

**PEMETAAN SUBSTRAT DASAR PERAIRAN DANGKAL
KARANG CONGKAK DAN LEBAR KEPULAUAN SERIBU
MENGUNAKAN CITRA SATELIT QUICK BIRD**

***THE BOTTOM SUBSTRATE SHALLOW WATER MAPPING USING THE QUICK
BIRD SATELLITE IMAGERY***

Vincentius Siregar¹

¹ Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB
Email: vincents@biotrop.org

ABSTRACT

The objective of this study was to explore the capability of high resolution satellite data of QuicBird to map the characteristics of the bottom shallow water (habitat) using the transformation method of two bands (blue and green) by implementing "depth invariant index" algorithm i.e., $Y = \ln \text{Band 1} - (ki/kj) \ln \text{Band 2}$. The result provide more detail information on the characteristic of the bottom shallow water comparing to the used of original band (RGB). The classification of the transformed image showed 6 classes of bottom substrats i.e., Live coral, Death, Coral, Sand mix coral, Sand mix algae, and Macro algae with Sand. The accuracy test of the map derived from the classification was about 79%.

Keywords: *bottom shallow water, Quick Bird image, depth invariant index, classification*

ABSTRAK

Pengkajian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan citra satelit resolusi tinggi QuickBird untuk pemetaan karakteristik dasar perairan dangkal dengan melakukan transformasi kanal biru dan hijau menggunakan algoritma "depth invariant index", $Y = \ln \text{Kanal 1} - (ki/kj) \ln \text{Kanal 2}$. Citra hasil transformasi ini memberikan informasi yang lebih detail mengenai karakteristik dasar perairan dangkal dibandingkan dengan citra asli sebelum dilakukan transformasi. Klasifikasi terhadap citra hasil transformasi menggunakan skema klasifikasi habitat dasar perairan, yaitu Karang hidup, Karang mati, Pasir bercampur karang, pasir bercampur lamun serta lamun/alga bercampur pasir. Uji akurasi terhadap peta hasil klasifikasi tersebut memberikan hasil yang cukup baik, yaitu sebesar 79%.

Kata Kunci: dasar perairan dangkal, citra satelit QuickBird, *depth invariant index*, klasifikasi

I. PENDAHULUAN

Pendeteksian karakteristik atau habitat dasar perairan dangkal memerlukan metode atau teknik yang terus menerus harus dikaji, hal ini disebabkan semakin pentingnya data dan informasi yang akurat dari wilayah tersebut dalam berbagai skala spasial dan

temporal. Dengan metode konvensional, pendeteksian atau pemetaan dasar perairan dangkal ini memerlukan waktu yang lama dan biaya yang relatif mahal mengingat wilayah tersebut pada umumnya berada pada *remote area* dan akses yang sulit. Oleh karena itu, pemanfaatan citra satelit penginderaan jauh (inderaja) sebagai alternatif

merupakan cara yang paling ideal untuk menjawab kebutuhan tersebut (Green *et al.*, 2000). Saat ini telah banyak sensor satelit indera yang memiliki kemampuan yang baik untuk mendeteksi berbagai fitur-fitur di ekosistem perairan dangkal seperti komunitas bentik karang (Hochberg and Atkinson, 2000., Nurlidiasari, 2004), penutupan karang hidup (Isoun *et al.*, 2003, Purkis *et al.*, 2002), bahkan spesies hewan bentik dan kesehatan karang (Evanthia *et al.*, 1999).

Mumby *et al.* (1997), telah meneliti kemampuan Satelit seperti Landsat MSS, TM, SPOTXS dan Pan serta kombinasi Landsat TM dengan SPOT Pan untuk memetakan terumbu karang di Caribbean dengan menggunakan klasifikasi hirarki dan mendefinisikan habitat sebagai kumpulan dari organism bentik dan substrat. Disamping itu, mereka juga telah memetakan habitat menggunakan citra resolusi tinggi dari sensor pesawat terbang (CASI). Pada areal lebih dari 60 Km dengan tingkat akurasi rendah, Landsat TM memberi hasil dengan akurasi yang lebih baik. Sementara itu, untuk pemetaan dengan tingkat detail sedang, foto udara menunjukkan akurasi yang sama dengan Landsat TM, SPOT

XS, SPOT Pan dan gabungan Landsat TM dan SPOT Pan dan citra dari sensor Landsat MSS menghasilkan peta habitat yang kurang akurat. Peta dari hasil CASI secara signifikan lebih akurat dibandingkan dari sensor satelit dan foto udara. Peta dari citra satelit yang berisi informasi habitat secara detail (> 9 kelas) mempunyai akurasi 37%, sedangkan menggunakan foto udara (pesawat) dan CASI akurasinya berturut-turut mencapai 67% dan 81%. Penggunaan foto udara memberikan hasil yang kurang *cost effective*, sementara citra satelit lebih murah untuk pemetaan habitat yang kurang detail, dan untuk tingkat detail dapat digunakan citra dari CASI. Hasil-hasil diatas dapat dijadikan acuan bagi pengguna dalam menggunakan citra satelit untuk tujuan survei dan pemetaan perairan dangkal. Rangkuman dari kajian diatas dapat dilihat pada tabel 1.

