

PEMETAAN PROFIL HABITAT DASAR PERAIRAN DANGKAL BERDASARKAN BENTUK TOPOGRAFI: Studi Kasus Pulau Panggang, Kepulauan Seribu Jakarta

*(Shallow Water Benthic Habitat Mapping Based on Sea Surface Topography:
A Case Study of Panggang Island, Seribu Archipelago, Jakarta)*

Iwan E. Setyawan^{1,2}, Vincentius P. Siregar¹, Gatot H. Pramono² dan Doddy M. Yuwono²

¹Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

²Badan Informasi Geospasial, Cibinong, Indonesia

Jl. Rasamala, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

E-mail : iwanerics_krwn@yahoo.co.id

Diterima (received): 7 Oktober 2014; Direvisi (revised): 12 November 2014; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 26 November 2014

ABSTRAK

Habitat dasar perairan dangkal mempunyai peran besar baik secara ekonomi maupun ekologi. Ketersediaan informasi habitat dasar menjadi sangat penting seiring kesadaran pengelolaan berbasis lingkungan. Citra satelit menjadi salah satu sumber untuk identifikasi dan informasi spasial. Pada umumnya informasi luasan habitat dasar perairan dihitung secara planimetrik. Hal ini menyebabkan kurang akuratnya hasil luasan terutama pada daerah dengan variasi topografi yang besar dan untuk pemetaan skala besar seperti pada pulau kecil. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk memberikan alternatif metode pemetaan dalam perhitungan luas habitat benthik yang lebih akurat dengan mempertimbangkan topografi dasar perairan. Kemampuan citra satelit multispektral menembus kolom air dapat digunakan untuk memberikan informasi habitat dasar dan morfologi dasar perairan. Pendekatan penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan nilai batimetri dan hasil identifikasi habitat sehingga menggambarkan kondisi nyata dan memperoleh luas yang lebih mendekati kenyataan. Penelitian dilakukan di P. Panggang, Kepulauan Seribu Jakarta. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya perbaikan luasan habitat dasar kelas karang 2,85%, karang dan Death Coral Algae (DCA) 1,08%, lamun rapat 0,38%, lamun sedang 0,12%, pasir 0,11%, pasir berlamun dan pasir rubble masing-masing sebesar 0,06%.

Kata Kunci: pemetaan, Citra Worldview-2, habitat dasar, topografi dasar laut

ABSTRACT

Shallow water benthic habitat has a major role both economically and ecologically. The availability of benthic habitat information become very important along with the awareness of management based on environment. Satellite imagery becomes one of the sources for the identification and spatial information. In general, information of habitat benthic area is obtained only planimetric calculated. This leads to less accurate results, especially in the area of the large variations in topography and for detail scale mapping of such small island. The purpose of the study is to provide an alternative method of mapping the benthic habitat area calculation more accurate by considering benthic topography. Penetration of multi spectral bands gives benefits to identify of benthic habitat and sea bottom morphology. The approach of this study by incorporating the results of the identification of habitats and bathymetry extract of Worldview-2 image combined to obtain more accurate results closer to reality. The study site is around Panggang Island, Jakarta. The results showed an improvement on habitat area measurement indicated by the correction of each habitat classes: coral habitat increase 2.85%, coral with Death Coral Algae (DCA) increase 1.08%, dense seagrass increase 0.38%, medium seagrass increase 0.12%, sand increase 0.11%, sand with rubble and sand with coarse seagrass respectively increase by 0.06%.

Keywords: mapping, Worldview-2 Imagery, benthic habitat, sea surface topography

PENDAHULUAN

Perairan laut dangkal merupakan salah satu wilayah yang mempunyai dinamika tinggi dan peranan penting baik secara ekonomi maupun ekologi. Terumbu karang dan lamun sebagai komponen utama penyusun ekosistem tersebut berfungsi sebagai habitat ikan, tempat pariwisata,

pelindung pantai dari hantaman gelombang dan pengadukan material tersuspensi. Dinamika yang tinggi idealnya selalu diikuti dengan pembaharuan informasi sehingga didapatkan gambaran wilayah yang sesuai dengan kenyataan.

Teknologi penginderaan jauh menjadi salah satu sumber informasi dalam pengumpulan data kelautan secara efektif dan efisien. Pemanfaatan

data penginderaan jauh jelas mempunyai keunggulan dalam hal penghematan biaya, waktu, data yang diperoleh secara sinoptik, dan dapat dilakukan pemantauan dari tahun ke tahun.

Perairan laut dangkal dalam istilah oseanografi didefinisikan sebagai wilayah yang terbentang mulai dari batas pantai sampai dengan kedalaman 200 m. Namun dalam lingkup penginderaan jauh, perairan laut dangkal yang dimaksud merujuk pada kemampuan citra satelit dalam menembus kolom perairan. Menurut Nugrahadhi (2010) dalam Guntur, dkk. (2012) menyatakan bahwa pemetaan perairan dangkal (terumbu karang) dilakukan sampai batas kedalaman yang dapat dideteksi oleh sensor satelit. Khusus untuk perairan dangkal yang relatif jernih metode penginderaan jauh optik mampu menembus kedalaman perairan maksimal 25 m dan akan berkurang seiring semakin keruhnya perairan (Green *et al.*, 2000).

