

## PEMETAAN HABITAT DASAR DAN ESTIMASI STOK IKAN TERUMBU DENGAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI

### *SHALLOW WATER HABITAT MAPPING AND REEF FISH STOCK ESTIMATION USING HIGH RESOLUTION SATELLITE DATA*

Vincentius P. Siregar<sup>1\*</sup>, Sam Wouthuyzen<sup>2</sup>, Adriani Sunuddin<sup>1</sup>,  
Ari Anggoro<sup>1</sup>, dan Ade Ayu Mustika<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor  
\*e-mail: vingar56@yahoo.com, vincents@biotrop.org

<sup>2</sup>Pusat Penelitian Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta

#### ABSTRACT

*Shallow marine waters comprise diverse benthic types forming habitats for reef fish community, which important for the livelihood of coastal and small island inhabitants. Satellite imagery provide synoptic map of benthic habitat and further utilized to estimate reef fish stock. The objective of this research was to estimate reef fish stock in complex coral reef of Pulau Pari, by utilizing high resolution satellite imagery of the WorldView-2 in combination with field data such as visual census of reef fish. Field survey was conducted between May-August 2013 with 160 sampling points representing four sites (north, south, west, and east). The image was analyzed and grouped into five classes of benthic habitats i.e., live coral (LC), dead coral (DC), sand (Sa), seagrass (Sg), and mix (Mx) (combination seagrass+coral and seagrass+sand). The overall accuracy of benthic habitat map was 78%. Field survey revealed that the highest live coral cover (58%) was found at the north site with fish density 3.69 and 1.50 ind/m<sup>2</sup> at 3 and 10 m depth, respectively. Meanwhile, the lowest live coral cover (18%) was found at the south site with fish density 2.79 and 2.18 ind/m<sup>2</sup> at 3 and 10 m depth, respectively. Interpolation on fish density data in each habitat class resulted in standing stock reef fish estimation: LC (5,340,698 ind), DC (56,254,356 ind), Sa (13,370,154 ind), Sg (1,776,195 ind) and Mx (14,557,680 ind).*

**Keywords:** mapping, satellite imagery, benthic habitat, reef fish, stock estimation

#### ABSTRAK

Perairan laut dangkal memiliki beragam tipe dasar yang membentuk habitat bagi komunitas ikan. Kompleksitas habitat menentukan kelimpahan, keanekaragaman, dan sebaran ikan. Citra satelit digunakan untuk memetakan secara sinoptik habitat dasar perairan laut dangkal dan selanjutnya digunakan untuk menduga stok ikan yang hidupnya berasosiasi erat dengan kondisi terumbu karang. Tujuan penelitian ini adalah menduga stok ikan di gugusan Pulau Pari melalui analisis citra satelit resolusi tinggi WorldView-2 dengan mengkombinasikan data hasil pengamatan habitat dasar dan sensus visual ikan. Pengamatan lapang dilaksanakan pada bulan Mei–August 2013. Diperoleh 160 titik pengamatan yang mewakili empat stasiun penelitian (Utara, Selatan, Barat, dan Timur). Klasifikasi citra Worldview-2 menghasilkan lima kelas habitat dasar: karang hidup (KH), karang mati (KM), pasir (Pr), lamun (Ln), dan campuran (Cn) yang merupakan kombinasi antara lamun+karang dan lamun+pasir. Akurasi keseluruhan hasil klasifikasi citra satelit terhadap data lapang adalah 78%. Berdasarkan survei lapang diketahui bahwa penutupan karang hidup tertinggi (58%) ditemukan di sisi utara dengan kelimpahan 3,69 ind/m<sup>2</sup> pada kedalaman 3 m dan 1,50 ind/m<sup>2</sup> pada kedalaman 10 m. Penutupan karang hidup terendah ditemukan di sisi selatan dengan kelimpahan 2,79 ind/m<sup>2</sup> pada kedalaman 3 m dan 2,18 ind/m<sup>2</sup> pada kedalaman 10 m. Interpolasi data kelimpahan ikan terhadap luas kelas habitat menunjukkan hasil estimasi *standing stock* ikan sebagai berikut: KH (5.340.698 ind), KM (56.254.356 ind), Pr (13.370.154 ind), Ln (1.776.195 ind), dan Cn (14.557.680 ind).