Disamping kemampuan tersebut, kajian habitat dasar perairan dangkal, terutama di ekosistem terumbu karang merupakan tantangan yang berat terkait dengan resolusi sensor satelit indera karena keragaman objek dan luasannya yang kecil, bahkan pada skala yang lebih kecil daripada resolusi sensor satelit.

Tabel 1. Spesifikasi dasar dari beberapa citra satelit (Biaya berdasarkan harga 1996).

<i>Spesifikasi</i>	<i>Landsat MSS</i>	<i>Landsat TM</i>	<i>SPOT XS</i>	<i>SPOT Pan</i>	<i>CASI (airborne)</i>	<i>Aerial Photography</i>
Spatial Resolution (m)	80	30	20	10	10±0.5	Variable→0.2
Jumlah kanal yang tersedia utk pemetaan karang	2	3	2	1	8±21	1 analogue
Luas liputan (km)	185 x 172	185 x 185	60 x 60	60 x 60	variasi	Variasi
Biaya/image (£)	160	2,838	1,700	2,205	81,000	160,000
Biaya per km ² /image £	0.005	0.08	0.47	0.61	540	1070

Sumber: Mumby *et al.* (1997)

Menurut Green *et al.* (2000) bahwa kajian pemetaan habitat pesisir menggunakan data satelit indera dapat dikelompokkan dalam skema klasifikasi berikut:

- (1) kajian berdasarkan habitat;
- (2) kajian yang difokuskan pada tipe habitat tertentu untuk keperluan tertentu pula;
- (3) kajian yang secara mendasar dikaitkan pada pemetaan geomorfologi;
- (4) Kajian ekologi yang menjabarkan habitat sebagai kuantifikasi sekelompok biota tertentu sebagai fitur mendasar, dan
- (5) kajian yang menggabungkan lebih dari satu tipe informasi (misalnya geomorfologi dikaitkan dengan kumpulan biota).

Sehubungan dengan hal diatas, kemajuan-kemajuan yang dicapai dalam sensor satelit indera, terutama dengan diluncurkannya satelit yang mempunyai resolusi spasial tinggi seperti Ikonos di tahun 1999 dan Quickbird di tahun 2001, memungkinkan pendeteksian fitur-fitur habitat di perairan dangkal pada luasan kurang dari 1 m atau beberapa meter saja. Oleh karena itu pemanfaatan citra satelit beresolusi tinggi semakin memperbesar kemungkinan pendeteksian fitur-fitur lingkungan yang terkait erat dengan kelimpahan dan keanekaragaman terumbu karang melalui orbit satelit di luar angkasa dengan lebih akurat (Mellin *et al.*, 2009). Purkis *et al.* (2008) telah menggunakan citra satelit Ikonos untuk menduga keanekaragaman dan

kelimpahan ikan karang di Kepulauan Chagos.

Beberapa sensor satelit penginderaan jauh resolusi tinggi memiliki kemampuan mendeteksi perairan dangkal yang berbeda-beda sesuai dengan resolusi spasialnya, seperti Satelit Ikonos dengan resolusi 4 m (multi-spectral) dan 1 m (pankromatik) dan QuickBird dengan resolusi 0,65 m(pankromatik) dan 2,44 m(multi-spectral). Satelit Quickbird-2 yang diluncurkan pada tanggal 18 October 2001 berada pada ketinggian 450 Km dengan periode edar 93,5 menit dan orbit polar sun-synchronous. Satelit yang memiliki cakupan sebesar 16,5 km ini melewati lintasan (daerah) yang sama setiap 1-5 hari tergantung posisi lintang. Karakteristik panjang gelombang yang dimiliki oleh sensor Quickbird-2 diuraikan dalam Tabel 2.