Penginderaan jauh sistem pasif untuk penelitian perairan dangkal banyak memanfaatkan gelombang tampak (400-750 nm) yang terbagi pada saluran biru, hijau, dan merah. Kemampuan penetrasi gelombang elektromagnetik di kolom air sangat dipengaruhi karakteristik perairan tersebut. Guntur, dkk. (2012) menambahkan bahwa semakin keruh air laut maka daya tembus kedua spektrum tersebut (band hijau dan biru) akan semakin berkurang.

Citra satelit banyak dimanfaatkan untuk inventarisasi sumber daya alam di perairan dangkal, diantaranya Landsat, Alos, Ikonos, Quickbird, dan Worldview. Siregar (2010) memanfaatkan Quickbird untuk menganalisis habitat perairan dangkal Kepulauan Seribu. Lyzenga *et al.*, (2006) menggunakan band biru dan hijau pada citra multispektral Ikonos untuk mendapatkan nilai batimetri perairan dangkal. Citra satelit Worldview-2 merupakan salah satu citra terbaru dari DigitalGlobe yang memperkenalkan adanya kanal biru pesisir (*coastal blue* 400-450 nm) dan kuning (585-625 nm). Loomis (2009) memanfaatkan Worldview 2 untuk mendapatkan nilai batimetri dengan memanfaatkan rasio kanal kuning-hijau dan kuning-biru. Hasil serupa juga dinyatakan Madden (2011) dalam penelitiannya di Teluk Tampa. Kanal *coastal blue* juga dimanfaatkan untuk memetakan habitat bentik dan memberikan hasil penajaman yang baik (Seoane *et al.*, 2012).

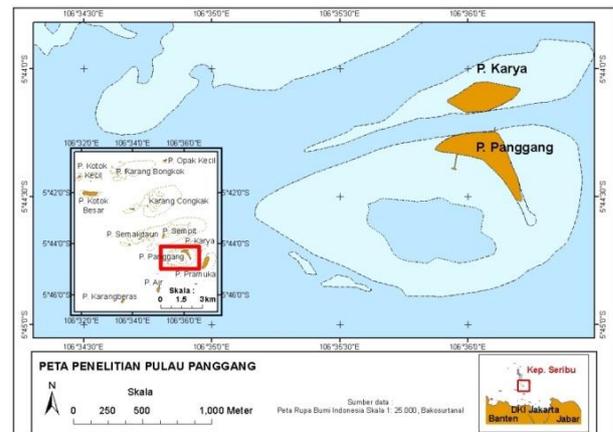
Selama ini hasil identifikasi dan luasan suatu habitat perairan menggunakan citra satelit dihitung dan disajikan secara horizontal (planimetrik). Padahal, tidak semua topografi perairan dangkal berupa rata-rata, banyak yang berbentuk lereng atau bahkan dinding terjal. Perhitungan luasan secara horizontal akan menyebabkan kurang akuratnya perhitungan. Pada penyajian informasi spasial skala kecil untuk manajemen wilayah global kesalahan ini dapat diabaikan, namun untuk penyajian skala besar dan bersifat teknis informasi luasan yang tepat sangat diperlukan, terlebih

banyaknya pulau kecil yang membutuhkan peta skala detail.

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk memberikan alternatif metode pemetaan perhitungan luas habitat bentik secara lebih akurat dengan mempertimbangkan morfologi dasar perairan. Kelerengan dasar perairan dapat dihitung dengan mempertimbangkan faktor batimetri. Hasil identifikasi dan luasan digabungkan dengan nilai batimetri akan memberikan gambaran 3 dimensi. Perhitungan luasan dan gambaran yang mendekati kondisi aslinya diharapkan mampu memberikan perhitungan luas yang lebih akurat.

METODE

Wilayah penelitian berada di perairan Pulau Panggang, Kabupaten Kepulauan Seribu seperti yang tersaji pada **Gambar 1**. Terletak di sebelah utara Teluk Jakarta sekitar 45 km dari P. Jawa. Pengambilan data lapangan dilaksanakan pada tanggal 21 sampai dengan 26 Mei 2013. Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB, Bogor dan dilakukan di Laboratorium Pusat Pemetaan dan Integrasi Tematik, Badan Informasi Geospasial (BIG).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian Perairan Pulau Panggang, Kepulauan Seribu, Jakarta.

Bahan yang digunakan untuk penelitian meliputi: (i) citra satelit multispektral Worldview-2 (WV-2) yang direkam tanggal 19 Oktober 2011 jam 03.39 GMT (10.39 WIB) pada lokasi 106° 35' 8" - 106° 36' 28" BT dan 5° 44' 11" - 5° 44' 55" LS, (ii) Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000 dengan Nomor Lembar Peta (NLP) 1210-131 tahun 2006, (iii) data pasang surut stasiun Pondok Dayung dan Kolinlamil (Tanjung Priuk) Badan Informasi Geospasial (BIG), dan (iv) data lapangan berupa identifikasi objek serta data batimetri.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian terbagi dua yaitu peralatan lapangan dan laboratorium. Peralatan lapangan meliputi: *GPS Map Receiver 62S* untuk mencatat koordinat titik

sampel, *GPS Map Sounder 420S* untuk merekam data batimetri, peralatan *SCUBA* atau *snorkling*, kamera bawah air, transek kuadrat berukuran 2x2 m, dan alat pencatat/tulis. Sedangkan peralatan laboratorium yang dibutuhkan meliputi: komputer, perangkat lunak MS Excel, perangkat lunak pengolahan citra satelit ENVI, perangkat lunak pemetaan ArcGIS dan Golden Surfer.

