count*) maupun (*stratified point count*). Tipe spesifikasi untuk titik *stratified* yang dalam penelitian ini adalah *uniform grid* menggunakan 30 titik yang ditumpang susun pada setiap foto kuadran (**Gambar 2**). Selanjutnya dianalisis dengan sistem *Agglomerative Hierarchical Clustering* (AHC) menggunakan perangkat lunak XLSTAT. Analisis AHC ini menggunakan algoritma *bray-curtis* dan menghasilkan *dendogram* skema klasifikasi habitat bentik. Berdasarkan data survei lapangan dengan menghilangkan komposisi kelas yang memiliki frekuensi kehadiran kurang dari 0.4% (Green et al, 2000).



Gambar 2. a) Transek kuadrat dengan tetraphod; b) analisis persentase bentik di CPCe; dan c) contoh katagori bentik.

Maximum Likelihood Classification

Algoritma *Maximum Likelihood Classification (MLC)* memperhatikan probabilitas maksimum dari sejumlah piksel citra yang diklasifikasikan. Tahapan awal yang dikerjakan dalam pengklasifikasian algoritma *MLC* adalah mendapatkan nilai statistik dari kelas-kelas potensial yang telah ditetapkan. *MLC* mengasumsikan bahwa statistik untuk setiap kelas dalam setiap *band* biasanya didistribusikan dan menghitung probabilitas bahwa suatu piksel diberikan milik kelas tertentu, kecuali ambang probabilitas dipilih, semua piksel diklasifikasikan. Piksel ditugaskan untuk kelas yang memiliki probabilitas tertinggi. Aturan keputusan dari *MLC* didasarkan pada **Persamaan 4** Bayesian berikut:

$$P = \ln(Ac) - 0.5 \ln(|\Sigma c|) - 0.5[(X \mu c)^T (\Sigma c^{-1})(X \mu c)] \quad (4)$$

di mana:

- P : Bobot jarak *likelihood*
- c : Indeks kelas
- X : Nilai piksel dari calon kelas
- μc : Rata-rata dari pelatihan untuk kelas c
- Ac : Persentase apriori untuk kelas c
- $|\Sigma c|$: Determinan *matrix* peragam untuk kelas c
- Σc^{-1} : Peragam invers *matrix* kelas c
- T : Putaran matriks

Uji Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan terhadap peta tematik hasil klasifikasi untuk mengetahui tingkat ketepatan dari teknik klasifikasi yang diterapkan. Uji akurasi yang umum dilakukan pada data hasil klasifikasi penginderaan jauh adalah matriks kesalahan (*error matrix*) dengan mengukur *overall accuracy (OA)*, *producer accuracy (PA)*, *user accuracy (UA)* dan Kappa yang dapat dilihat pada **Persamaan 5**, **Persamaan 6**, dan **Persamaan 7** (Congalton & Green, 2009). Metode ini dilakukan dengan membandingkan citra hasil klasifikasi sebagai dasar kelas sebenarnya dengan data lapangan yang diyakini secara akurat mewakili suatu tutupan area penelitian (Siregar, 2010).

$$Overall Accuracy (OA) = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \dots\dots\dots (5)$$

$$Producer Accuracy (PA) = \frac{n_{jj}}{n_{+j}} \dots\dots\dots (6)$$

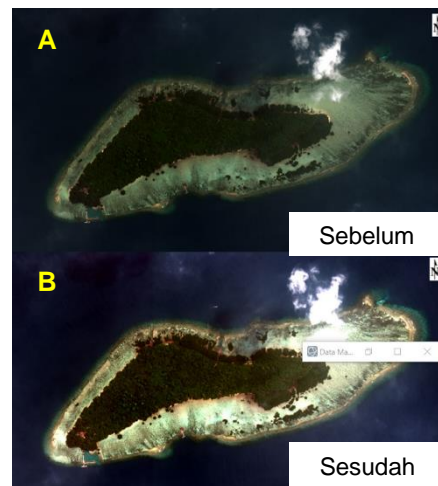
$$User Accuracy (UA) = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \dots\dots\dots (7)$$