Tulisan ini bermaksud mengkaji kemampuan citra satelit QuickBird untuk memetakan karakteristik dasar perairan dangkal dengan menggunakan skema klasifikasi habitat di Karang Congkak dan Lebar. Pemetaan perairan dangkal dengan citra satelit seperti Landsat, Spot, formosat dan Alos telah banyak dilakukan (Purkis *et al.*, 2002; Siregar *et al.*, 2005) namun dengan citra satelit yang mempunyai resolusi tinggi seperti QuickBird masih sedikit, misalnya Nurlidiasari (2004) menggunakan citra QuickBird untuk memetakan habitat karang di Derawan Kalimantan timur, namun khususnya untuk pemetaan dasar perairan dangkal di Kepulauan Seribu belum pernah dilakukan.

Tabel 2 . Karakteristik panjang gelombang sensor satelit Quickbird

Kanal	Spektrum	Panjang gelombang (nm)	Resolusi spasial (m)
1	Violet-Biru	450-520	2,44
2	Hijau	520-600	2,44
3	Merah	630-690	2,44
4	Near IR	780-900	2,44
5	Pankromatik	450-900	0,65

II. BAHAN DAN METODE

2.1. Lokasi dan Data Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Karang Congkak dan Karang Lebar di Kepulauan Seribu (Gambar 1). Karang Congkak dan Karang Lebar merupakan kompleks terumbu karang dengan areal yang paling luas diantara perairan Karang-karang lainnya yang ada di Kepulauan Seribu.

Data yang digunakan adalah data satelit QuickBird multi kanal dengan resolusi spasial 2,44 m dan tanggal akuisisi 28 September 2008. Kondisi dasar perairan dangkal pada saat akuisisi citra dan survei lapang tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata.

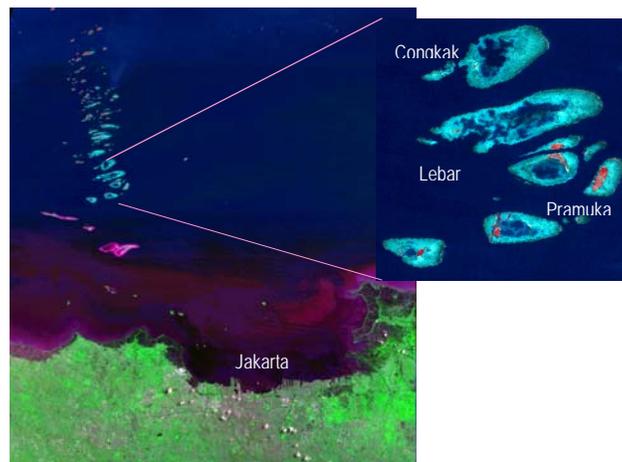
Tahapan pengolahan data penginderaan jauh untuk menghasilkan peta karakteristik dasar perairan (habitat) dilakukan menurut standar yang ada, yaitu dimulai dengan koreksi radiometrik/kolom air, koreksi geometrik, registrasi terhadap peta, penajaman atau transformasi citra dan klasifikasi citra. Selanjutnya dilakukan interpretasi terhadap citra hasil klasifikasi

dengan menggunakan data pengamatan di lapangan.

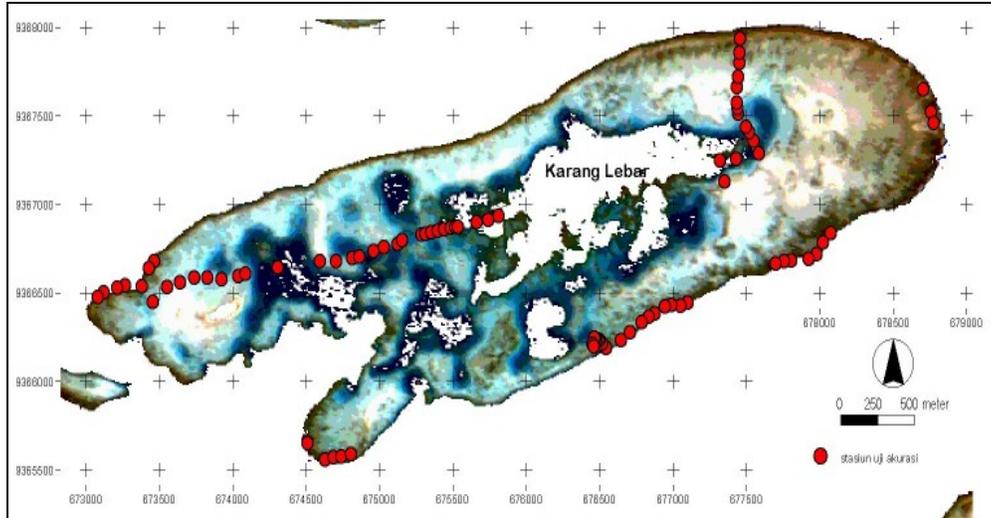
2.2. Survei Lapang (*Ground Truth*) dengan GPS

Survei lapangan dilaksanakan dari tanggal 13-17 Mei 2008 dan 22-26 Juli 2008. Pengamatan objek pada saat survei dilakukan menggunakan observasi langsung dengan *Scuba* dan *Snorckling*, dan posisi dari titik pengamatan direkam dengan memanfaatkan teknologi GPS (*Global Positioning System*). Tujuan survei adalah untuk mengamati kondisi nyata lapangan dengan cara melakukan pengecekan silang dengan peta hasil klasifikasi dari citra satelit.