**Kata kunci:** pemetaan, citra satelit, habitat dasar, ikan terumbu, estimasi stok

## I. PENDAHULUAN

Ekosistem terumbu karang merupakan salah satu ekosistem di wilayah pesisir yang memiliki keanekaragaman hayati laut sangat tinggi. Ekosistem ini dapat memberikan produk dan jasa lingkungan bagi masyarakat yang tinggal di sekitarnya, salah satunya adalah ikan karang. Hingga kini, pengelolaan sumberdaya ikan karang masih sulit dilakukan karena sediaan cadang atau stoknya belum diketahui secara pasti, karena belum tersedianya metoda baku, seperti halnya pada ikan pelagis dan demersal. Stok ikan sangat dipengaruhi oleh aktifitas manusia, sehingga keberhasilan usaha perikanan sangat tergantung pada stok ikan itu sendiri (Gulland, 1983). Usaha-usaha untuk mendapatkan dan memperbaharui data potensi/stok ikan, termasuk ikan karang masih jarang dilakukan. Oleh sebab itu, pendugaan stok ikan karang secara efektif dan efisien perlu dilakukan untuk kepentingan pengelolaan berkelanjutan.

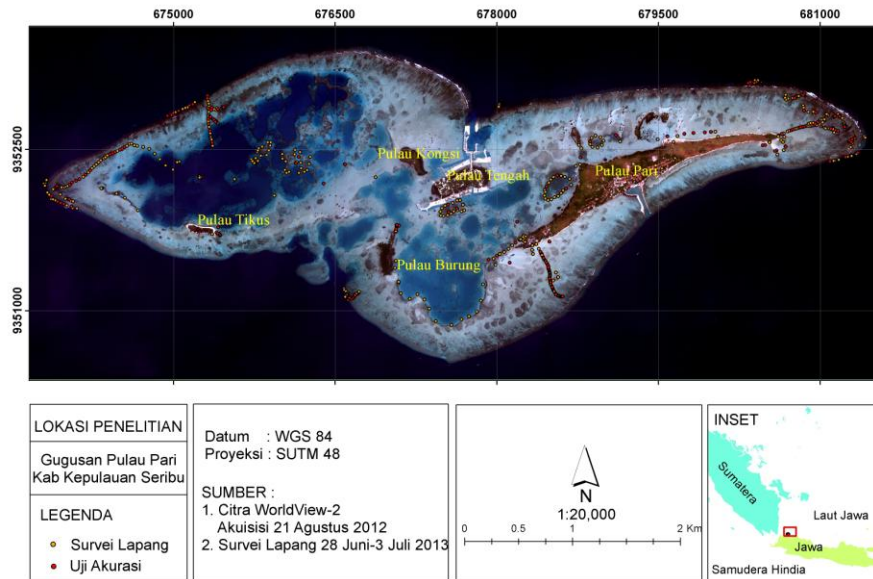
Habitat dasar perairan dangkal merupakan faktor utama keberadaan ikan di terumbu. Kelimpahan, keanekaragaman dan sebaran ikan sangat tergantung kompleksitas habitat dasarnya (Nybakken, 1982; Sale, 1991). Informasi tentang habitat dasar perairan pada umumnya diperoleh melalui pengamatan langsung (survei lapang) dan juga dengan teknologi penginderaan jauh berupa citra satelit (Green *et al.*, 2000; Nadaoka *et al.*, 2004). Pemetaan habitat dasar perairan dengan citra satelit menggunakan berbagai sensor satelit telah banyak dilakukan (Hochberg and Atkinson, 2000; Green *et al.*, 2000; Andrews, 2003; Isoun *et al.*, 2003; Mumby *et al.*, 2002; Nurlidiasari, 2004; Siregar *et al.*, 2006; Chris *et al.*, 2012). Kemampuan berbagai sensor penginderaan jauh tersebut untuk pengkajian ekosistem terumbu karang dan perairan dangkal juga telah banyak dibahas oleh