Pengumpulan Data Lapangan

Pengumpulan data lapangan meliputi pencatatan posisi geografis, identifikasi objek, dan kedalaman. Pengamatan habitat dasar perairan dangkal dilakukan dengan cara *snorkeling* atau menggunakan *SCUBA* yang dibantu transek kuadrat berukuran 2 x 2 m. Ukuran transek kuadrat mengacu pada besar piksel citra satelit multispektral yang digunakan. Informasi yang dicatat meliputi identifikasi objek dan persen penutupan. Koordinat titik sampel diambil tepat di tengah transek kuadrat menggunakan *GPS Map Receiver 62S* dengan ketelitian 2 m.

Data kedalaman lapangan diperoleh dengan melakukan pemeruman menggunakan *GPS Map Sounder 420S* dengan frekuensi 200 kHz. Jarak antar-lajur perum dibuat 100 m dan jarak antar-ping *echosounder* sejauh 1 s.d. 2 m dimana kecepatan kapal yang digunakan antara 2 s.d. 3 knot.

Pengolahan Data Lapangan

Identifikasi habitat dilakukan dengan mencatat persen tutupan yang terdapat pada transek kuadrat ukuran 2 x 2 m yang dianggap mewakili piksel citra satelit. Objek yang teridentifikasi dapat berupa habitat dominan dan habitat campuran. Data habitat dan posisi geografis dari GPS diinput pada program MS Excel dan ditampilkan menjadi data spasial dengan program ArcGIS.

Data kedalaman perairan yang diperoleh dari pemeruman Map Sounder tanggal 24-27 Mei 2013 merupakan data yang belum terkoreksi. Data tersebut dikoreksi terhadap posisi kedalaman *transducer* dan kondisi pasang surut pada waktu survei dengan mengacu pada muka laut rata-rata (*Mean Sea Level/MSL*) yang diperoleh dari perataan data pasang surut bulan Mei 2013.

Pengolahan Citra Satelit

Citra satelit yang digunakan terlebih dahulu dilakukan pra-pemrosesan yang terdiri atas koreksi radiometrik, koreksi *sunglint*, dan koreksi geometrik. Terjadinya *sunglint* dan gelombang perairan merupakan masalah yang umum dijumpai pada citra satelit resolusi tinggi. Fenomena efek *sunglint* terjadi karena adanya pantulan sinar matahari yang mengenai objek (biasanya perairan) searah dengan sudut perekaman sensor satelit. Pada tampilan citra satelit akan tampak seperti pantulan kaca sehingga mengganggu dalam pengolahan dan analisis. Penghilangan efek

sunglint dilakukan dengan menggunakan kanal inframerah dekat mengikuti algoritma yang dikembangkan Hochberg *et al.*, (2003); dan Hedley *et al.*, (2005). Penghilangan gangguan efek *sunglint* sekaligus mampu menghilangkan gangguan gelombang perairan. Algoritma penghilangan efek *sunglint* dikembangkan Hochberg, *et al.*, (2003) yang disempurnakan oleh Hedley, *et al.*, (2005) seperti pada **Persamaan 1**.

$$R'_i = R_i - b_i (R_{nir} - \text{Min}_{nir}) \dots \dots \dots (1)$$

dimana :

- R'_i = Nilai kanal i setelah direduksi
- R_i = Nilai kanal i awal
- b_i = Besarnya kemiringan regresi
- R_{nir} = Nilai kanal NIR
- Min_{nir} = Nilai minimal kanal NIR

Koreksi geometrik citra pada prinsipnya dilakukan untuk memperbaiki kesalahan posisi citra satelit terhadap lokasi sebenarnya di permukaan bumi (Guntur *dkk.*, 2012). Koreksi geometrik citra satelit dilakukan dengan membuat titik kontrol lapangan GCP (*Ground Control Point*) menggunakan GPS dengan ketelitian 2 m. Titik GCP diambil secara menyebar dan dipilih pada daerah yang mudah dikenali pada citra satelit dan lapangan.

Klasifikasi Habitat Perairan Dangkal

Pemisahan darat dan laut dilakukan untuk menghilangkan objek yang bukan wilayah kajian (dalam hal ini daratan) dengan cara dilakukan *masking* pada citra satelit. Selanjutnya dilakukan analisis dengan melakukan komposit citra satelit dengan 8 kanal, disesuaikan dengan objek kajian. Pada komposit tampilan warna asli (*true color*) dilakukan dengan mengkombinasikan kanal merah, hijau, dan biru.

Klasifikasi berdasarkan habitat perairan dangkal dilakukan dengan metode tak terbimbing (*unsupervised*). Selanjutnya dilakukan validasi dengan hasil lapangan dan dilakukan pengkelasan kembali. Hasilnya dilakukan uji akurasi untuk mengetahui seberapa besar tingkat keakuratan klasifikasi.

Pemodelan Batimetri

Model batimetri dalam penelitian ini dibangun berdasarkan nilai piksel citra satelit. Algoritma yang dikembangkan oleh Stumpf, *et al.* (2003) digunakan untuk mengekstrak nilai batimetri dengan melibatkan dua kanal yaitu kanal biru pesisir (*coastal blue*) dan kanal hijau. Kedalaman dasar perairan diturunkan dari rasio kanal citra satelit mengikuti algoritma Stumpf *et al.* (2003) seperti pada **Persamaan 2**.