Pengambilan posisi titik survei dengan menggunakan GPS diharapkan mampu memberikan keakuratan pengukuran. Lokasi pengamatan dipilih secara sistematis dengan memperhatikan tingkat keragaman objek (Wilson et al.,2007)(fitur dasar perairan) dan dilakukan dengan menarik garis lurus yang melalui objek dan menggunakan transek kuadrat dengan ukuran sesuai dengan spasial resolusi citra (Gambar 2).



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Lokasi Stasiun pengamatan untuk klasifikasi citra (titik merah)

Dalam pelaksanaan survei, beberapa kegiatan yang dilakukan antara lain:

- Ploting/merekam titik-titik yang dianggap penting sebagai acuan untuk menafsirkan kenampakan/objek antara kenyataan di lapangan dengan kenampakan di dalam peta hasil klasifikasi sehingga memudahkan dalam mengidentifikasi dan analisis spasial di lapangan dan di peta, serta untuk koreksi geometrik,
- Membuat dokumentasi, dengan melakukan pemotretan terhadap objek-objek di lapangan, untuk validasi kenampakan objek di peta

Informasi tentang distribusi spasial karakteristik dasar perairan dangkal diekstrak dari citra satelit menggunakan Algoritma “*depth-invariant bottom index*” yang mengeliminir faktor kedalaman (koreksi kolom air). Indeks ini dapat digunakan sebagai indeks karakteristik dasar perairan. Metode ini efektif untuk membangun peta tematik karakteristik dasar perairan (Siregar, 1995 dan 1996) menggunakan persamaan berikut (Green *et al.*, 2000):

$$Y = \text{Ln } B1 - (ki/kj) \text{Ln } B2$$

Y = indeks dasar perairan; B= band yang dipilih; ki/kj= koefisien atenuasi

Klasifikasi terhadap citra hasil transformasi ini menggunakan skema klasifikasi karakteristik dasar perairan atau habitat. Pengolahan citra Quickbird kemudian dilakukan sesuai dengan tahapan berikut:

1. Citra kanal 1 dan 2 dibatasi hanya pada wilayah Karang Congkak dan Lebar
2. Wilayah daratan dan laut dalam di *masking* dengan metode boolean
3. Menghitung koefisien atenuasi air
4. Persamaan “*Depth invariant index*” diimplementasikan dengan input kanal 1 dan 2
5. Terhadap citra baru hasil transformasi kemudian dilakukan *density slicing* untuk menghasilkan 6 kelas penutupan dasar perairan/habitat
6. Citra hasil ini kemudian direktifikasi ke sistem UTM agar memiliki sistem yang sama dengan posisi GPS dan pengamatan lapangan
7. Uji akurasi (overall, produser dan user)

2.3. Akurasi Klasifikasi

Proses uji akurasi untuk peta hasil klasifikasi habitat dasar perairan dari citra Quickbird dari lokasi studi dilakukan dengan menggunakan sejumlah peralatan sebagai berikut:

1. Citra satelit Quickbird kanal 1 dan 2
2. GPS navigasi
3. Kamera digital

Perangkat lunak pengolah citra dan sistem informasi geografis

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk meningkatkan visualisasi penampakan substrat dasar atau penutupan dasar perairan secara maksimal, diterapkan metode penajaman *multiimage* yang mengkombinasikan *band 1* dan *band 2* berdasarkan “*standard exponential attenuation model*” menggunakan “*depth invariant index*”. Setelah mengekstrak nilai digital *band 1* dan *band 2* dari citra asli dengan melakukan pemilihan *training area* pada citra maka diperoleh nilai koefisien attenuasi perairan (K_i/K_j), yaitu sebesar 0.593. Dengan demikian, persamaan algoritma yang digunakan untuk mengekstrak karakteristik/substrat dasar perairan menjadi $Y = \ln(\text{band1}) - 0.593 * \ln(\text{band2})$.