beberapa peneliti (Phinn, 2013; Yamano, 2013; Hedley, 2013) yang dirangkum oleh Goodman *et al.* (2013). Sementara itu studi yang berkaitan dengan pendugaan potensi ikan menggunakan citra satelit dan mengkombinasikannya dengan hasil pengamatan lapang masih terbatas (Wouthuyzen, 2001; Purkis *et al.*, 2008; Siregar *et al.*, 2010). Penelitian ini bertujuan untuk menduga potensi ikan karang melalui analisa citra satelit dan sensus visual ikan pada waktu dan lokasi yang berbeda dari yang telah dilakukan sebelumnya (Siregar *et al.*, 2010) untuk mengetahui validitas metode yang digunakan.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di P.Pari Kepulauan Seribu. Pengamatan lapang dilakukan dua kali, yaitu tanggal 29 Juni hingga 2 Juli dan tanggal 22 hingga 24 Agustus 2014 (Gambar 1). Citra satelit yang digunakan adalah citra satelit resolusi tinggi World-View 2 (WV-2) yang direkam tanggal 21 Agustus 2012 (Todd *et al.*, 2010). Pendekatan yang digunakan untuk menduga stok ikan karang terdiri dari 2 tahapan utama yaitu: Tahap (1). Memetakan habitat dasar perairan dangkal dengan skema klasifikasi : Karang hidup, Karang mati, Lamun, Pasir, Pasir+karang, dan Pasir+lamun (Siregar *et al.*, 2010).

Pengolahan citra satelit untuk mendapatkan peta habitat dasar perairan dangkal dilakukan dengan langkah-langkah berikut: *masking* wilayah kajian, koreksi geometrik, koreksi atmosferik, dan koreksi kolom perairan menggunakan algoritma "depth invariant index"  $Y = L_n$  Kanal 1-ki/kj Kanal 2 (Green *et al.*, 2000; Yamano, 2013). Kanal yang digunakan untuk koreksi ini adalah kanal biru (band 2) dan kanal hijau (band 3). Selanjutnya, citra tersebut diklasifikasi secara terbimbing (*supervised*) mengacu pada data pengamatan lapangan dengan algoritma



Gambar 1. Lokasi Penelitian di P. Pari, Kepulauan Seribu.

*maximum likelihood*. Klasifikasi citra satelit dengan cara ini telah banyak digunakan untuk menghasilkan peta habitat dasar perairan dangkal (coral reef area) (Andrefouet *et al.*, 2003).

Terhadap peta ini selanjutnya dilakukan pengujian akurasi. Uji ini sangat penting dilakukan untuk mendapatkan peta yang dapat dipercaya (Chris *et al.*, 2006). Uji akurasi yang digunakan menggunakan matrik kesalahan (*error matrix*). Hal ini dilakukan dengan membandingkan kelas-kelas dalam peta terhadap kelas yang sebenarnya dari hasil pengamatan lapang (Congalton *et al.*, 1999).

Untuk keperluan pendugaan stok ikan, dari enam kelas habitat dasar perairan, dilakukan pengelompokan ulang kelas habitat, sehingga menjadi lima kelas saja, mengingat dua kelas campuran Pasir+karang dan Pasir+Lamun sulit untuk dipisahkan secara spektral, sehingga keduanya dijadikan satu kelas. Ke lima kelas habitat menjadi: karang hidup (KH), karang mati (KM), lamun (Ln), pasir (Pr) dan habitat campuran (Cn) yang merupakan gabungan kelas habitat Pasir+karang dan Pasir+lamun. Luasan (A)

dari masing-masing kelas habitat dapat tersebut dihitung dari hasil klasifikasi (2). Tahap (2). Mengetahui penutupan habitat dasar perairan dan distribusi serta kelimpahan ikan karang dengan menggunakan Metode transek garis (Line Intercept Transect-LIT) dan transek kuadrat (Rapid Reef Assessment-RRA). Ikan karang disensus berdasarkan kelompok-kelompok ikan karang (Adrim, 1993), yaitu ikan Target (ikan yang menjadi target penangkapan oleh nelayan, ikan Indikator (ikan yang merupakan indikator biologis dari kondisi terumbu karang dan ikan Mayor (ikan-ikan yang tidak termasuk ke dalam kedua kelompok sebelumnya, namun sejumlah jenis ikan dari kelompok Mayor telah dijadikan target penangkapan oleh nelayan) pada area dengan luasan  $40 \times 5 \text{ m}^2$  (LIT) dan  $2 \times 2 \text{ m}^2$  (RRA). Sensus visual dilakukan pada 2 kedalaman (3 dan 10 m) dan dilakukan sedikitnya 2 kali ulangan untuk setiap kelas habitatnya. Dari sensus visual ikan diperoleh data keaneka-ragaman jenis (jumlah spesies dan famili), kelimpahan (jumlah individu ikan), dan Kepadatan atau densitas ( $D = \text{individu ikan}/\text{m}^2$ ) ikan karang (Kuitert, 1993). Selanjutnya, stok

