



OSEANOLOGI DAN LIMNOLOGI DI INDONESIA

Print ISSN: 0125-9830 Online ISSN: 2477-328X

Nomor Akreditasi: 712/AU3/P2MI – LIPI/10/2015

<http://jurnal-oldi.or.id>



Kajian Metode Klasifikasi Citra Landsat-8 untuk Pemetaan Habitat Benthik di Kepulauan Padaido, Papua

Assessment of Landsat-8 Classification Method for Benthic Habitat Mapping in Padaido Islands, Papua

Muhammad Hafizt, Marindah Yulia Iswari¹, dan Bayu Prayudha

Pusat Penelitian Oseanografi LIPI

Email: muha169@lipi.go.id

Submitted 29 March 2016. Reviewed 12 October 2016. Accepted 22 March 2017.

Abstrak

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki luas terumbu karang mencapai 39.583 km². Terumbu karang tersebut perlu dikelola secara efektif dan efisien. Salah satunya dengan memanfaatkan teknik penginderaan jauh yang mampu memetakan tutupan habitat benthik, seperti terumbu karang, padang lamun, makroalga, dan substrat terbuka. Teknik tersebut saat ini telah didukung oleh ketersediaan citra satelit Landsat-8 OLI yang telah merekam seluruh wilayah Indonesia secara terus-menerus setiap 16 hari. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2015 di sebagian Kepulauan Padaido, Papua. Lokasi tersebut dipilih karena memiliki tingkat kerusakan terumbu karang yang tinggi. Penelitian ini memanfaatkan data citra satelit Landsat-8 OLI untuk membandingkan dua metode klasifikasi, yaitu berbasis piksel dan objek yang masing-masing menggunakan klasifikasi *maximum likelihood* (ML) dan *example based feature extraction work flow* pada citra setelah koreksi kolom air. Kedua metode klasifikasi tersebut menghasilkan peta habitat benthik dengan 7 kelas tutupan. Klasifikasi berbasis piksel memberikan hasil keakuratan menyeluruh (*overall accuracy*) yang lebih baik (47,57%) daripada yang berbasis objek (36,17%). Klasifikasi ML dapat dijadikan acuan dalam memetakan tutupan habitat benthik di Kepulauan Padaido. Namun, kekonsistenan metode ini perlu terus dikaji di lokasi-lokasi lain di seluruh perairan Indonesia.

Kata kunci: terumbu karang, Landsat-8 OLI, klasifikasi, habitat dasar, basis pixel, basis objek, Kepulauan Padaido.

Abstract

Indonesia is the biggest archipelagic country in the world with an area of coral reefs of 39,583 km². This area has to be managed effectively and efficiently utilizing satellite remote sensing technique capable of mapping of benthic habitat coverage, such as coral reefs, seagrasses, macroalgae, and bare substrates. The technique is supported by the availability of Landsat-8 OLI satellite images that have been recording the regions of Indonesia continuously every 16 days. This research was carried out in June 2015 in parts of Padaido Islands, Papua. This area was selected due to high coral reef damages. This study utilized Landsat-8 OLI to compare two classification methods, namely pixel based and object based methods using ‘maximum

likelihood' (ML) and 'example based feature extraction' classifications, respectively, after water column correction (Lyzenga method). The results showed that both methods produced benthic habitat maps with 7 class covers. The pixel-based classification resulted in a better overall accuracy (47.57%) in the mapping of benthic habitats than object-based classification approach (36.17%). Thus, the ML classification is applicable for benthic habitat mapping in Padaido Islands. However, the consistency of this method must be analyzed in many different locations of Indonesian waters.

Keywords: coral reefs, Landsat-8 OLI, classification, benthic habitat, pixel-based, object-based, Padaido Islands.

Pendahuluan

Luas area terumbu karang di Indonesia mencapai 39.583 km². Luas tersebut merupakan 18% dari tutupan terumbu karang dunia dan 45,7% dari luas kawasan segitiga terumbu karang (Giyanto et al. 2014). Area terumbu karang Indonesia memiliki sekitar 590 spesies karang batu dan 2.200 spesies ikan karang yang merupakan puncak keanekaragaman jenis karang di dalam kawasan segitiga terumbu karang.

Potensi tersebut harus dikelola dengan baik agar dapat dimanfaatkan secara optimal dan berkelanjutan (Dahuri et al. 1996). Salah satu caranya yaitu melalui kegiatan inventarisasi tutupan habitat dasar dengan memanfaatkan teknik penginderaan jauh. Tutupan habitat dasar merupakan tutupan objek yang berada di dasar perairan yang dapat dijelaskan melalui citra hingga batas kedalaman tertentu yang disebut sebagai batas kedalaman optis. Tutupan habitat dasar mencakup terumbu karang, padang lamun, makroalga, dan substrat terbuka. Teknologi penginderaan jauh telah dinilai efektif dan efisien (Green et al. 2000) untuk memperoleh informasi spasial, yang hasilnya berguna sebagai informasi dasar dalam penyusunan dan pembuatan rencana pengelolaan kawasan pesisir.

Pada tahun 2013 telah diluncurkan satelit Landsat-8 (USGS 2015; Irons 2016) yang hingga saat ini telah merekam hampir seluruh kawasan di muka bumi secara terus-menerus. Citra satelit ini memiliki resolusi menengah pada saluran-saluran multispektral sebesar 30 m dan memiliki saluran tampak (*visible band*) yang sangat dibutuhkan untuk kajian objek-objek perairan (Jensen 2007; Goodman et al. 2013). Citra ini dinilai potensial untuk menginventarisasi habitat benthik di seluruh wilayah Indonesia karena dapat diunduh secara gratis dengan mudah dan cepat, sehingga dapat dimanfaatkan kapanpun.

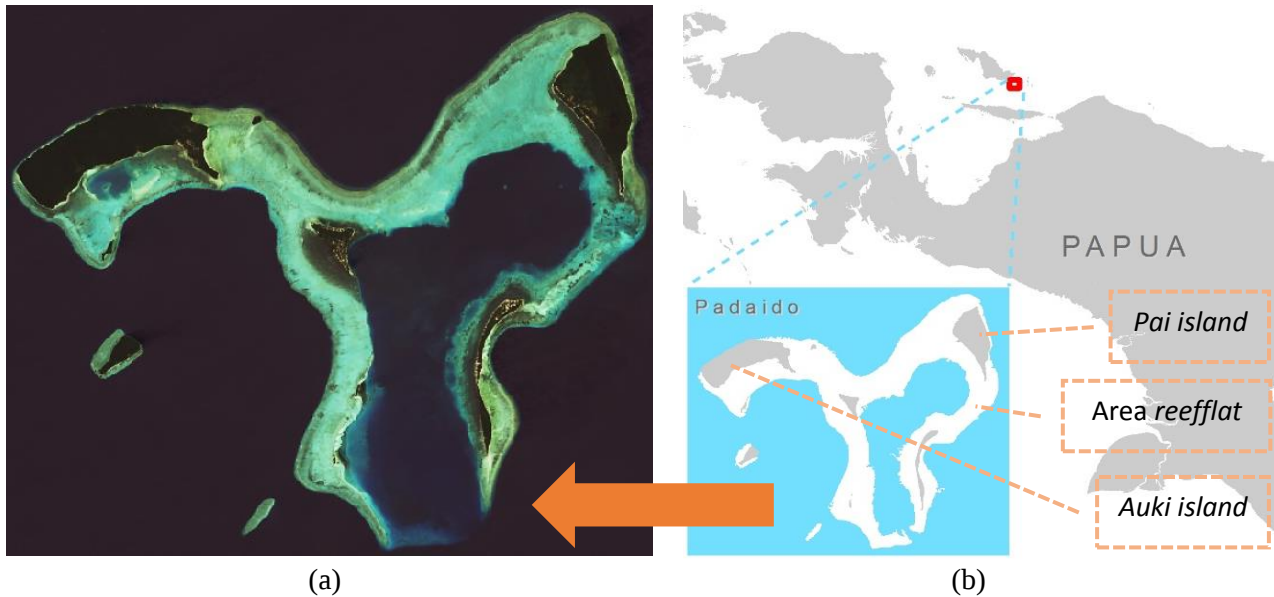
Perolehan informasi spasial dengan menggunakan citra penginderaan jauh dapat dilakukan melalui tahap pemrosesan citra yang