Sesuai dengan sebaran nilai digital hasil iterasi pada layar komputer maka terlihat beberapa komponen dominan pada citra hasil algoritma. Pola distribusi

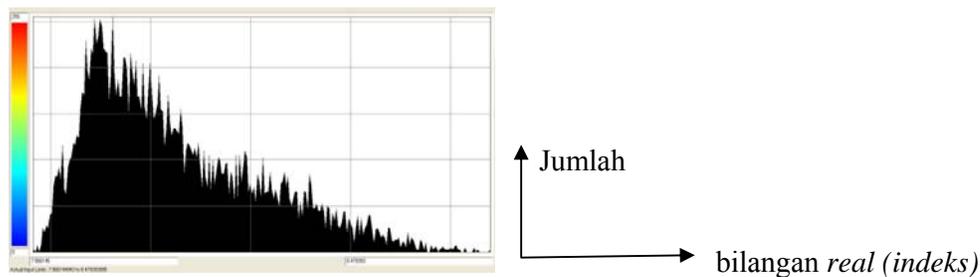
rentangan indeks dari citra hasil transformasi algoritma menunjukkan banyaknya kelas yang ada sebagai karakteristik/habitat dasar perairan atau penutupan dasar perairan. Pada citra hasil transformasi tersebut dapat dibedakan dengan jelas objek pasir, lamun (*seagrass*), karang hidup, dan karang mati.

3.1 Klasifikasi Habitat Dasar Perairan

Tahap selanjutnya, dilakukan pemotongan selang index dengan metode *density slicing*, dan dari hasil transformasi tersebut diperoleh nilai histogram antara 7.566145 - 8.479393 kemudian berdasarkan data lapang diperoleh kelas-kelas sebagai berikut.

1. Laut dangkal : ≤ 7.57743
2. Karang hidup: $7.57743 - \leq 7.63989$
3. Campuran :
Pasir campur dengan karang: $7.63989 - \leq 7.71837$
Pasir bercampur lamun : $7.71837 - \leq 7.80784$
4. Lamun: $7.80784 - \leq 7.88379$
5. Pasir : $7.88379 - \leq 8.19775$
6. Karang mati : > 8.19775

Pada pengolahan menggunakan perangkat lunak dengan *pallette* warna *RGB*, objek pasir diberi warna putih, terumbu karang dan lamun diberi warna cyan, dan karang mati serta darat berwarna warna merah. Pada peta

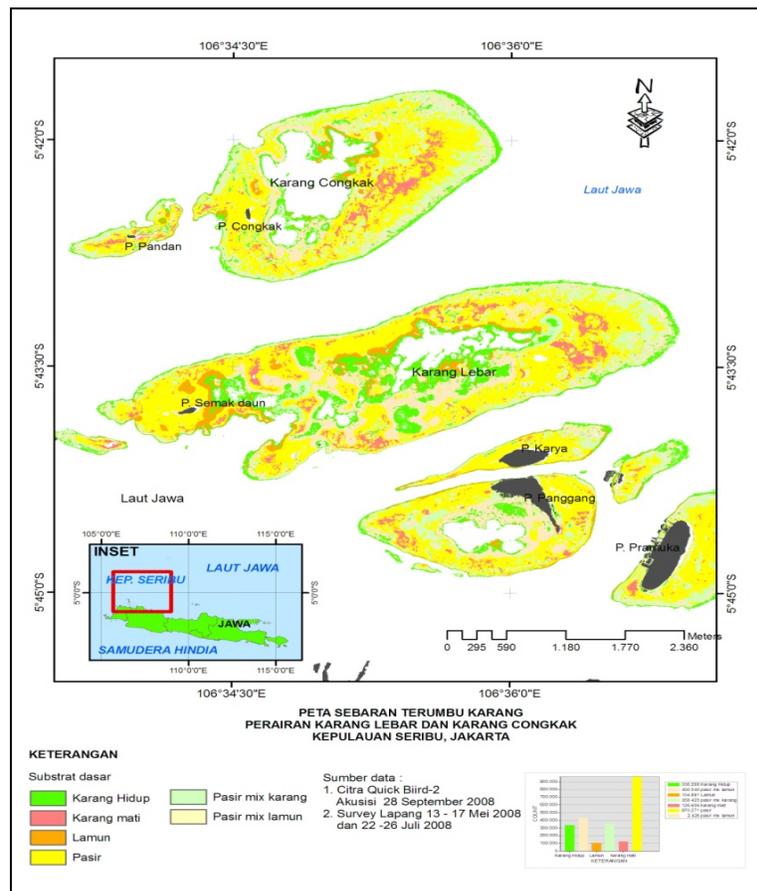


Gambar 3. Histogram hasil transformasi algoritma “depth invariant index”

klasifikasi substrat dasar (Gambar 4) terlihat habitat dasar perairan dangkal terdistribusi di perairan karang Lebar dan Karang congkak. Habitat pasir yang ditunjukkan oleh warna kuning hampir mendominasi seluruh wilayah kajian. Pasir bercampur lamun terlihat sebagai warna coklat muda, dan warna hijau merupakan karang hidup. Bentuk morfologi perairan yang berbentuk seperti kolam (goba), membuat sebaran karang hidup banyak dijumpai berada didalam goba dan luar gosong (*pac*

reef). Sebaran pasir dan tutupan lamun juga banyak ditemukan didalam goba. Luasan masing-masing substrat dasar dapat dilihat pada Tabel 3.