ikan karang (S) dapat diestimasi, yaitu  $S=A \times D$  (Amesbury *et al.*, 1982). Disamping stok ikan karang, kondisi terumbu karang di lokasi kajian juga ditentukan berdasarkan persentasi tutupan karang hidup (buruk: tutupan karang hidup < 25%, Sedang: 25-50%, Baik: 50-75%, dan sangat baik >75%) (English *et al.*, 1997).

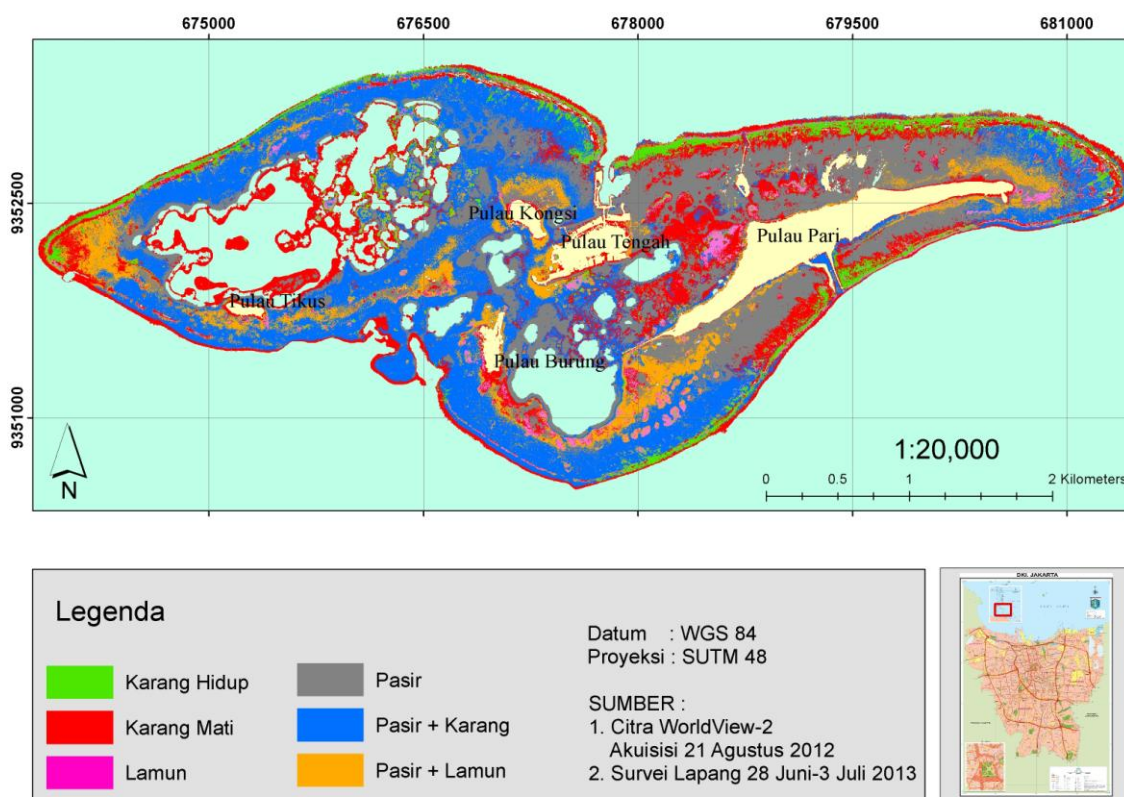
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pemetaan Habitat Dasar Perairan Dangkal

Dari hasil analisa citra satelit WV-2 berdasarkan skema klasifikasi yang digunakan diperoleh bahwa luas area dari enam kelas habitat tersebut masing-masing adalah: karang hidup, 57,5 ha (6%); Karang mati, 197,5 ha (21%); Lamun, 34,2 ha (4%); Pasir, 232,5 ha (25%); Pasir+karang, 305,0 ha (33%);

dan Pasir+lamun, 99,4 ha (11%). Diketahui bahwa kelas Pasir+karang mendominasi habitat dasar gugusan Pulau Pari, sedangkan kelas habitat lamun mempunyai luasan yang terendah (Gambar 2).