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koreksi Atmosferik

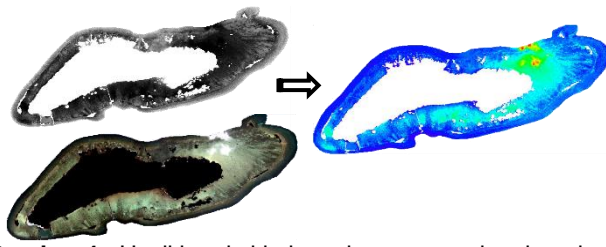
Citra hasil koreksi atmosferik, secara visual terlihat lebih jelas terutama pada wilayah daratan dan perairan dangkal. Menurut (Mahiny & Turner, 2007) citra hasil koreksi atmosferik dapat meningkatkan akurasi pemetaan jika dibandingkan dengan citra tanpa koreksi dengan dua kemungkinan yaitu pada nilai reflektansi *underestimate* dan *overestimate* yang disebabkan karena parameter aerosol yang kurang sesuai dengan kondisi lapangan saat perekaman citra. Citra hasil koreksi atmosferik disajikan pada **Gambar 3**.



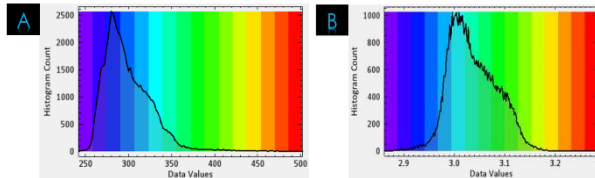
Gambar 3. Citra hasil koreksi atmosferik.

Koreksi Kolom Air

Koreksi kolom air dilakukan dengan cara menganalisis informasi nilai piksel citra pada tipe substrat yang homogen dari kedalaman berbeda (Green et al 2000). Pada penelitian ini, *training area* di objek pasir pada kedalaman yang berbeda. Menurut (Siregar, 2010) citra transformasi hasil koreksi kolom air bertujuan untuk meningkatkan kenampakan substrat dasar perairan secara maksimal. Citra kanal biru dan kanal hijau diekstrak nilai pikselnya dengan membuat *training area* pada citra. Hasil analisis *training area* citra Worldview-2 didapat nilai koefisien attenuasi perairan (k_i/k_j) di Pulau Sebaru Besar sebesar 0.54. Hasil koreksi kolom air metode DII pada citra Worldview-2 di Sebaru Besar disajikan pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



Gambar 4. Hasil koreksi kolom air menggunakan kanal biru dan kanal hijau.



Gambar 5. Histogram (a) sebelum transformasi koreksi kolom air dengan metode DII dan (b) sesudah transformasi koreksi kolom air dengan metode DII.

Puncak histogram citra sebelum dan sesudah transformasi DII (**Gambar 5**) menggambarkan banyaknya kelas habitat yang dapat diekstrak oleh Citra Worldview-2. Pada **Gambar 5** terlihat perbedaan sebelum dan sesudah koreksi kolom air, dimana setelah koreksi kolom air meningkatkan deteksi citra terhadap objek dengan ditandai makin bertambahnya puncak pada histogram. *Slicing* histogram memperlihatkan beberapa kelas objek yang diwakili oleh puncak-puncak histogram. Distribusi rentang nilai hasil transformasi menunjukkan banyaknya kelas yang ada sebagai karakteristik/habitat dasar perairan (Selamat et al, 2012; Siregar, 2010)

Skema Klasifikasi Bentik

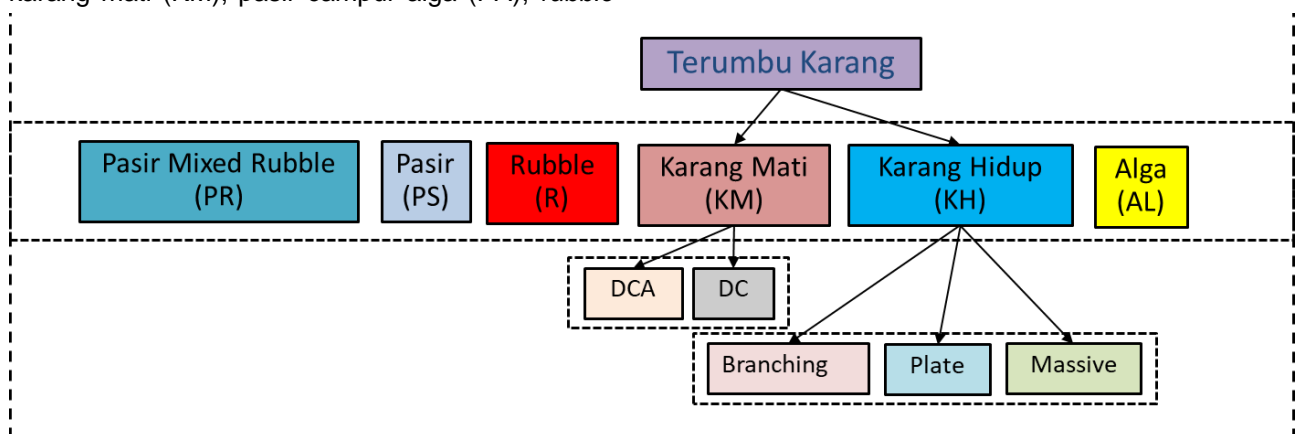
Analisis kluster menghasilkan 9 kelas komposisi bentik berdasarkan temuan pada saat survei lapang di Pulau Sebaru Besar yaitu pasir (PS), alga (AL), *rubble* (R), karang hidup (KH), karang mati (KM), pasir campur alga (PA), *rubble*