Data kedalaman dari hasil ekstrak citra satelit dikoreksi terhadap pasang surut sehingga diperoleh nilai kedalaman dari MSL. Kondisi perairan pada saat perekaman tanggal 19 Oktober 2011 jam

03.39 GMT (10.39 WIB) terjadi pasang sebesar 24 cm sehingga nilai kedalaman aktual (Z) dikurangkan dengan besarnya pasang yang terjadi.

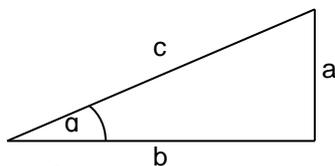
$$Z = m_1 \frac{\ln=(nRw(\lambda_i))}{\ln(nRw(\lambda_j))} - m_0 \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

- Z = Kedalaman aktual
- m₁ = Konstanta rasio skala kedalaman
- m₀ = Konstanta kedalaman 0 m
- n = Konstanta tetap untuk semua area
- Rw = Reflektansi band

Analisis Perhitungan Luas dengan Model

Pengolahan hasil klasifikasi habitat bentik berupa data luasan masih bersifat planimetrik secara 2 dimensi. Perhitungan luasan dengan mempertimbangkan kelerengan dilakukan dengan membentuk model batimetri 3 dimensinya terlebih dahulu menggunakan ArcGIS. Nilai kedalaman aktual dari hasil citra berbentuk raster diubah terlebih dahulu dalam bentuk TIN (*Triangulated Irregular Network*). Format tersebut digunakan untuk membangun model 3 dimensi dan ditumpang susun dengan hasil klasifikasi habitat dasar. Pada akhirnya perhitungan luas secara planimetrik 2 dimensi dan 3 dimensi dapat diperoleh. Simulasi perhitungan pada bidang miring (3D) dari bidang datar (2D) dengan Teori Pythagoras disajikan pada **Gambar 2** dan rumus yang digunakan seperti pada **Persamaan 3**.



Gambar 2. Simulasi perhitungan pada bidang miring (3D) dari bidang datar (2D) dengan Teori Pythagoras.

$$c = b/\cos \alpha \dots\dots\dots (3)$$

$$3D \text{ area} = 2D \text{ area}/\cos^2 \alpha \text{ (lereng dalam derajat)}$$

dimana :

- a = elevasi
- b = bidang datar (planimetrik)
- c = jarak nyata

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Batimetri

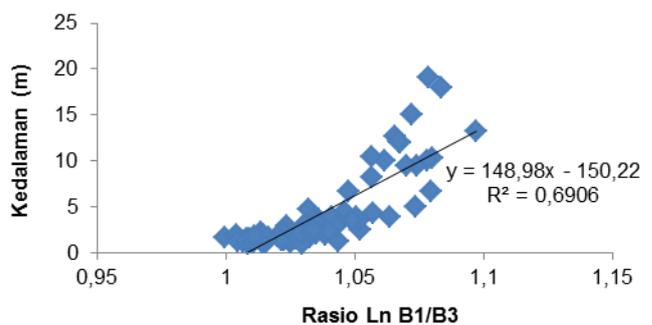
Informasi kedalaman suatu perairan atau batimetri sangat penting untuk menunjang berbagai kegiatan bidang kelautan. Data batimetri biasanya dikumpulkan dari survei lapangan menggunakan perangkat akustik yang berkonsekuensi pada besarnya waktu, tenaga dan biaya. Teknologi penginderaan jauh memberikan alternatif penyediaan data batimetri secara umum. Citra satelit optik mempunyai kemampuan secara

terbatas untuk menggambarkan batimetri umum di wilayah perairan dangkal (Hengel & Spitzer, 1991; Stumpf *et al.*, 2003; Lyzenga *et al.*, 2006; Siregar & Selamat, 2009; Alsubaie, 2012). Pada perairan yang jernih selama energi matahari mampu menjangkau dasar perairan maka citra satelit masih bisa dimanfaatkan untuk mengumpulkan informasi batimetri. Penggunaan citra satelit optik merupakan salah satu cara cepat dan hemat untuk menggambarkan batimetri kawasan perairan dangkal.

Banyak metode yang dikembangkan untuk mengekstrak nilai piksel citra satelit menjadi informasi kedalaman, diantaranya metode rasio yang dikembangkan Stumpf *et al.*, (2003) pada citra satelit Worldview-2 (WV-2). Metode rasio yang digunakan melibatkan dua kanal yaitu kanal biru pesisir (*coastal blue*) dan kanal hijau. Dua kanal tersebut merupakan kanal yang mampu menembus perairan dangkal.

Kanal biru pesisir (400-450 nm) merupakan salah satu kanal baru yang tingkat absorpsi di kolom airnya paling kecil dan baik untuk penelitian batimetri (DigitalGlobe, 2009). Penggunaan kanal hijau pada citra satelit WV-2 paling efektif untuk aplikasi batimetri (Doxani *et al.*, 2012).