terdiri dari koreksi citra dan klasifikasi citra. Hingga saat ini teknik tersebut telah berkembang dari klasifikasi citra berbasis piksel menjadi klasifikasi citra berbasis objek (Danoedoro 2012). Teknik klasifikasi berbasis piksel perlu melewati tahap koreksi kolom air yang menggunakan persamaan dari Lyzenga (Green et al. 2000). Penerapan koreksi kolom air ini dinilai dapat meningkatkan akurasi peta habitat benthik (Green et al. 2000; Hafizt dan Danoedoro 2015). Sementara, teknik klasifikasi berbasis objek yang sedang berkembang saat ini dinilai dapat memberikan informasi yang lebih detail dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi (Leon et al. 2012; Phinn et al. 2012; Hafizt 2015). Akan tetapi, penerapannya saat ini lebih banyak pada citra beresolusi tinggi.

Kondisi terumbu karang di Kepulauan Padaido terus mengalami penurunan kualitas dari tahun 2007 hingga 2010 (Suyarso dan Manuputty 2010). Oleh sebab itu, dibutuhkan data aktual dalam bentuk spasial untuk mengetahui variasi tutupan habitat dasarnya yang dikaji melalui teknik penginderaan jauh. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan teknik klasifikasi terbaik dalam memetakan tutupan habitat benthik melalui citra satelit Landsat-8 dengan area kajian di Kepulauan Padaido. Hasil penelitian ini dimaksudkan untuk menjawab kebutuhan informasi tutupan terumbu karang di Kepulauan Padaido yang diharapkan dapat diaplikasikan di seluruh kawasan pesisir Indonesia.

Metodologi

Area kajian dalam penelitian ini berada di sebagian Kepulauan Padaido, Papua (Gambar 1) yang mencakup Pulau Auki, Pulau Pai, dan Pulau Nusi. Pemilihan lokasi kajian berdasarkan luas area *reef flat* yang cukup representatif dipetakan melalui citra Landsat-8 OLI, yaitu seluas 71,343 km². Citra Landsat-8 OLI (*Operational Land Imager*) Path: 104/Row: 61, tanggal perekaman



Gambar 1. (a) Bagian dari citra satelit Landsat-8. (b) Lokasi penelitian di sebagian Kepulauan Padaido, Biak, Papua.

Figure 1. (a) Landsat-8 imagery. (b) Research area in parts of Padaido Islands, Biak, Papua.

17 Agustus 2015 dengan *scene ID*: LC81040612015229LGN00 digunakan dalam kajian ini.

Penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu pengolahan data citra dan survei lapangan. Pengolahan data citra merupakan tahap koreksi citra, di antaranya adalah koreksi reflektan citra, koreksi *sunglint*, dan koreksi atenuasi (pelemahan rambatan cahaya) kolom air. Koreksi reflektan bertujuan untuk menormalisasi nilai piksel citra yang berbeda terhadap nilai sebenarnya di lapangan akibat pengaruh geometri pencahayaan matahari (pengaruh sudut matahari, jarak antara bumi dan matahari, dan bentuk kurva bumi). Koreksi reflektan dilakukan melalui persamaan yang dikeluarkan oleh USGS (USGS 2015) untuk Landsat-8 OLI. Koreksi ini disebut dengan koreksi *top of atmosphere reflectance* ($\rho\lambda$). Koreksi reflektan ini sudah sekaligus melewati tahap kalibrasi nilai digital (ND) menjadi nilai

energi ($\text{Watt/m}^2 \text{ str } \mu\text{m}$). Persamaan yang digunakan untuk koreksi reflektan citra adalah:

$$\rho\lambda = (M_p * Q_{cal} + A_p) / \sin(\theta) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

$\rho\lambda$: *top of atmosphere reflectance*

M_p : nilai '*REFLECTANCE_MULT_BAND_n*' tiap saluran, diketahui dari metadata

A_p : nilai '*REFLECTANCE_ADD_BAND_n*' tiap saluran, diketahui dari metadata

Q_{cal} : nilai *Digital Number*

θ : nilai sudut elevasi matahari (*solar elevation angle*) yang diperoleh dari metadata

Nilai parameter M_p , A_p , dan θ untuk citra satelit Landsat tanggal 17 Agustus 2015 diperlihatkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Parameter M_p , A_p , dan θ untuk setiap saluran pada Landsat-8 OLI tanggal 17-08-2015.

Table 1. Parameters of M_p , A_p , and θ for each band in Landsat-8 OLI acquired on 17-08-2015.

Band name	Band width (μm)	Ground Resolution (m)	M_p	A_p
Band - 1 Coastal	0.43–0.45	30	0,00005	-0.1
Band - 2 Blue	0.45–0.51	30	0,00005	-0.1
Band - 3 Green	0.53–0.59	30	0,00005	-0.1
Band - 4 Red	0.63–0.67	30	0,00005	-0.1

θ (solar elevation angle) for 17-08-2015 = 58.23964083

Koreksi *sunglint* merupakan koreksi nilai piksel citra yang menjadi lebih tinggi akibat pantulan cahaya matahari di permukaan air laut. Efek *sunglint* pada citra menyebabkan nilai pantulan objek di dasar perairan tidak sesuai dengan nilai sebenarnya di lapangan, sehingga diperlukan koreksi *sunglint* (Kay et al. 2009; Anggoro et al. 2016). Koreksi ini menggunakan data masukan saluran-saluran baru hasil koreksi reflektan, dengan cara memilih piksel-piksel sebagai sampel pada setiap variasi kenampakan *sunglint* di setiap saluran (band biru, band hijau, band merah, dan band inframerah). Persamaan yang digunakan untuk koreksi *sunglint* adalah

$$R_i'' = R_i - b_i \times (RNIR - \text{MinNIR}) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- R_i : nilai reflektan pada masing-masing band (band biru-sunglint, band hijau-sunglint, dan band merah-sunglint)
 B_i : nilai *regression slope* hasil statistik (band biru vs band-band inframerah, band hijau vs band-band inframerah, band merah vs band-band inframerah)
 $RNIR$: nilai reflektan pada band inframerah dekat
 MinNIR : nilai minimum reflektan band inframerah dekat dari seluruh sampel yang dipilih

Saluran-saluran baru hasil koreksi *sunglint*, selanjutnya dikoreksi lagi menggunakan algoritma indeks atenuasi kolom air (*Depth Invariant Index*, DII). Koreksi ini bertujuan untuk memperbaiki kesalahan pada nilai piksel yang terjadi karena efek pelemahan energi oleh kolom air (atenuasi). Efek pelemahan kolom air tersebut menyebabkan perbedaan nilai piksel pada objek yang sama, tetapi berada pada kedalaman yang berbeda. Semakin dalam perairan maka semakin kecil nilai reflektan objek di setiap saluran tampak (Green et al. 2000). Perubahan nilai reflektan objek terhadap kedalaman perairan memiliki hubungan yang berbanding lurus antara saluran tampak yang dinormalisasi ($\log B_{\text{biru}}$, $\log B_{\text{hijau}}$, dan $\log B_{\text{merah}}$). Dengan demikian, persamaan koreksi kolom air di tiap saluran dapat dibangun dari persamaan regresi linear sederhana antara kombinasi saluran tampak tersebut, dalam bentuk persamaan $Y = a + bX$.