Karang hidup memiliki luasan yang lebih besar dari karang mati dan substrat ini merupakan habitat yang cocok untuk ikan karang. Secara umum diketahui bahwa habitat karang merupakan tempat ikan berkembang biak, mencari makan, dan merawat anaknya (*spawning, feeding, and nursery ground*).



Gambar 4. Peta tematik habitat dasar perairan dangkal di Karang Congkak dan Lebar

Tabel 3. Luasan habitat dasar perairan karang Lebar dan Karang Congkak berdasarkan citra QuickBird (resolusi spasial =2,4 m)

Habitat dasar	Jumlah pixel	m ²
Karang hidup	336288	1 937 018,88
Karang mati	126606	729 250,56
Pasir bercampur karang	358425	2 064 528,00
Pasir bercampur lamun	430540	24 779 910,40
Lamun / makro alga	104891	604 172,16
Pasir	970271	5 588 760,96

3.2. Akurasi Peta Tematik

Pengamatan objek dilapangan dilakukan secara ‘*rapid mobile*’ dengan mengacu prinsip ”penutupan lahan dominan” untuk membuat klasifikasi daerah pengamatan (dasar perairan). Pengambilan data lapangan dilakukan dengan cara kombinasi pandangan mata dan penggunaan kamera digital dari permukaan air (dari atas perahu yang bergerak). Pengumpulan data di Karang Lebar digunakan sebagai sebagai lokasi untuk uji akurasi. Pengumpulan data lapang dilakukan pada lokasi survei yang sama namun pada waktu yang berbeda. Sejumlah 81 titik sampel secara acak diambil di daerah Karang Lebar. Untuk keperluan simplifikasi, deskripsi jenis penutupan lahan atau karakteristik dasar perairan dangkal yang ada disajikan pada Tabel 4.

Menurut Campbell (1987), uji akurasi dapat dilakukan dengan membandingkan dua peta, satu peta bersumber dari hasil penginderaan jauh (peta yang akan diuji) dan satunya lagi adalah peta (reference) yang berasal dari sumber lainnya atau pengamatan lapangan. Peta kedua dijadikan sebagai peta acuan, dan diasumsikan memiliki informasi yang benar. Dalam kajian ini yang menjadi acuan adalah hasil pengamatan dilapangan mengingat belum ada peta habitat dasar perairan dangkal di lokasi studi. Kajian akurasi mengacu pada metode Congalton and Green (1999). Kajian akurasi peta habitat dilakukan dengan menggunakan dua pengukuran, yaitu hasil survei dan klasifikasi citra yang disusun dalam sebuah matrik dua dimensi (confusion matrix). Hasil penghitungan akurasi dapat dilihat dari Overall accuracy (OA), Producer Accuracy (PA) dan User accuracy (UA).

Tabel 4. Deskripsi jenis penutupan dasar hasil pengamatan lapangan

No.	Jenis penutupan	Deskripsi
1	Karang Hidup	Dominan karang hidup
2	Karang mati	Dominan karang mati
3	Lamun	Dominan lamun
4	Pasir	Dominan pasir
5	Pasir bercampur karang	Campuran pasir dan karang
6	Pasir bercampur lamun	Hamparan pasir ditumbuhi lamun

Hasil uji akurasi dengan “matrix confusion” disajikan pada tabel 5 dengan nilai *overall accuracy* (OA) yang diperoleh adalah 79%. Selain memberi gambaran tentang akurasi pemetaan berdasarkan tematiknya (klasifikasinya) secara keseluruhan, perlu juga diketahui akurasi dari individual kelas (objek) yang dihasilkan, yaitu individu kelas yang dihasilkan dari hasil klasifikasi tematik citra (PA) dan dari pengamatan dilapang sebagai *reference* (UA) (Tabel 6).