Grafik pada **Gambar 3** menunjukkan bahwa rasio antara kanal biru dan hijau terhadap kedalaman meningkat seiring bertambahnya kedalaman, hal ini ditunjukkan oleh adanya hubungan koefisien korelasi yang positif. Kanal hijau lebih cepat mengalami pelemahan energi dibandingkan kanal biru pesisir sehingga rasio Ln kedua kanal semakin besar. Kemampuan penetrasi suatu energi di kolom air dipengaruhi oleh besarnya panjang gelombang (Green *et al.*, 2000).



Gambar 3. Hubungan antara rasio 2 kanal (rasio Ln B1/B3) citra satelit terhadap kedalaman.

Algoritma Stumpf untuk mengekstrak nilai batimetri berdasarkan citra satelit diperoleh dengan meregresikan antara rasio Ln kanal biru pesisir dengan kanal hijau (Ln B1/B3) terhadap kedalaman maka diperoleh persamaan seperti pada **Persamaan 4** yang mempunyai nilai koefisien determinasi (R²) sebesar 0,690, hal ini mengacu kepada **Persamaan 2**. Data kedalaman terhadap rasio Ln B1/B3 menunjukkan adanya hubungan secara linear positif dengan nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,893. Sedangkan nilai koefisien

determinasinya (R^2) sebesar 0,690, nilai ini menjelaskan hubungan linear variable x dan y juga bersifat positif.

$$Y = 148,9 x - 150,2 \dots \dots \dots (4)$$

dimana:

y = kedalaman aktual atau Z

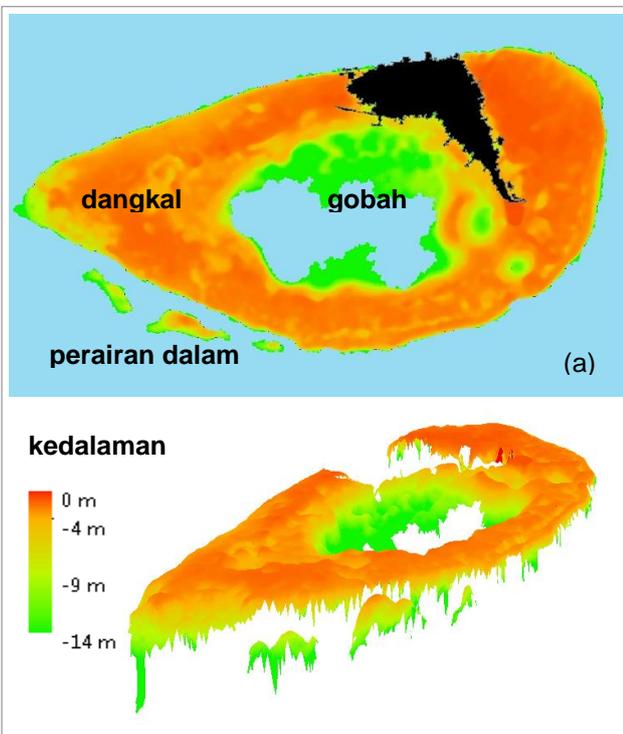
x = $\ln(nRw(\lambda_1)) / \ln(nRw(\lambda_2))$

148,9 sebagai m_1

150,2 sebagai m_0

Hasil batimetri menggunakan algoritma Stumpf menggambarkan bahwa di daerah penelitian terbagi menjadi dua kelompok besar yaitu berupa dangkalan dan gobah, seperti disajikan pada **Gambar 4**. Daerah dangkalan umumnya berbentuk datar dengan kedalaman kurang dari 4 m. Daerah dangkalan sebelah timur pulau, kedalamannya cenderung seragam sampai daerah tepi terumbu luar sedangkan sebelah barat lebih beragam. Daerah gobah terdapat di sebelah barat daya daratan P. Panggang dengan kedalaman berkisar antara 4 m sampai dengan lebih dari 9 m.

Pada sebagian daerah gobah dilakukan *masking* karena dianggap terlalu dalam sehingga energi yang mencapai dasar perairan sudah lemah. Ketika cahaya masuk melewati kolom air maka intensitasnya akan berkurang secara eksponensial seiring dengan peningkatan kedalaman (*atenuasi*). Berkurangnya intensitas cahaya disebabkan adanya proses absorpsi dan penghamburan oleh adanya partikel organik dan anorganik (Guntur dkk., 2012).



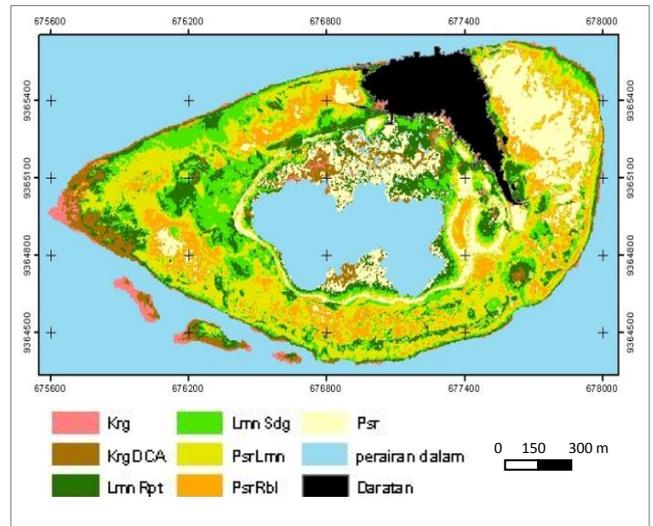
Gambar 4. Model batimetri berdasarkan ekstrak citra satelit: (a) Model 2D dan (b) Model 3D.