Nilai *slope* pada regresi linear sederhana sama dengan nilai rasio pelemahan kolom air (K_i/K_j) yang sebelumnya dibangun oleh Lyzenga (Lyzenga 1981). Maka, persamaan koreksi kolom air dapat diturunkan menjadi persamaan berikut:

$$Y = \ln(B_i), a = \text{slope } (k_i/k_j), b = \text{nilai DII, dan } X = \ln(B_j) \\ DII = \ln(B_i) - ((k_i/k_j) * \ln(B_j)) \dots \dots \dots (3)$$

Nilai k_i/k_j dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{k_i}{k_j} = a + \sqrt{a^2 + 1} \dots \dots \dots (4)$$

$$a = (\text{varian } B_i - \text{varian } B_j) / (2 * \text{Covarian } B_i B_j) \dots \dots (5)$$

dengan nilai B_i = Nilai Reflektan Band_i; B_j = Nilai Reflektan Band_j.

Nilai reflektan tersebut merupakan nilai reflektan objek yang sama, tetapi berada di kedalaman yang berbeda pada masing-masing saluran tampak. Kajian ini menggunakan objek pasir karena paling mudah dikenali di kedalaman yang berbeda-beda. Sampel-sampel pasir ini dipilih sebagai *region of interest* (ROI) pada citra dan diproses melalui program pengolahan citra ENVI 5.2.

Metode klasifikasi berbasis piksel menggunakan pendekatan klasifikasi terbimbing, yaitu *maximum likelihood* (ML). Metode klasifikasi ML bekerja berdasarkan nilai statistik probabilitas pada setiap sampel kelas objek terhadap kelas objek yang lain, sehingga dapat meminimalisasi piksel yang tidak terklasifikasi melalui pengaturan nilai batas (*threshold*) (Richards dan Jia 2006; Danoedoro 2012; Prayudha 2014). Metode berbasis objek menggunakan *feature extraction* yang terdapat dalam perangkat lunak ENVI 5.2 dengan membuat segmentasi terlebih dahulu, lalu melakukan klasifikasi menggunakan sampel berbasis poligon-poligon segmen tersebut.

Proses segmentasi memerlukan pengaturan nilai *Edge scale level*, *full lamda scale level*, dan *kernel size* untuk menganalisis batas nilai piksel antarobjek dan untuk mengatur ukuran poligon hasil segmentasi, sehingga diperoleh segmen-segmen yang representatif terhadap variasi objek pada citra. Klasifikasi pada citra hasil segmentasi menggunakan seluruh atribut (*spectral*, *texture*, dan *spatial*) dan melibatkan semua saluran tampak (band biru, hijau, dan merah). Metode klasifikasi yang digunakan adalah *K-nearest neighbour* (KNN) dengan poligon-poligon segmen yang digunakan sebagai sampel atau *area of interest* (AOI).

Setelah diperoleh peta tentatif habitat bentuk melalui dua metode klasifikasi, selanjutnya dilakukan penghitungan akurasi untuk mengetahui

nilai persentase kebenaran peta sebagai dasar penilaian metode klasifikasi terbaik. Level akurasi dihitung menggunakan tabel *confusion matrix* (Danoedoro 2012; Hafizt dan Danoedoro 2015), yaitu selain memperoleh nilai akurasi keseluruhan peta (*overall accuracy*), juga diketahui nilai akurasi dari setiap kelas habitat.

Survei lapangan dilakukan menggunakan teknik foto transek (Roelfsema dan Phinn 2009) yang telah dimodifikasi. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Juni 2015. Sampel yang diambil berupa gambaran objek yang direkam dalam bentuk foto menggunakan kamera bawah air. Deskripsi objek dicatat secara manual untuk mengontrol kesalahan interpretasi pascasurvei lapangan. Posisi setiap sampel diketahui menggunakan *Global Positioning System* (GPS) dengan akurasi maksimal 3 m. Foto dan posisi setiap sampel yang diolah pascasurvei lapangan dihubungkan melalui kesamaan waktu perekaman. Tutupan habitat benthik yang terekam di setiap foto, selanjutnya diinterpretasikan dan dikelompokkan mengikuti sistem klasifikasi dari penelitian-penelitian sebelumnya (Mumby 1999; NOAA 2005; Wicaksono et al. 2013; Hafizt 2015).

Hasil

Pengambilan sampel lapangan menghasilkan 222 titik sampel yang dibagi menjadi 118 sampel untuk proses klasifikasi dan 104 sampel untuk uji akurasi. Variasi kelas sampel dalam Tabel 2 dibangun berdasarkan

objek di lapangan, variasi kelas tersebut merupakan variasi tutupan habitat benthik yang dapat ditemukan di lapangan. Contoh kenampakan tutupan habitat benthik di lapangan yang direkam melalui kamera bawah air diperlihatkan dalam Gambar 2.

Hingga saat ini, belum ada standar penamaan kelas hingga level yang lebih rinci dalam pemetaan habitat benthik (Hafizt 2015). Badan Informasi Geospasial (BIG) hanya membatasi 4 kelas umum untuk pemetaan tutupan habitat benthik, yaitu terumbu karang, padang lamun, makroalga, dan substrat. Aturan tersebut mengacu pada Perka BIG Nomor 8 Tahun 2014 (BIG 2014). Sementara itu, citra Landsat-8 OLI mampu membedakan variasi habitat benthik melebihi 4 kelas yang telah ditetapkan. Hal ini dikarenakan dukungan resolusi radiometri yang tinggi (16-bit). Oleh sebab itu, variasi tutupan objek campuran di lapangan tetap dipertahankan dalam pembuatan peta. Selanjutnya, kelas-kelas campuran tersebut akan dievaluasi kesesuaian sebagai kelas baru melalui nilai akurasi masing-masing kelas. Rincian kelas habitat benthik hasil interpretasi foto lapangan diperlihatkan dalam Tabel 2.

Pemrosesan citra yang terdiri dari koreksi reflektan, koreksi *sunglint*, dan koreksi atenuasi dilakukan secara bertahap. Koreksi reflektan dilakukan secara otomatis melalui program pengolahan citra ENVI 5.2, sedangkan koreksi *sunglint* dan koreksi atenuasi dilakukan dengan membangun persamaan terlebih dahulu, dengan data input citra hasil koreksi reflektan.

Tabel 2. Rincian sampel habitat benthik hasil kegiatan survei lapangan, Juni 2015.

Table 2. Details of benthic habitat samples from field surveys, June 2015.

Class of benthic habitat	Information of benthic habitat	Sample classification	Sample accuracy
HC	homogenous hard coral cover	13	12
MIX-DC/A	Mixed class between dead coral as dominant cover and sand	19	19
MIX-SD/AL	Mixed class between sand as dominant cover and algae	11	10
MIX-SD/DC	Mixed class between sand as dominant cover and dead coral	8	11
MIX-SG/AL	Mixed class between seagrass as dominant cover and algae	6	2
SD	Homogenous sand cover	38	30
SG	Homogenous seagrass cover	23	20
Total		118	104



Gambar 2. Sebagian gambaran variasi objek yang umum tampak di lapangan dan digunakan sebagai acuan untuk membangun kelas habitat bentik dalam klasifikasi terbimbing.