campur alga (RA), *rubble* campur karang mati (RKM) dan pasir campur karang mati (PKM). Selanjutnya untuk pembentukan 7 kelas meliputi pasir (PS), alga (AL), *rubble* (R), karang hidup (KH), karang mati (KM), pasir campur alga (PA), *rubble* campur alga (RA). Diagram skema klasifikasi bentik disajikan pada **Gambar 6**.

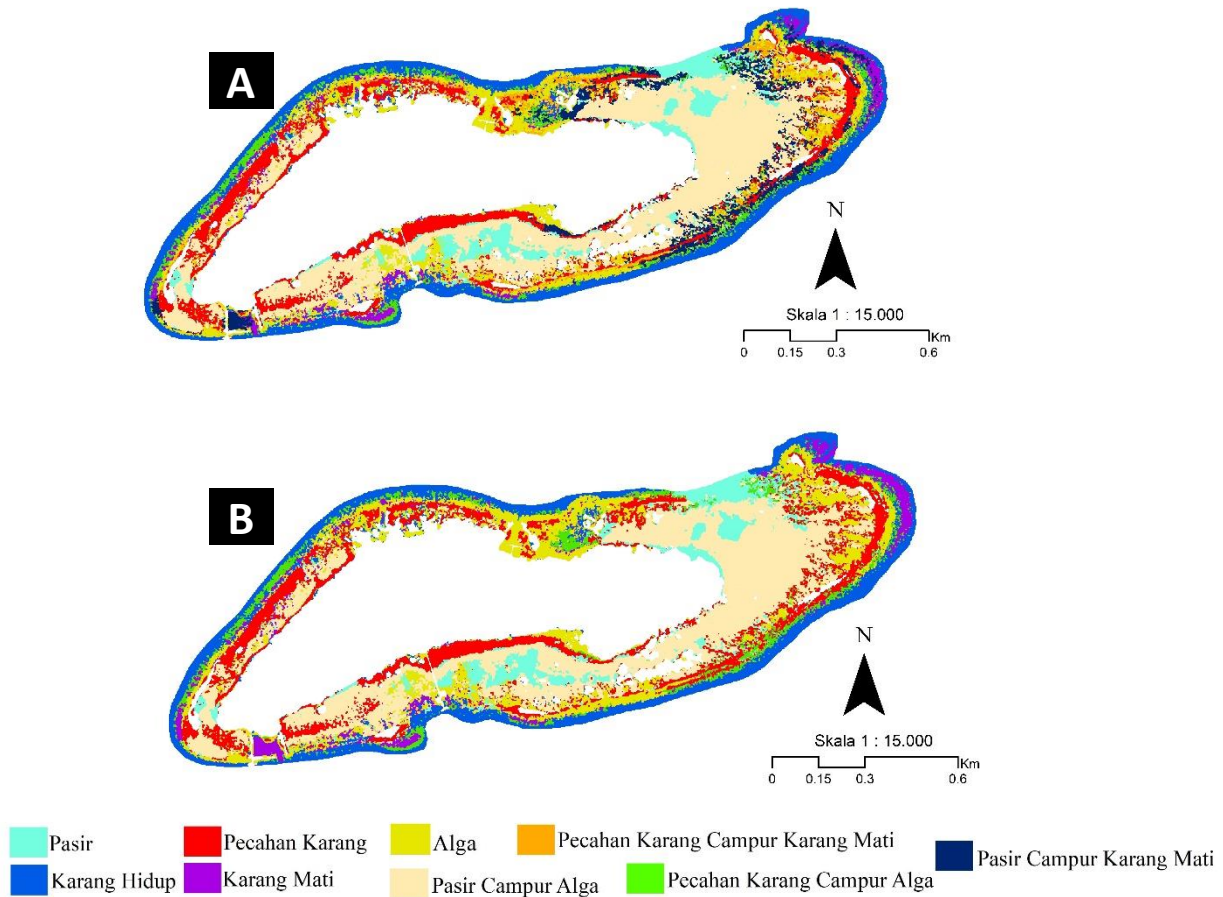
Berdasarkan diagram skema klasifikasi komposisi bentik (**Gambar 6**), kategori terumbu karang terbagi atas 2 kelas yaitu karang mati dan karang hidup. Kelas karang mati meliputi DC (*Dead Coral*) dan DCA (*Dead Coral with Algae*). Sedangkan kelas karang hidup meliputi bentuk pertumbuhan karang seperti *branching*, *massive* dan *plate*. (Roelfsema et al., 2018) melakukan pemetaan habitat bentik dengan integrasi zona geomorfologi dan model ekologi berdasarkan komposisi bentik. Komposisi bentik didefinisikan sebagai bentuk pertumbuhan karang dengan tipe dominan dalam hal morfologi seperti *plate*, *branching*, *massive* dan *encrusting corals* (Chollett & Mumby, 2012). Menurut Roelfsema et al, (2013) komposisi bentik ialah jenis tutupan bentik yang dominan pada perairan seperti karang, alga, pasir, *rubble* dan batu.