Tabel 6 yang merupakan turunan tabel 5 memperlihatkan perhitungan akurasi untuk PA dan UA. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa semua jenis

karakteristik/habitat dasar perairan dapat dipetakan dengan baik, kecuali untuk kelas habitat lamun (0,3) dan pasir bercampur lamun (0,5) dari sisi PA. Hal ini mungkin disebabkan adanya kesalahan dalam mengidentifikasi objek berdasarkan definisi yang digunakan. Dari tabel tersebut terlihat 5 sampel di keluarkan dari kelas lamun (*omission*) dan dimasukkan ke kelas lain (*commision*) yaitu masuk ke kelas pasir dan pasir campur karang, dan juga 6 sampel dikeluarkan dari kelas pasir bercampur lamun untuk masuk dalam kelas lainnya.

Tabel 5. Matriks uji akurasi

Citra/Lapangan	Karang	karang	Lamun	pasir	pasir	Pasir	total
Karang Hidup	17	0	0	0	1	3	21
karang mati	0	1	0	0	0	0	1
Lamun	0	0	2	0	0	0	2
Pasir	2	0	2	24	0	1	29
pasir bercampur	0	0	3	0	13	2	18
pasir bercampur	0	0	0	1	2	7	10
Total kolom	19	1	7	25	16	13	

$$\text{Overall akurasi} = 64 (17+1+2+24+13+7)/81 (\text{jumlah sampel}) = 79\%$$

Tabel 6. Akurasi untuk sisi producer (lapangan-reference) dan user (citra/peta)

<i>producer accuracy</i>			<i>user accuracy</i>		
Lapangan(reference)	akurasi		Citra/Peta	akurasi	
1	17/19 =	0.9	1	17/21 =	0.8
2	1/1 =	1.0	2	1/1 =	1.0
3	2/7 =	0.3	3	2/2 =	1.0
4	24/25 =	1.0	4	24/29 =	0.8
5	13/16 =	0.8	5	13/18 =	0.7
6	7/13 =	0.5	6	7/10 =	0.7

Faktor lain yang mungkin dapat mempengaruhi tingkat akurasi ini adalah terjadinya selisih posisi antara citra dan GPS, yang menyebabkan terjadinya *deplacement* lokasi objek yang diamati. Dalam proses transformasi sistem koordinat citra ke sistem koordinat GPS diperoleh *root mean square error* (RMS) untuk posisi adalah 0,57 meter yang dalam hal ini hampir satu pixel citra Quickbird. Menurut Townshed *et al.* (1992), akurasi dari penyatuan sistem koordinat biasa dinyatakan dengan RMS error dari sejumlah titik kontrol. Nilai 0.5 hingga 1.0 piksel biasanya dianggap cukup memuaskan dan secara visual kesalahan posisi apabila kedua citra (peta) di tumpang susun masih berada dalam batas-batas toleransi.

Hasil uji akurasi ini menunjukkan bahwa pemetaan dasar perairan dangkal menggunakan citra satelit QuickBird menggunakan skema klasifikasi berdasarkan habitat dapat digunakan dengan hasil cukup baik.

Berdasarkan hasil penelitian Mumby *et al.* (1997), tentang kemampuan Satelit seperti Landsat MSS, TM, SPOTXS dan Pan, kombinasi Landsat TM dengan SPOT Pan serta pesawat terbang (CASI) untuk memetakan terumbu karang di Caribbean dengan menggunakan klasifikasi hirarki dan mendefinisikan habitat sebagai kumpulan dari organism bentik dan substrat, diperoleh hasil bahwa untuk area lebih dari 60 Km dengan tingkat akurasi rendah, Landsat TM mempunyai akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan lainnya. Sementara itu, untuk pemetaan dengan tingkat detail yang sedang, foto udara menunjukkan akurasi yang sama dengan Landsat TM, SPOT XS, SPOT Pan dan gabungan Landsat TM dan SPOT Pan. Sedangkan sensor Landsat MSS kurang akurat untuk memetakan habitat seperti diatas. Peta

dari hasil CASI secara signifikan lebih akurat dari sensor satelit dan foto udara. Peta dengan informasi habitat detail (> 9 kelas) yang dihasilkan dari citra satelit mempunyai akurasi 37%, sedangkan dari pesawat dan CASI secara berturut-turut mempunyai akurasi 67% dan 81%. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian oleh Mumby *et al.*, 1997 tersebut, maka penggunaan citra satelit QuickBird yang mempunyai resolusi spasial tinggi untuk memetakan habitat dasar perairan dangkal memberikan akurasi (79%) yang hampir sama dengan menggunakan pesawat atau CASI.