Figure 2. Some illustrations of object variations commonly appeared in the fields and used as a reference to build benthic habitat class in supervised classification.

Hasil koreksi *sunlint* menjadi data input untuk proses koreksi atenuasi. Persamaan yang digunakan untuk koreksi *sunlint* pada tiap saluran adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} B1 \text{ (coastal)} &= B1 - (2.388 * (B5 - 1.117308)) \\ B2 \text{ (blue)} &= B2 - (1.7903 * (B5 - 1.117308)) \\ B3 \text{ (green)} &= B3 - (1.3747 * (B5 - 1.117308)) \\ B4 \text{ (red)} &= B4 - (1.3747 * (B5 - 1.117308)) \\ nROI: 2704, \text{ MIN-IR: } 1.117308 \end{aligned}$$

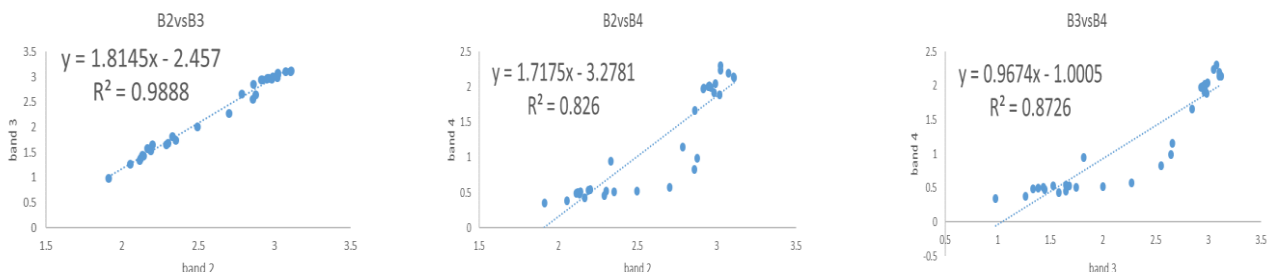
Tahap terakhir koreksi citra adalah koreksi atenuasi kolom air. Tahap koreksi atenuasi diawali dengan pemilihan sampel pasir yang berada di kedalaman yang berbeda-beda dalam bentuk *region of interest* (ROI). Hubungan antara perbedaan kedalaman objek pasir terhadap kombinasi saluran yang telah dinormalisasi ($\ln$) ditunjukkan dalam grafik regresi (Gambar 3). Hubungan tersebut berbanding lurus, sehingga mungkin digunakan dalam persamaan 3, persamaan 4, dan persamaan 5.

Sampel ROI yang digunakan pada koreksi atenuasi sebanyak 32 piksel. Nilai a pada persamaan 5 diperoleh dari penghitungan varian

tiap saluran dan kovarian antarsaluran dari sampel-sampel ROI. Nilai a tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung rasio koefisien kolom air (K_i/K_j) menggunakan persamaan 4. Nilai K_i/K_j yang telah diperoleh, selanjutnya digunakan dalam persamaan DII (persamaan 3). Nilai a , K_i/K_j , dan persamaan DII tiap kombinasi saluran diperlihatkan dalam Tabel 3.

Hasil koreksi kolom air adalah saluran baru yang merupakan kombinasi antarsaluran tampak pada citra Landsat-8 OLI (band biru: B2, band hijau: B3, dan band merah: B4). Kombinasi tersebut adalah Band_{biru-hijau}, Band_{biru-merah}, dan Band_{hijau-merah}. Hasil koreksi indeks atenuasi kolom air diperlihatkan dalam Gambar 4 dengan kenampakan warna dan rona objek pasir yang relatif sama dari kedalaman yang berbeda-beda.

Citra hasil koreksi atenuasi kolom air (DII) selanjutnya menjadi data masukan yang sama untuk dua teknik klasifikasi yang berbeda, yaitu klasifikasi berbasis piksel yang menggunakan metode *maximum likelihood* dan klasifikasi berbasis objek melalui *example based feature extraction workflow* yang terdapat dalam perangkat lunak ENVI 5.2.



Gambar 3. Plot regresi pasangan ($\ln$) 2 band yang dikoleksi dari substrat/habitat pasir di kedalaman yang berbeda.

Figure 3. Regression plot between two visible bands (normalized in $\ln$) collected from sand samples at different depths.

Tabel 3. Nilai parameter persamaan koreksi kolom air pada setiap kombinasi saluran tampak dan bentuk persamaannya.

Table 3. Parameter values of equation of water column correction at each visible band combination and its equation.

Band combination	variance	covariance	A	Ki/Kj	Equation of water column correction
Band _{biru-hijau}	0,158	0,278	-0,663	0.537	$\ln(B2)-(0.537*(\ln(B3)))$
Band _{biru-merah}	0,527	0,263	-0,773	0.491	$\ln(B2)-(0.491*(\ln(B4)))$
Band _{hijau-merah}	0,564	0,493	-0.039	0.962	$\ln(B3)-(0.962*(\ln(B4)))$

Klasifikasi ML menggunakan data sampel klasifikasi tanpa pengaturan nilai *probability threshold* agar setiap piksel dapat terkelaskan, sedangkan klasifikasi berbasis objek menggunakan perangkat lunak ENVI 5.2, sama dengan klasifikasi ML. Proses klasifikasi berbasis objek melewati dua tahap lain, yaitu segmentasi dan klasifikasi. Tahap segmentasi menggunakan algoritma yang terdiri dari *Edge scale level* 10 dan *full lamda scale level* 80. Selain itu, *texture kernel size* yang digunakan adalah 3 dengan atribut yang terdiri dari *spectral*, *texture*, dan *spatial* pada seluruh saluran baru hasil koreksi atenuasi kolom air. Sebaliknya, tahap klasifikasi menggunakan metode *K-nearest neighbour* (KNN).