Klasifikasi Habitat Bentik Perairan Dangkal

Klasifikasi habitat bentik di Pulau Sebaru Besar menggunakan metode klasifikasi berbasis piksel dengan algoritma *Maximum Likelihood*. *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 & Jia, 2013). Pada **Gambar 7** terlihat sebaran masing-masing kelas habitat bentik di area perairan dangkal Pulau Sebaru Besar. Setiap warna membedakan objek yang terdeteksi oleh Citra Worldview-2 yang sudah ditransformasi dengan metode *Depth Invariant Index* (DII).



Gambar 6. Skema klasifikasi bentik di Pulau Sebaru Besar.



Gambar 7. Hasil klasifikasi habitat bentik di Pulau Sebaru Besar untuk 9 kelas (A) dan 7 kelas (B)

Pada **Gambar 7** terlihat kelas *rubble* tersebar di sekeliling area Pulau Sebaru Besar, hal tersebut mengindikasikan bahwa faktor antropogenik yang kurang ramah lingkungan. Pada saat observasi lapangan peneliti melihat beberapa aktivitas antropogenik di sekitar perairan dangkal di Pulau Sebaru Besar seperti, penangkapan lobster mutiara (*Panulirus ornatus*), teripang pasir (*Holothuroidea scabra*) dan ikan hias. Selain itu peneliti juga menemukan aktivitas nelayan dari luar kawasan Kepulauan Seribu sedang melakukan aktivitas *speargun* ikan yang dapat merusak habitat ekosistem terumbu karang menjadi *rubble* terutama pada bentuk pertumbuhan karang bercabang (*branching*). Didukung dengan pernyataan Eugenio et al, (2017) perubahan yang terjadi pada ekosistem pesisir itu disebabkan karena dua faktor yaitu faktor aktifitas manusia dan fenomena alam (tidak ada penjelasan).

Uji Akurasi Hasil Klasifikasi

Data penginderaan jauh didukung dengan data observasi lapang di Pulau Sebaru Besar dapat memetakan habitat bentik dengan baik pada 9 dan 7 kelas habitat. Phinn, Roelfsema, & Mumby, (2012) menerangkan bahwa integrasi data penginderaan jauh dan data lapangan telah berhasil digunakan untuk pemetaan habitat bentik secara hirarki. Hasil uji akurasi klasifikasi disajikan pada **Tabel 1**

meliputi *overall accuracy (OA)*, *producer accuracy (PA)* dan *user accuracy (UA)*.