Klasifikasi Habitat Dasar Perairan

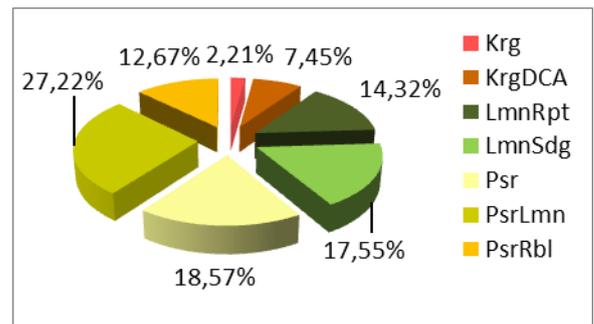
Hasil klasifikasi citra satelit WV-2 untuk P. Panggang didapatkan 7 kelas habitat dasar perairan seperti terlihat pada **Gambar 5**. Berdasarkan persentase luas habitat bentuknya kelas pasir bercampur lamun (PsrLmn) paling banyak dijumpai (27,22%), kemudian kelas pasir (Psr), lamun kerapatan sedang (LmnSdg), lamun kerapatan tinggi (LmnRpt), pasir dengan rubble (PsrRbl), karang bercampur karang mati (Krg DCA), dan yang paling kecil kelas karang (Krg) seperti tersaji pada **Gambar 6**.

Sedangkan klasifikasi habitat perairan dangkal dihasilkan 7 kelas habitat dengan akurasi total 60,17%. Hasil akurasi total yang didapat lebih rendah dibandingkan penelitian Siregar (2010) di Perairan Karang Lebar dan Karang Congkak menggunakan Citra Quickbird dengan akurasi total 79% untuk 6 kelas habitat.

Akurasi yang lebih rendah diduga karena citra WV-2 yang digunakan hanya saluran multispektral tanpa menggabungkan dengan pankromatiknya (*pansharpen*). Resolusi spasial untuk saluran multispektral WV-2 sebesar 1,84-2,08 m sedangkan Citra Quickbird yang di-*pansharpen* mempunyai resolusi spasial 0,61 m. Selain itu jumlah kelas yang lebih banyak menjadikan tingkat akurasi lebih kecil.



Gambar 5. Hasil klasifikasi habitat perairan dangkal P. Panggang.



Gambar 6. Persentase luasan klasifikasi habitat perairan dangkal.

Beragamnya jenis lamun yang menyusun satu habitat lamun (*mixed species meadows*) menyebabkan salah satu kesulitan dalam klasifikasi dari citra satelit. Perbedaan mencolok bentuk daun lamun (misalnya *Enhalus accoroides* dan *Syringodium isoetifolium*) menyebabkan bervariasinya nilai spektral citra sehingga menghasilkan bias dalam klasifikasi. Sedikitnya ditemukan 5 jenis lamun selama survei lapangan, antara lain *E. accoroides*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *S. isoetifolium*, dan *Halodule uninervis*. Mereka membentuk satu habitat lamun campuran yang didominasi jenis tertentu.

Habitat dasar perairan P. Panggang, di sebelah barat pulau didominasi kelas pasir, dari hasil survei lapangan terlihat bahwa pasir tersebut berbentuk gumpuk-gumpuk kecil. Hal ini menandakan energi gelombang berperan dalam pembentukannya. Padang lamun dengan kerapatan tinggi banyak ditemukan di sekitar daratan. Seringkali dalam satu habitat ditemukan beberapa jenis lamun dengan dominasi jenis tertentu. Sedangkan habitat karang banyak dijumpai di daerah tepi dataran dan di gobah.

Luasan Model

Pada umumnya luasan hasil klasifikasi didapat dengan menghitung area poligon yang dihasilkan. Hasilnya akan menggambarkan luas area suatu bidang datar saja. Padahal secara kenyataan wilayah suatu kajian tidak hanya berupa dataran bahkan seringkali mempunyai relief yang bervariasi. Beberapa lokasi membentuk kelerengan tertentu (*slope*). Akibatnya terdapat perbedaan antara perhitungan di atas kertas dengan perhitungan nyata.

Hasil klasifikasi gambaran 3 dimensi (3D) lokasi penelitian diperoleh dengan menggabungkan model batimetri dengan hasil klasifikasi. Pendekatan ini digunakan untuk menghadirkan kondisi nyata daerah penelitian sehingga diperoleh pengukuran luas yang lebih akurat. Penelitian yang dilakukan Jennes (2004) menghasilkan estimasi luas yang lebih baik pada pengukuran luas habitat hewan dengan pendekatan *Digital Elevation Model* (DEM) daripada dihitung secara planimetrik. Secara visual model baru yang diperoleh pun memudahkan dalam memahami karakteristik suatu dasar perairan dibandingkan jika disajikan dalam 2 dimensi (2D) saja.

Model batimetri yang dihasilkan dari algoritma Stumpf, masih berupa raster sehingga belum bisa digunakan secara langsung untuk menghitung luasan 3D pada *software* pengolahan citra. Raster tersebut perlu diekstrak menjadi titik (*point*) dan digunakan untuk membangun TIN, dimana TIN merupakan struktur 3D yang merepresentasikan permukaan dengan membangun jejaring segitiga-segitiga sehingga tampak berbukit dan lembah. Struktur TIN digunakan untuk model yang

menghendaki presisi tinggi dalam wilayah yang sempit (ESRI, 2010).