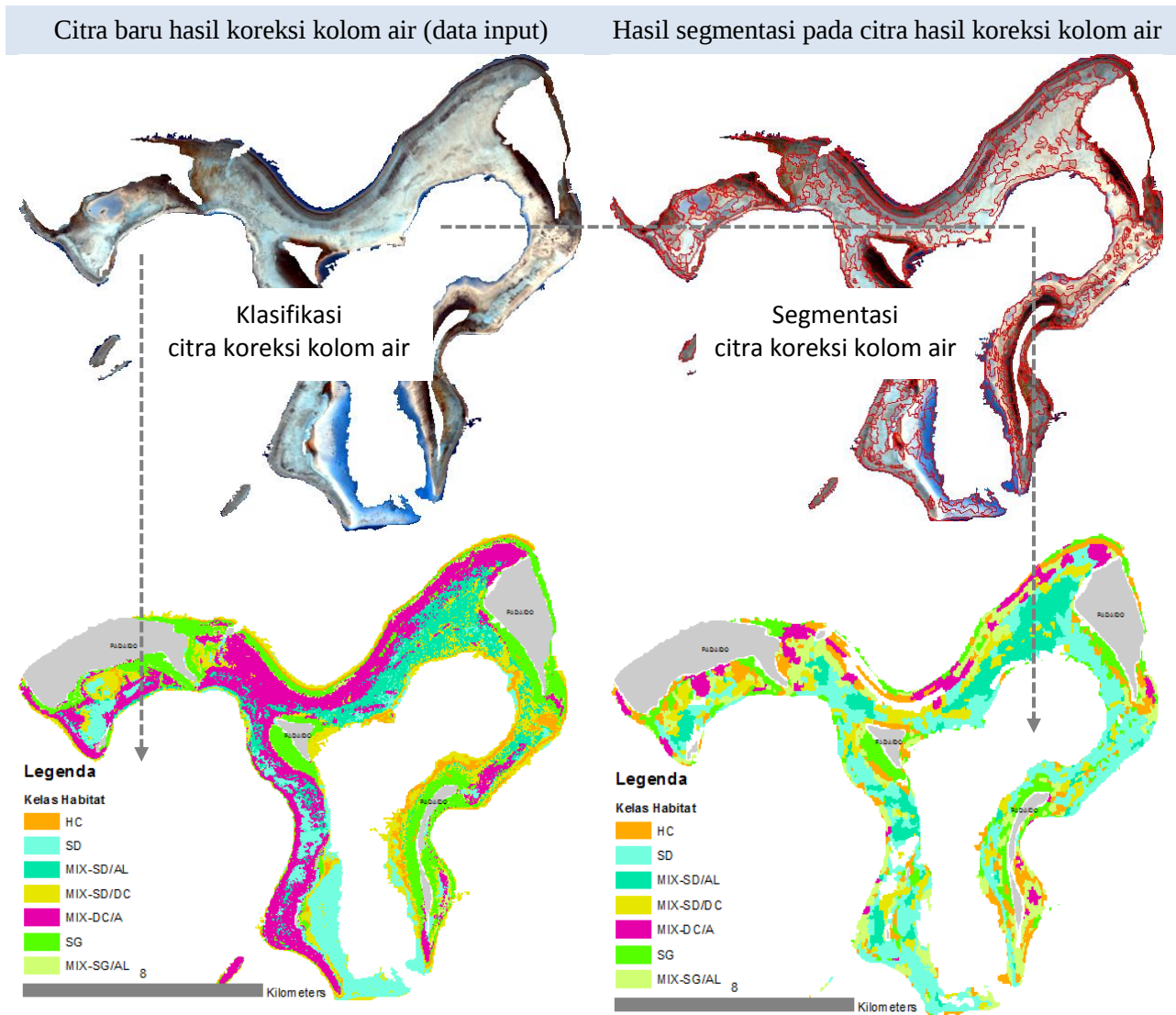
Hasil klasifikasi dari kedua metode tersebut merupakan peta habitat bentik yang memberikan kenampakan distribusi kelas yang berbeda, diperlihatkan dalam Gambar 4, Peta 1 (kiri) untuk klasifikasi berbasis piksel dan Gambar 4, Peta 2 (kanan) untuk klasifikasi berbasis objek, walaupun menggunakan input yang sama (citra hasil persamaan DII). Perbedaan distribusi kelas objek dari kedua peta tersebut, selanjutnya menjadi kajian dalam penelitian ini untuk mengetahui kualitas masing-masing peta yang dihasilkan, termasuk penghitungan akurasi peta.

Penilaian metode terbaik dari kedua peta dilakukan berdasarkan besar nilai akurasi yang dihitung dari sampel lapangan (Tabel 2). Peta habitat bentik melalui klasifikasi ML memberikan nilai *overall accuracy* sebesar 47,57%, sedangkan pada metode berbasis objek sebesar 36,17%. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat dikatakan bahwa teknik klasifikasi terbaik untuk pemetaan habitat bentik dalam kajian ini adalah melalui pendekatan berbasis piksel. Nilai akurasi pada kedua peta masih tergolong sangat rendah apabila dibandingkan dengan batasan standar yang ada, yaitu minimal 60%. Walaupun demikian, kedua peta tersebut belum dapat dikatakan salah sepenuhnya, karena standar yang ada hanya

terbatas pada empat kelas umum, yakni terumbu karang, padang lamun, makroalga, dan substrat terbuka, seperti dinyatakan dalam Perka BIG Nomor 8 Tahun 2014 (BIG 2014; Prayudha 2014).

Nilai *overall accuracy* peta yang rendah dapat dievaluasi melalui nilai akurasi produser dan user pada setiap kelas yang dihitung melalui tabel *confusion matrix*. Akurasi produser menunjukkan tingkat kebenaran objek lapangan yang terpetakan melalui klasifikasi citra, sedangkan akurasi user menunjukkan besar kemungkinan suatu objek di lapangan yang terklasifikasi secara benar di peta. Gambar 5 menunjukkan nilai *producer* dan *user accuracy* setiap kelas. Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa kelas terumbu karang dalam Peta 1 (Gambar 4) memiliki akurasi yang lebih tinggi dibanding Peta 2 (Gambar 4), baik dari nilai *producer accuracy* maupun *user accuracy*. Meskipun demikian, nilai *producer* dan *user accuracy* tersebut tergolong sangat rendah, yang berarti tingkat kebenaran objek terumbu karang di lapangan dan kemungkinan kebenaran kelasnya dalam peta tidak lebih dari 50%. Hal tersebut juga berarti bahwa tidak semua objek terumbu karang yang berada di lapangan terkelaskan dalam peta, sementara objek terumbu karang yang sudah terpetakan memiliki tingkat kebenaran yang rendah.

Hal yang berbeda terjadi pada kelas tutupan pasir (SD) dengan nilai *producer accuracy* dalam Peta 2 lebih tinggi daripada Peta 1, sedangkan untuk nilai *user accuracy* terjadi sebaliknya. Dengan demikian, keberadaan objek pasir di lapangan dapat terpetakan dengan baik melalui hasil klasifikasi berbasis objek. Alasan tersebut juga ditandai dengan tutupan pasir yang dominan dalam Peta 2 dibandingkan Peta 1 (Gambar 4). Tetapi, tingkat kemungkinan kebenaran objek pasir yang terdapat dalam Peta 1 lebih tinggi daripada Peta 2.

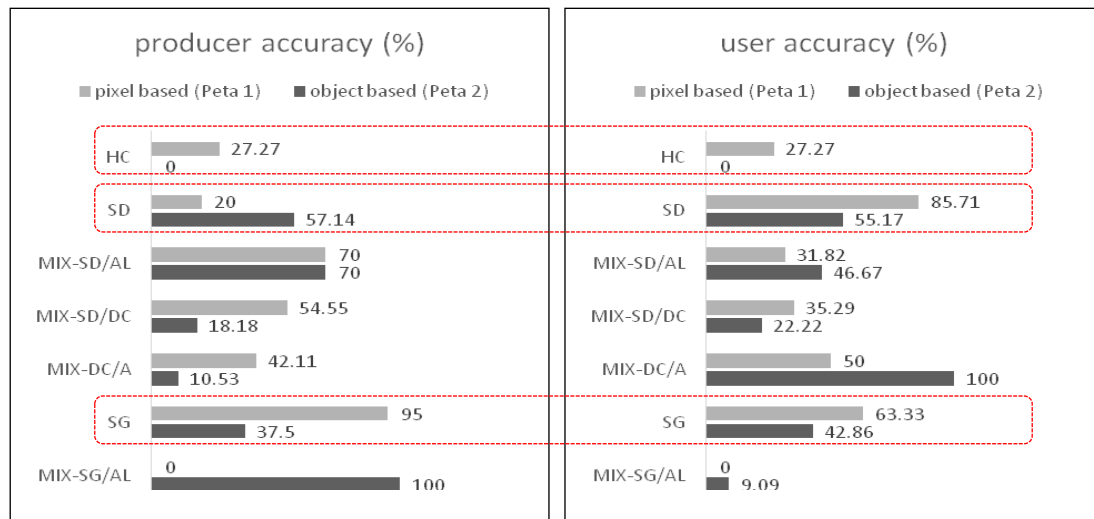


Map 1: Benthic habitat map generated from pixel based classification using *maximum likelihood* (ML)

Map 2: Benthic habitat map generated from object based classification using *example based feature extraction workflow*

Gambar 4. Proses koreksi kolom air dan pembuatan peta habitat dasar menggunakan klasifikasi berbasis piksel (Peta 1) dan klasifikasi berbasis objek (Peta 2).