Citra Worldview-2 termasuk dalam kategori citra resolusi tinggi dengan tingkat kemampuan lebih baik dalam mengenali obyek terkecil yang tertangkap sensor. Penggunaan citra resolusi tinggi akan meningkatkan deteksi terhadap habitat kelas karang, selain itu jumlah kelas yang lebih banyak menjadikan tingkat akurasi object lebih detil (Mellin et al. 2009). Berdasarkan **Tabel 1** akurasi tertinggi didapat pada 7 kelas habitat yaitu sebesar 67%, sedangkan untuk 9 kelas habitat dengan akurasi sebesar 63%. Perbedaan persentase hasil klasifikasi tersebut disebabkan oleh perbedaan jumlah kelas, di mana semakin banyak jumlah kelas maka persentase akurasi yang didapat semakin rendah. Menurut Andréfouët et al, (2003) persentase *overall accuracy* semakin menurun dengan bertambahnya jumlah kelas yang digunakan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mastu, Nababan, & Panjaitan, (2018) bahwa banyaknya kelas yang digunakan akan mempengaruhi persentase akurasi hasil klasifikasi, dimana kelas yang lebih sedikit akan menghasilkan *overall accuracy* lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan jumlah kelas yang lebih banyak.

Tabel 1. Uji akurasi hasil klasifikasi.

Citra	Kelas Habitat	OA	PA	UA
Worldview-2	Ground Truth Habitat	63,2%		
	Alga		80	36,4
	Karang Hidup		56,5	92,9
	Karang Mati		57,1	50
	Karang Mati <i>Mixed</i> Pasir		60	33,3
	Pasir <i>Mixed</i> Alga		66,7	83,3
	Pasir		70	77,8
	Rubble		55,6	83,3
	<i>Rubble Mixed</i> Alga		75	54,6
	<i>Rubble Mixed</i> Karang Mati		60	42,9
	Ground Truth Habitat	67,5%		
	Alga		100	45,5
	Karang Hidup		56,5	86,7
	Karang Mati		57,1	40
	Pasir <i>Mixed</i> Alga		75	50
Pasir		66,7	75	
Rubble		70	87,5	
<i>Rubble Mixed</i> Alga		73,3	84,6	

KESIMPULAN

Pemetaan habitat benthik perairan dangkal menggunakan citra resolusi tinggi dapat dipetakan dengan baik. Tingkat akurasi hasil klasifikasi pemetaan habitat benthik perairan dangkal untuk 9 dan 7 kelas yaitu sebesar 63.2% dan 67.5%. Berdasarkan hasil klasifikasi habitat benthik dengan 7 kelas menghasilkan tingkat akurasi lebih tinggi 4,3% dibandingkan dengan 9 kelas. Hal ini disebabkan oleh tingkat kedetailan dalam pengelompokan objek yang dikelaskan. Integrasi citra satelit resolusi tinggi dalam pemetaan habitat benthik perairan laut dangkal dapat menjadi masukan basis data informasi untuk pengelola Taman Nasional Kepulauan Seribu (TNKpS) terkait usaha pemantauan habitat benthik khususnya terumbu karang dan upaya konservasi habitat perairan laut dangkal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, Republik Indonesia Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Ditjen Penguatan Riset dan Pengembangan yang telah mengamanahkan program hibah Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) yang diketuai oleh Bapak. Prof. Dr. Vincentius P. Siregar, DEA. Selain itu ucapan terima kasih kepada Anggota Laboratorium Pemodelan Spasial Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Bapak Iwan Pulau Panggang, Siddiq Sangadji, Septiyan Firmansyah serta Ibu Esty Kurniati, Atika Kumala Dewi dan Hylda Khaira.

DAFTAR PUSTAKA

Andréfouët, S., Kramer, P., Torres-Pulliza, D., Joyce, K.