Hasil perhitungan luas pada **Tabel 1** dengan mempertimbangkan topografi (3D) didapatkan jumlah 1.677.247 m², lebih luas 4.434 m² dibandingkan jika kita hanya mengukur secara planimetrik (2D). Hasil ini merepresentasikan luas sebenarnya. Luas yang diperoleh dari perhitungan planimetrik menghasilkan angka di bawah kenyataan (*under estimate*). Penelitian yang pernah dilakukan Zhiming *et al.*, (2012) bahkan menemukan perbedaan signifikan pada pengukuran wilayah pegunungan. Perbedaan luas terbesar ditemukan pada kelas karang 2,85% (1.055 m²) kemudian kelas karang bercampur karang mati (KrgDCA) sebesar 1,09% (1.352 m²). Habitat kedua kelas tersebut umumnya terdapat di bagian tepi dataran dan di dalam gobah yang berbentuk lereng (*slope*) dengan banyak variasi topografi. Kelas kedalaman wilayah perairan P. Panggang ditunjukkan oleh **Gambar 7**.

Tabel 1. Perbandingan Luas 2D dengan 3D.

Kelas	Luas 2D		Luas 3D		Selisih	
	m ²	%	m ²	%	m ²	%
Krg	36.994	2,21	38.049	2,27	1.055	2,85
KrgDCA	124.603	7,45	125.955	7,51	1.352	1,09
LmnRpt	239.593	14,32	240.503	14,34	909	0,38
LmnSdg	293.649	17,55	294.013	17,53	363	0,12
Psr	310.692	18,57	311.030	18,54	338	0,11
PsrLmn	455.342	27,22	455.634	27,17	292	0,06
PsrRbl	211.940	12,67	212.063	12,64	123	0,06
Total	1.672.813		1.677.247		4.434	

Keterangan:

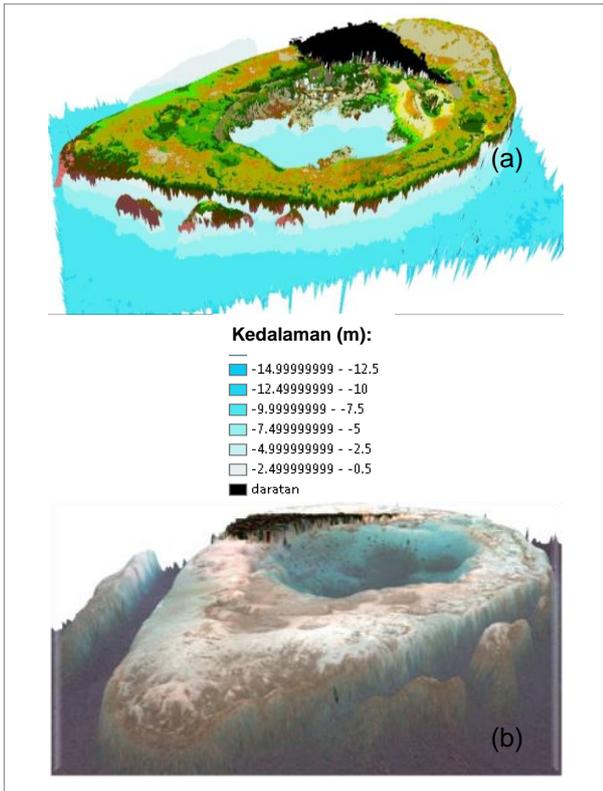
Luas 2D = luas diukur secara planimetrik

Luas 3D = luas diukur dengan mempertimbangkan topografi

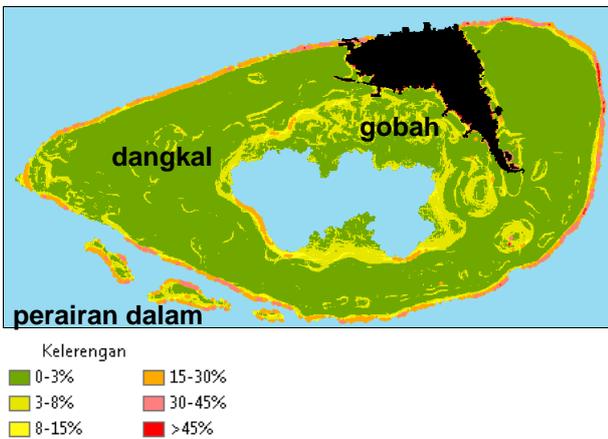
Pada **Gambar 8** terlihat bahwa di dalam gobah terdapat banyak variasi kelerengan. Selain itu, pada tepi dangkalan sebelum perairan dalam didominasi dengan kelerengan lebih besar dari 15%. Semakin banyak variasi topografi dan semakin besar kelerengan suatu wilayah akan menghasilkan perbedaan luas planimetrik dengan luas permukaan 3D yang semakin besar.

Pengukuran luas 2D dan 3D pada kelas pasir, pasir lamun dan pasir *rubble* memiliki perbedaan yang sangat kecil. Kondisi topografi dasar perairan pada habitat tersebut cenderung seragam (datar) dengan tingkat kelerengan 0-3% sehingga luasan yang diperoleh hampir sama. Pada daerah dengan variasi topografi kecil maka pengukuran luas antara 2D dan 3D dapat dianggap sama.