IV. KESIMPULAN

Pemetaan tematik yang dihasilkan dari analisis citra satelit QuickBird untuk memetakan ekosistem terumbu karang dengan menggunakan skema klasifikasi karakteristik dasar (habitat) menghasilkan 6 kelas karakteristik/habitat dasar perairan, yaitu karang hidup, karang mati, lamun (makro alga), pasir campur lamun, pasir campur karang, dan pasir. Dari hasil uji akurasi diperoleh keakuratan data hasil klasifikasi sebesar 79 %, sehingga dapat disimpulkan bahwa peta hasil klasifikasi menggunakan skema karakteristik/habitat dasar perairan mempunyai akurasi yang memadai. Akurasi peta yang diturunkan dari citra QuickBird hampir sama dengan peta yang diturunkan dari foto udara dan CASI.

Untuk studi selanjutnya perlu dilakukan pemetaan dasar perairan dangkal menggunakan skema klasifikasi yang lain seperti kondisi karang dan *life form* sehingga bisa didapatkan peta klasifikasi dasar perairan dangkal dari berbagai skema klasifikasi untuk digunakan dalam berbagai kebutuhan dalam pengelolaan wilayah perairan dangkal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan bagian dari hasil penelitian Program Insentif Riset Dasar RD-2008-359 yang dilakukan oleh penulis. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan dana untuk pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada anggota tim penelitian Sam Wouthuyzen, Syamsul B. Agus, M. Banda Selamat dan Anggi Afif M. yang telah membantu penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penyiapan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, J.B. 1987. Introduction to Remote Sensing. The Guilford Press, New York.
- Congalton, R.G. and K. Green. 1999. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. CRC Press, Inc., Florida. 130p.
- Green, E.P., P.J. Mumby, A.J. Edwards, and C.D. Clark. 2000. Remote sensing handbook for tropical coastal management. UNESCO, Paris.
- Hochberg, E.J. and M.J. Atkinson 2000. Spectral discrimination of coral reef benthic communities. *Coral Reefs*, 19:164–171.
- Isoun, E., C. Fletcher, N. Frazer and J. Gradie. 2003. Multi-spectral mapping of reef bathymetry and coral cover: Kailua Bay, Hawaii. *Coral Reefs*, 22:68–82.
- Mellin, C., S. Andréfouët., M. Kulbicki., M. Dalleau, and L. Vigliola. 2009. Remote sensing and fish-habitat relationships in coral reef ecosystems: Review and pathways for systematic multi-scale hierarchical research. *Marine Pollution Bulletin*, 58:11–19.
- Mumby, P. J., E. P. Green, A. J. Edwards, and C. D. Clark. 1997. Coral reef habitat mapping: how much detail can remote sensing provide? *Marine Biology*, 130: 193-202.
- Nurlidiasari, M. 2004. The application of QuickBird and Multy-temporal Landsat TM data for coral reef habitat mapping. Case study: Derawan Island, East Kalimantan, Indonesia. 92 hal.
- Purkis, S.J., J.A.M. Kenter, E.K. Oikonomou, and I.S. Robinson. 2002. High-resolution ground verification, cluster analysis and optical model of reef substrate coverage on Landsat TM imagery (Red Sea, Egypt). *Int. J. Remote Sensing*, 23(8):1677-1698.
- Purkis, S.J., N.A.J. Graham, and B.M. Riegl. 2008. Predictability of reef fish diversity and abundance using remote sensing data in Diego Garcia (Chagos Archipelago). *Coral Reefs*, 27:167–178.
- Siregar, V. 1995. Pemetaan Terumbu Karang Dengan Menggunakan Kombinasi Citra Satelit SPOT-1 Kanal XS1 dan XS2 .Aplikasi Pada Karang Congkak dan Karang Lebar di Kepulauan Seribu, Jakarta Utara. Buletin PSP- Fakultas Perikanan IPB.
- Siregar, V. 1996. Pengembangan Algoritma Pemetaan Terumbu Karang (perairan dangkal) di Bali dengan menggunakan citra satellite. Konvensi Nasional Pembangunan Benua Maritim Indonesia dalam rangka mengaktualisasikan wawasan nusantara, Makassar 18-19 Desember 1996.

- Siregar, V. J. Purwanto, Setiabudi, dan A Sembiring. 2005. Pemetaan Profil Arsitektur Ekosistem Terumbu karang di P. Kotok Kecil dan P. Opak Kecil, Kepulauan Seribu. *Jurnal Teknologi Perikanan & Kelautan, Maritek*, 5(1):83-96.
- Townshend, J.R.G., C.O. Justice., C. Gurney dan J. McManus. 1992. The Impact of Misregistration on Change Detection. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30(5):1054-1060.
- Wilson, S.K., N.A.J. Graham, and N.V.C. Polunin. 2007. Appraisal of visual assessments of habitat complexity and benthic composition on coral reefs. *Mar Biol.*, 151:1069–1076.