- E., Hochberg, E. J., Garza-Pérez, R., ... Muller-Karger, F. E. (2003). Multi-site evaluation of IKONOS data for classification of tropical coral reef environments. *Remote Sensing of Environment*, 88(1–2), 128–143. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.04.005>
- BIG. (2017). Peraturan Badan Informasi Geospasial. *Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 7 Tahun 2017 Tentang Kompetensi Kerja Di Bidang Informasi Geospasial*, 53(9), 10.
- Chollett, I., & Mumby, P. J. (2012). Predicting the distribution of *Montastraea* reefs using wave exposure. *Coral Reefs*, 31(2), 493–503. <https://doi.org/10.1007/s00338-011-0867-7>
- Collin, A., & Hench, J. L. (2012). Towards deeper measurements of tropical reefscape structure using the WorldView-2 spaceborne sensor. *Remote Sensing*, 4(5), 1425–1447. <https://doi.org/10.3390/rs4051425>
- Congalton, R.G. & Green, K. (2009). Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. In *The Photogrammetric Record*, 25. https://doi.org/10.1111/j.14779730.2010.00574_2.x
- Digital Globe. (2010). The Benefits of the Eight Spectral Bands Of WorldView-2. *White Paper*, 12.
- English, S., Wilkinson, C., & Baker, V. (1997). Survey manual for tropical marine resources. Second edition. *Australian Institute of Marine Sciences ISBN 0, 642(2594)*. 4.
- Eugenio, F., Marcello, J., Martin, J., & Rodríguez-Esparragón, D. (2017). Benthic habitat mapping using multispectral high-resolution imagery: Evaluation of shallow water atmospheric correction techniques. *Sensors*, 17(11), 2639. <https://doi.org/10.3390/s17112639>
- Green, E., Mumbay, P., Edwards, A., & Clark, C. (2000). *Remote Sensing: Handbook for Tropical Coastal Management*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Knudby, A., Roelfsema, C., Lyons, M., Phinn, S., & Jupiter, S. (2011). Mapping fish community variables by Integrating field and satellite data, object-based image analysis and modeling in a

- traditional Fijian fisheries management area. *Remote Sensing*, 3(3), 460–483. <https://doi.org/10.3390/rs3030460>
- Kohler, K. E., & Gill, S. M. (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 and Geosciences*, 32(9), 1259–1269. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2005.11.009>
- Lyons, M., Phinn, S., & Roelfsema, C. (2011). Integrating Quickbird multi-spectral satellite and field data: Mapping bathymetry, seagrass cover, seagrass species and change in Moreton Bay, Australia in 2004 and 2007. *Remote Sensing*, 3(1), 42–64. <https://doi.org/10.3390/rs3010042>
- Lyzenga, D. R. (1981). Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and landsat data. *International Journal of Remote Sensing*, 2(1), 71–82. <https://doi.org/10.1080/01431168108948342>
- Mahiny, A. S., & Turner, B. J. (2007). A Comparison of Four Common Atmospheric Correction Methods. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 73(4), 361–368.
- 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>
- Phinn, S. R., Roelfsema, C. M., & Mumby, P. J. (2012). Multi-Scale, Object- Based Image Analysis for Mapping Geomorphic and Ecological Zones on Coral Reefs. *International Journal of Remote Sensing*, 33(12), 3768–3797.
- Purkis, S. J., Graham, N. A. J., & Riegl, B. M. (2008). Predictability of reef fish diversity and abundance using remote sensing data in Diego Garcia (Chagos Archipelago). *Coral Reefs*, 27(1), 167–178. <https://doi.org/10.1007/s00338-007-0306-y>
- Republik Indonesia. (2007). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007. , Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Bab 1 Pasal 1.
- Richards, J. A., & Jia, X. (2013). Remote Sensing Digital Image Analysis: an Introduction Fourth Edition. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/3-540-29711-1>
- Roelfsema, C., Kovacs, E., Ortiz, J. C., Wolff, N. H., Callaghan, D., Wettle, M., ... 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>
- Roelfsema, C., & Phinn, S. (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, 71500F. International Society for Optic and Photonics. <https://doi.org/10.1117/12.804806>
- Roelfsema, C., Phinn, S., Jupiter, S., Comley, J., & Albert, S. (2013). Mapping coral reefs at reef to reef-system scales, 10s-1000s km², using object-based image analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 34(18), 6367–6388. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.800660>
- Selamat, M. B., Jaya, I., Siregar, V. P., & Hestirianoto, T. (2012). Aplikasi Citra Quickbird untuk Pemetaan 3D Substrat Dasar di Gusung Karang. *Jurnal Geomatika*, 18(2), 95–106. Retrieved from <http://jurnal.big.go.id/index.php/GM/article/view/183>
- Siregar, V. P. (2010). Pemetaan substrat dasar perairan dangkal karang congkak dan lebar kepulauan seribu menggunakan citra satelit quick bird. 2(1), 19–30.
- Teillet, P. M. (1986). Image correction for radiometric effects in remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 7(12), 1637–1651.
- Wahidin, N., Siregar, V. P., Nababan, B., Jaya, I., & Wouthuyzen, S. (2014). Deteksi Perubahan Habitat Terumbu Karang Menggunakan Citra Landsat di Pulau Morotai Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(2), 507–524.