Metode perhitungan luas menggunakan ekstrak nilai batimetri terbatas pada kemampuan perekaman citra satelit. Pada daerah yang terlalu dalam, yang menyebabkan energi tidak mampu mencapai dasar perairan atau pada daerah yang berbentuk dinding (*wall*), maka pengukuran tidak bisa dilakukan karena nantinya akan diperoleh hasil dengan bias yang cukup besar.



Gambar 7. Kelas kedalaman: (a) Model 3D dan (b) Citra satelit true color.



Gambar 8. Kelas kelerengan secara 2D.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa metode pemetaan untuk memperoleh luas habitat perairan dangkal dengan mempertimbangkan topografi dasar perairan menunjukkan hasil estimasi luas yang lebih besar dibandingkan jika dilakukan pengukuran secara planimetrik. Perbedaan hasil yang lebih besar dianggap sebagai hasil yang lebih merepresentasikan kenyataan lapangan sehingga lebih akurat. Perbedaan akan semakin besar seiring beragamnya topografi suatu daerah. Hasil pengukuran luas pada daerah yang datar (topografi seragam) tidak memberikan perbedaan yang nyata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pemerintah Kabupaten Kepulauan Seribu yang telah memberikan ijin dan bantuannya selama survei di lapangan.

Terima kasih juga kami sampaikan kepada Kepala Laboratorium dan staf di Laboratorium Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB, Bogor dan Laboratorium Pusat Pemetaan dan Integrasi Tematik Badan Informasi Geospasial (BIG) atas bantuannya selama melaksanakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Alsubaie, N.M. (2012). *The Potential of Using Wrlldview-2 Imagery for Shallow Water Depth Mapping*. Thesis. Departement of Geomatics Engineering. University of Calgary. Calgary.

Digital Globe. (2009). *White Paper – The Benefits of the 8 Spectral Bands of Worlview-2*. Tersedia pada: http://www.digitalglobe.com/downloads/WorldView-2_8_Band_Applications_Whitepaper.pdf. [3 Juli 2013].

Doxani, G., Papadopoulou, M., Lafazani, P., Pikridas, C., & Tsakiri-Strati, M. (2012). Shallow-water bathymetry over variable bottom types using multispectral worldview-2 image. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 39(8):159-164.

Green, E. P., Mumby, P. J., Edwards, A. J., & Clark, C. D. (2000). *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*. UNESCO. Paris.

Guntur, D. Prasetyo, dan Wawan. (2012). *Pemetaan Terumbu Karang Teori, Metode, dan Praktek*. Ghalia Indonesia. Bogor.

Hedley, J. D., Harborne, A. R., & Mumby, P. J. (2005). Simple and robust removal of sun glint for mapping shallow-water benthos. *Int. J. of Remote Sensing*. 26(10): 2107–2112.

Hengel, W.V. and Spitzer, D. (1991). Multi-temporal water depth mapping by means of Landsat TM. *Int. J. Remote Sensing*. 12(4):703-715.

Hochberg, E. J., Andrefouet, S., & Tyler, M. R. (2003). Sea Surface Correction of High Spatial Resolution Ikonos Images to Improve Bottom Mapping in Near-Shore Environments. *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing*. 41(7):1724-1729.

Jennes, J. F. (2004). Calculating Landscape Surface Area from Digital Elevation Models. *Wildlife Society Bulletin*. 32(3):829-839.

Loomis, M.J. (2009). *Depth Derivation From The Worldview-2 Satellite Using Hyperspectral Imagery*. Thesis. Naval Postgraduate School. California.

Lyzenga, D. R., Malinas, N. P., & Tanis, F. J. (2006). Multispectral Bathymetry Using a Simple Physically Based Algorithm. *IEEE Geoscience and Remote Sensing*. 44(8):2251-2259.

Madden, C. K. (2011). *Contribution to Remote Sensing of Shallow Water Depth With The Worldview-2 Yellow Band*. Naval. Thesis. Postgraduate School. California.

- Seoane, J.C.S., Arantes, R.C.M. and Castro, C.B. (2012). Benthic Habitat Mapping at Recife de Fora, Brazil: Imagery and GIS. *Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium*. Cairns, Australia (AU): 9-12 July 2012.
- Siregar, V.P. (2010). Pemetaan Substrat Dasar Perairan Dangkal Karang Congkak dan Lebar Kepulauan Seribu Menggunakan Citra Satelit Quickbird. *E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 2(1):19-30.
- Siregar, V. P. dan Selamat, M.B. (2009). Interpolator dalam Pembuatan Kontur Peta Batimetri. *E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 1(1):39-47.
- Stumpf, R.P., Holderied, K. and Sinclair, M. (2003). Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. *Limnol. Oceanogr.* The American Society of Limnology and Oceanography, Inc. 48 (1, part 2): 547–556.
- Zhiming, Z., Coillie, F.V., Wulf, R.D., De Clercq, E.M. and O. Xiaokun. (2012). Comparison of Surface and Planimetric Landscape Metrics for Mountainous Land Cover Pattern Quantification in Lancang Watershed, China. *Mountain Research and Development*. 32(2):213-255.