Figure 4. Water column correction process and benthic habitat map generation using pixel-based classification (Map 1) and object-based classification (Map 2).



Gambar 5. Nilai akurasi produser dan user setiap kelas objek dalam kedua peta habitat bentik.
Figure 5. Producer and user accuracy values of each class of objects in both benthic habitat maps.

Pembahasan

Teknik klasifikasi berbasis objek belum dapat mengelaskan objek sesuai dengan kelas yang dibangun di lapangan, terutama tutupan kelas campuran yang ditandai dengan nilai akurasi produser dan user yang sangat rendah. Sebaliknya, tutupan kelas seragam atau homogen seperti tutupan pasir dapat terkelaskan dengan cukup baik. Banyak hal yang menyebabkan nilai akurasi yang rendah dalam peta yang dianalisis dalam kajian ini. Nilai akurasi peta yang rendah melalui teknik klasifikasi berbasis objek disebabkan oleh beberapa faktor, baik dalam teknik pengolahan citra maupun kualitas sampel lapangan yang digunakan untuk menghitung akurasi. Teknik klasifikasi berbasis objek menyediakan banyak parameter spektral, spasial, maupun tekstur untuk dijadikan acuan dalam mengelaskan objek dalam bentuk poligon-poligon hasil segmentasi. Pendekatan ini berbeda dari klasifikasi berbasis piksel yang hanya menggunakan nilai piksel sebagai acuan dalam mengelaskan objek. Pemilihan atribut yang tepat dalam klasifikasi berbasis objek memungkinkan peningkatan nilai akurasi peta. Oleh sebab itu, penelitian lanjutan sangat dibutuhkan untuk menentukan atribut-atribut tersebut, seperti penelitian yang dilakukan oleh Sutanto et al. (2014) pada citra Alos Palsar.

Peta hasil klasifikasi berbasis spektral tetap memiliki kesalahan, walaupun nilai akurasi keseluruhannya lebih tinggi daripada peta hasil klasifikasi menggunakan pendekatan berbasis objek. Kesalahan pengkelasan tersebut terjadi

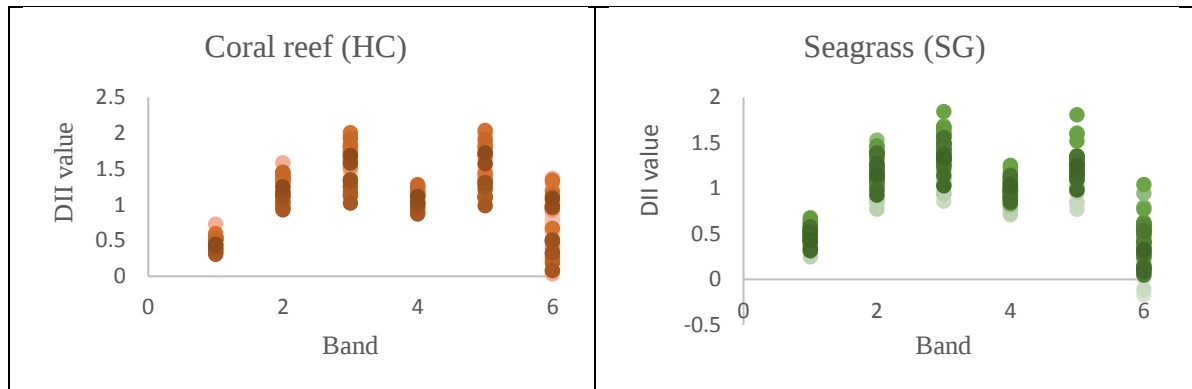
antara terumbu karang dan padang lamun. Hal ini disebabkan kedua objek memiliki pola spektral yang relatif sama (Hafizt dan Danoedoro 2015). Contoh pola spektral pada kedua objek tersebut diperlihatkan dalam Gambar 6. Pola spektral ini merupakan nilai piksel citra hasil koreksi DII yang sesuai dengan pengamatan langsung di lapangan. Persebaran sampel pada citra ditunjukkan dalam Gambar 7. Kesamaan pola spektral tersebut menyebabkan masih terdapat kesalahan klasifikasi antara kedua objek berdasarkan sampel lapangan.

Nilai *producer* dan *user accuracy* yang rendah pada kelas terumbu karang dapat disebabkan oleh proporsi sampel terumbu karang yang ditemukan di lapangan lebih kecil dibandingkan objek padang lamun (Tabel 2). Selain itu, menurut Hafizt dan Danoedoro (2015), objek terumbu karang dan padang lamun cukup sulit diklasifikasikan berbasis piksel secara langsung, sehingga dibutuhkan batasan zona habitat (zona habitat lamun, zona habitat terumbu karang, dan zona campuran) agar hasil klasifikasi antara kedua objek tersebut lebih baik (Hafizt 2015). Alasan tersebut juga ditandai dengan nilai *producer* dan *user accuracy* kelas padang lamun yang tinggi (Gambar 5) dalam peta hasil klasifikasi. Nilai tersebut diimbangi dengan nilai akurasi terumbu karang yang rendah.

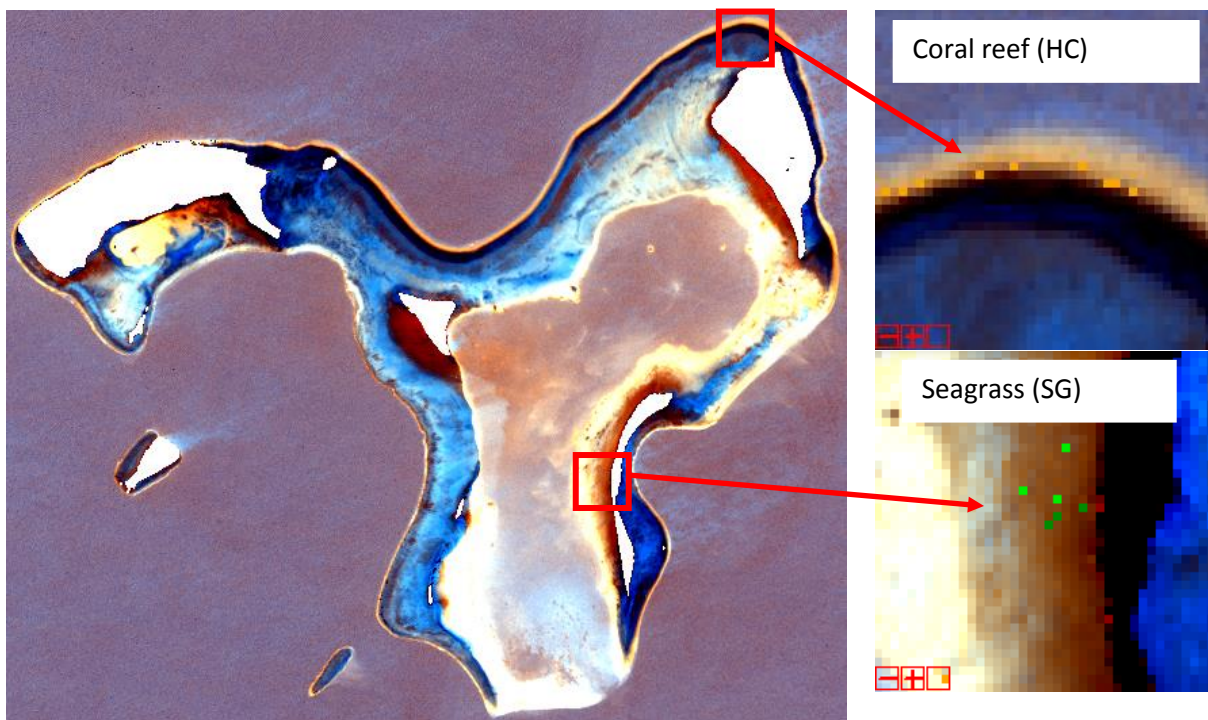
Nilai akurasi kedua peta yang rendah dalam penelitian ini dapat disebabkan oleh distribusi sampel yang kurang merata pada saat pengambilan sampel. Selain itu, posisi antara sampel cenderung terlalu berdekatan (Gambar 8), sehingga tidak dapat mewakili variasi objek di

lapangan dengan menggunakan citra resolusi menengah seperti Landsat-8 (resolusi 30 m). Metode foto transek yang dipakai dalam kajian ini sebenarnya dikembangkan untuk diaplikasikan pada citra beresolusi tinggi, seperti citra QuicBird atau WordView (resolusi spasial sekitar 2 m) untuk memetakan kelas terumbu karang pada tingkat komunitas (Phinn et al. 2012). Oleh sebab itu, modifikasi teknik pengambilan sampel di

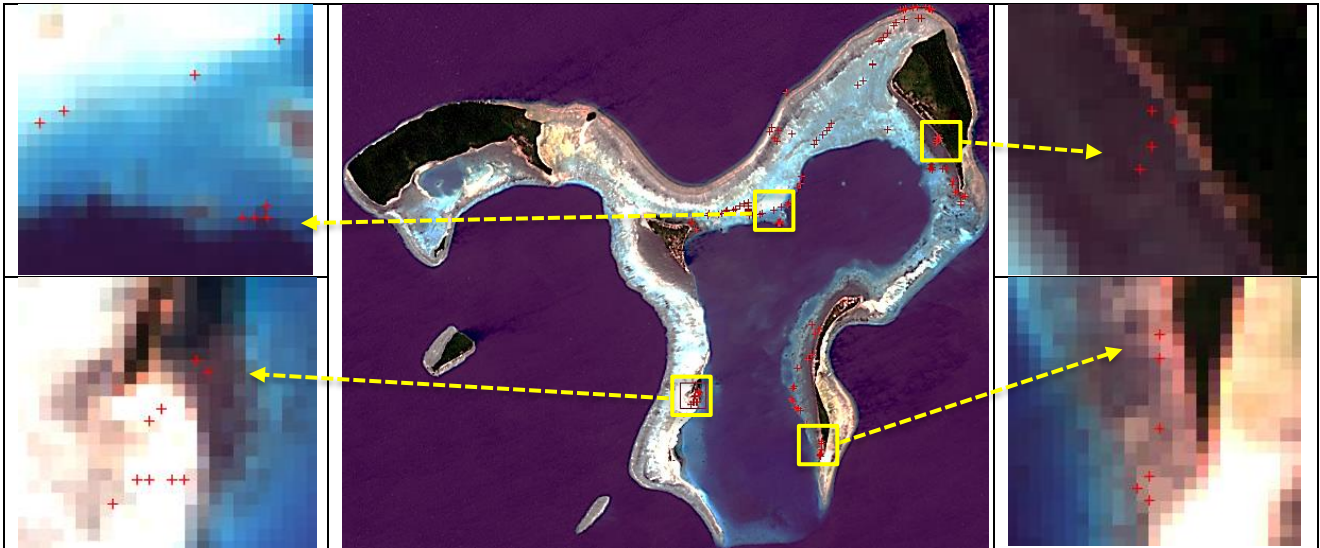
lapangan yang tetap mengakomodasi variasi objek yang dapat diamati langsung di lapangan atau melalui interpretasi dari citra Landsat sangat diperlukan. Modifikasi metode dapat dilakukan dengan memperbesar jarak pengambilan sampel antarobjek dan menggunakan perahu dalam perpindahannya, sehingga dapat dikerjakan lebih cepat.



Gambar 6. Pola spektral antara terumbu karang dan padang lamun.
Figure 6. Spectral pattern between coral reef and seagrass.



Gambar 7. Hasil koreksi atenuasi kolom air (DII).
Figure 7. Result of water column correction.



Gambar 8. Distribusi pengambilan sampel di lapangan (titik merah) untuk klasifikasi ML yang terlalu dekat.

Figure 8. Field sampling distribution (red dots) for too close ML classification.

Pemilihan ROI yang tepat pada setiap perwakilan kelas juga memengaruhi besar nilai *producer* dan *user accuracy* peta. Akurasi kelas yang bernilai nol (HC dan MIX-SG/AL) disebabkan oleh akurasi sampel jatuh pada kelas peta yang berbeda. Hal tersebut dapat disebabkan oleh metode klasifikasi yang digunakan belum dapat mengakomodasi citra dalam mengelaskan objek berdasarkan kelas-kelas yang dibangun dari temuan di lapangan dan juga jumlah sampel yang terlalu sedikit (MIX-SG/AL: 2 akurasi sampel).

Nilai keseluruhan akurasi peta tidak dapat digunakan secara langsung sebagai patokan penilaian kualitas peta. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya diketahui bahwa jumlah kelas tidak berhubungan langsung dengan nilai akurasi (Hafizt 2015). Suyarso et al. (2011) menghasilkan peta habitat bentik berakurasi 76% dengan 4 kelas, sedangkan Marlina (2004) menghasilkan akurasi peta sebesar 84% dengan 5 kelas habitat terumbu karang, sementara Phin et al. (2012) menghasilkan akurasi 57% dengan jumlah kelas klasifikasi yang cukup tinggi, yaitu 20 kelas. Oleh sebab itu, penilaian kualitas peta yang menggunakan dua pendekatan tersebut perlu dikaji lebih mendalam melalui nilai akurasi user dan produser pada setiap kelas objek.

Persentase tutupan karang sehat di Kepulauan Padaido pada tahun 2010 diketahui mengalami penurunan hingga 20%, sementara persentase tutupan karang mati beralga dan karang mati berupa patahan karang (*rubble*) mengalami peningkatan hingga masing-masing 44,15% dan 14,40% (Suyarso dan Manuputty

2010). Walaupun data tersebut tergolong lama dan hanya berupa diagram hasil pengamatan menggunakan metode *line intercept transect* (LIT), tetapi hasil klasifikasi berbasis pixel melalui metode ML (Gambar 4, Peta 1) dalam citra 2015 menunjukkan ada pola kesamaan dominasi tutupan habitat bentik, yaitu kelas peta didominasi oleh tutupan karang mati campuran alga (MIX-DC/A), sedangkan hasil klasifikasi berbasis objek didominasi oleh tutupan pasir (SD) dan pasir campuran alga (MIX-SD/AL). Data hasil monitoring tersebut hanya menginformasikan kondisi tutupan terumbu karang secara statistik yang sesuai dengan hasil pemetaan melalui citra satelit. Oleh sebab itu, peta habitat bentik yang dihasilkan dapat digunakan sebagai gambaran umum mengenai distribusi spasial masing masing tutupan. Luas masing-masing kelas tutupan juga dapat dihitung untuk mengetahui kondisi tutupan terumbu karang secara keseluruhan di Kepulauan Padaido.

Informasi mengenai nilai *producer* dan *user accuracy* dapat digunakan untuk menentukan kualitas peta hasil klasifikasi (Danoedoro 2012). Bagi pembuat peta, nilai *producer accuracy* sangat ditekankan karena berkaitan dengan keakuratan variasi objek di lapangan yang dapat dipetakan. Sebaliknya, bagi pengguna peta nilai *user accuracy* lebih diperhatikan karena berkaitan dengan tingkat kebenaran setiap objek yang dilihat dalam peta yang mewakili keberadaannya di lapangan.

Pengguna peta adalah pemangku kepentingan yang menggunakan data spasial

sebagai dasar pengambilan kebijakan, penyusunan perencanaan, dan pengelolaan habitat bentik di kawasan pesisir. Informasi spasial tutupan habitat bentik yang dipetakan melalui citra Landsat-8 di sebagian Kepulauan Padaido, walaupun tingkat keakuratannya masih rendah, namun sedikitnya dapat memberikan gambaran kasar tentang habitat dasar di lokasi tersebut. Perbaikan metode perlu ditingkatkan untuk mencapai akurasi yang tinggi (hingga 80%). Jika akurasi tinggi tercapai dengan menggunakan Landsat-8, maka teknik yang dibahas dalam kajian ini dapat menjawab kebutuhan informasi spasial habitat bentik untuk seluruh wilayah perairan dangkal Indonesia dengan memanfaatkan citra satelit Landsat-8 yang merekam data secara berkala, sehingga dinamika perubahan kondisi dan luas habitat bentik dapat dipantau selama data tersedia.

Kesimpulan

Citra Landsat-8 dapat digunakan untuk memetakan habitat bentik di sebagian Kepulauan Padaido dengan pendekatan klasifikasi berbasis piksel dan berbasis objek. Klasifikasi berbasis spektral yang menggunakan metode *maximum likelihood* dinilai lebih unggul, walaupun memiliki nilai akurasi yang masih tergolong rendah (<60%), karena dapat membedakan kelas objek yang lebih banyak sesuai dengan temuan di lapangan. Peningkatan akurasi dilakukan dengan cara memberikan definisi yang jelas dan konsisten terhadap habitat dasar yang termasuk kelas campuran, memperbesar jarak pengambilan sampel, memperbanyak jumlah pengambilan sampel agar mewakili variasi objek habitat dasar. Kelas habitat yang dibangun dari hasil temuan di lapangan belum dapat mengakomodasi sistem klasifikasi berbasis objek, sehingga diperlukan pengkelasan ulang bersamaan dengan kajian terhadap atribut-atribut yang cocok digunakan untuk sistem pengkelasan baru tersebut.

Persantunan

Sumber data pada kajian ini berasal dari program COREMAP-P2O LIPI di perairan Pulau Biak dan Kepulauan Padaido. Penulis menyampaikan rasa terima kasih atas izin penggunaan data tersebut, serta kepada para mahasiswa yang magang di P2O LIPI: Wulan Dwianasari, Faza Adhimah, dan Rini Fathoni

Lestari yang telah banyak membantu mengerjakan teknis penelitian.

Daftar Pustaka

- Anggoro, A., V. P. Siregar, dan S. B. Agus. 2016. ScienceDirect The 2nd International Symposium on LAPAN-IPB Satellite for Food Security and Environmental. The effect of sunglint on benthic habitats mapping in Pari Island using worldview-2 imagery. *Procedia Environmental Sciences* 33:487–495.
- BIG. 2014. Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal. Jakarta.
- Dahuri, R., J. Rais, S. Putra, dan M. Sitepu. 1996. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Danoedoro, P. 2012. Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Andi Offset, Yogyakarta.
- Giyanto, A. Manuputty, M. Abrar, R. Siringoringo, S. Suharti, K. Wibowo, I. Edrus, U. Arbi, H. Cappenberg, H. Sihaloho, Y. Tuti, dan D. Zulfanita. 2014. Panduan Monitoring Kesehatan Terumbu Karang. Page Suharsono and O. Sumadhiharga, editors. COREMAP CTI LIPI, Jakarta.
- Goodman, J., S. Purkis, dan S. Phinn. 2013. Coral Reef Remote Sensing: A Guide for Mapping, Monitoring and Management. Springer, London.
- Green, E., P. Mumby, A. Edwards, dan C. Clark. 2000. Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management. A. J. Edwards, editor. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.
- Hafizt, M. 2015. Inventarisasi Habitat Benthik Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh Untuk Mendukung Program Pengelolaan Pesisir Terpadu di Pulau Kemujan Kepulauan Karimunjawa. Faculty of Geography, Yogyakarta.
- Hafizt, M., dan P. Danoedoro. 2015. Kajian Pengaruh Koreksi Kolom Air pada Citra Multispektral Worldview-2 untuk Pemetaan Habitat Benthik di Pulau Kemujan Kepulauan Karimunjawa Kabupaten Jepara. *Dalam* C. Ita, M. Setyardi P, S. Ahmad, Y. Dipo, dan Y. Fajar, editors. Kongres VI MAPIN 2015. MAPIN JABODETABEK, BOGOR.
- Irons, J. R. 2016. NASA: Landsat 8 Overview. http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=7195.
- Jensen, J. 2007. Remote Sensing of The

- Environment: an Earth Resource Perspective, 2nd edition. Pearson Prentice Hall, United States of America.
- Kay, S., J. D. Hedley, dan S. Lavender. 2009. Sun Glint Correction of High and Low Spatial Resolution Images of Aquatic Scenes: a Review of Methods for Visible and Near-Infrared Wavelengths. *Remote Sensing* 1(4):697–730.
- Leon, J., S. Phinn, C. Woodroffe, S. Hamylton, C. Roelfsema, dan M. Saunders. 2012. Data Fusion for Mapping Coral Reef Geomorphic Zones: Possibilities and Limitations. Page 261 *GEOBIA*, 4th edition. Rio de Janeiro.
- Lyzenga, D. R. 1981. Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data.pdf.
- Mumby, P. 1999. Classification Scheme for Marine Habitats of Belize, 5th edition. UNDP/GEF Belize Coastal Zone Management Project, UK.
- NOAA. 2005. Shallow-Water Benthic Habitats of American Samoa, Guam, and the Commonwealth of the Northern Mariana Islands. NOAA.
- Phinn, S., C. Roelfsema, dan P. Mumby. 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.
- Prayudha, B. 2014. Pemetaan Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal. Page Suyarso, editor. COREMAP CTI LIPI, Jakarta.
- Richards, J., dan X. Jia. 2006. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer, Berlin. <http://site.ebrary.com/id/10228695>.
- Roelfsema, C., dan S. Phinn. 2009. *A Manual for Conducting Georeferenced Photo Transects Surveys to Assess the Benthos of Coral Reef and Seagrass Habitats*, 3rd edition. Centre for Remote Sensing & Spatial Information Science School of Geography, Planning & Environmental Management University of Queensland, Brisbane.
- Suyarso, dan A. Manuputty. 2010. *Monitoring Terumbu Karang Biak*. COREMAP II, Jakarta.
- Suyarso, Y. I. Ulumuddin, dan B. Prayuda. 2011. Mapping of Coral Reef Ecosystem in the Natuna 15(1):24–33.
- USGS. 2015. *LANDSAT 8 (L8) DATA USERS HANDBOOK*. Page J. 2015, editor. Department of the Interior U.S. Geological Survey.
- Wicaksono, P., M. Hafizt, dan R. Ardiyanto. 2013. Initial Results of Remote Sensing-Based Benthic Habitat Classification Scheme Development of Karimunjawa Islands. Page 233 *Symposium Nasional Sains Geoinformasi III*. Yogyakarta.