Uji akurasi terhadap peta hasil klasifikasi dengan menggunakan *matrix confusion* menghasilkan akurasi keseluruhan (overall accuracy-OA), *producer* dan *user* akurasi masing-masing kelas, seperti ditampilkan pada Tabel 1 dan 2. Nilai OA sebesar 78% menunjukkan bahwa secara keseluruhan klasifikasi yang dilakukan cukup baik. Berdasarkan referensi diketahui bahwa akurasi (OA) pemetaan habitat dasar perairan dangkal menggunakan sensor resolusi tinggi (Ikonos, QuickBird, Geoeye-1, Worldview-2) dengan enam kelas berkisar antara 70-90 % (Yamano, 2013).



Gambar 2. Peta Tematik Habitat Dasar Perairan.

Tabel 1. Matriks Uji Akurasi Klasifikasi Dasar Perairan.

No	Citra	Karang hidup	Karang mati	Lamun	Pasir	Pasir+karang	Pasir+lamun	Total Baris
	Lapangan	1	2	3	4	5	6	
1	Karang hidup	21	6	0	0	2	0	29
2	Karang mati	3	15	2	0	2	0	22
3	Lamun		2	17	1	1	2	23
4	Pasir	0	0	0	25	1	0	26
5	Pasir+karang	0	1	0	2	32	2	37
6	Pasir+lamun	1	1	0	0	6	15	23
	Total Kolom	25	25	19	28	44	19	160
Total sampel diagonal			= 125					
Total sampel keseluruhan			= 160					
Total akurasi			= 125/160*100%= 78%					

Tabel 2. Akurasi untuk sisi producer dan user

<i>producer accuracy</i>		<i>user accuracy</i>	
Lapangan	akurasi	Citra	Akurasi
1	21/25 = 0.84	1	21/29 = 0.72
2	15/25 = 0.60	2	15/22 = 0.68
3	17/19 = 0.89	3	17/23 = 0.74
4	25/28 = 0.89	4	25/26 = 0.96
5	32/44 = 0.73	5	32/37 = 0.86
6	15/19 = 0.79	6	15/23 = 0.65

Semua jenis kelas habitat dasar perairan dapat dipetakan dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa klasifikasi habitat dasar perairan dengan skema enam kelas tersebut dengan pendekatan *maximum likelihood* memberikan hasil yang cukup baik (60-96%). Tipe habitat karang mati dan pasir +lamun mempunyai akurasi yang lebih rendah dibandingkan tipe habitat lainnya (Tabel 2). Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tingkat akurasi pada saat pengamatan dilapangan adalah tingkat kekeruhan perairan yang cukup tinggi, penggunaan Global Positioning System yang kurang sepadan dengan spasial resolusi citra yang digunakan dan konsistensi pengamat

dalam menentukan kelas-kelas objek yang diamati.

### 3.2. Kondisi Habitat Bentik Perairan di Gugusan Pulau Pari

#### 3.2.1. Pengamatan dengan Metode *Rapid Reef Assessment (RRA)*

Komposisi penutupan bentik karang berdasarkan teknik RRA (Tabel 3) terdiri atas penutupan karang hidup dan penutupan karang mati yang dikelompokkan dalam empat sektor. Penutupan karang mati mempunyai luasan yang lebih besar dibandingkan penutupan karang hidup. Di Utara P. Pari ditemukan penutupan karang hidup yang

Tabel 3. Komposisi Penutupan Bentik Terumbu Karang Berdasarkan Teknik RRA.

Sektor	Karang Hidup (Acropora dan Non-Acropora) (%)	Karang Mati (%)
1 (Utara)	58	42
2 (Selatan)	18	82
3 (Barat)	49	51
4 (Timur)	32	36
Rata-rata	<b>39,25</b>	<b>52,75</b>

lebih luas dibandingkan lokasi lainnya, sedangkan penutupan karang mati ditemukan lebih luas dibagian selatan. Perairan di utara P.Pari merupakan perairan yang lebih dinamis, dimana arus dan gelombang relative lebih besar dibandingkan di Selatan. Hal ini menyebabkan perairan Utara lebih tinggi tingkat oksigenasinya sehingga karang yang ada menjadi lebih sehat dan tinggi keragamannya. Di bagian selatan pulau, banyak ditemukan karang yang mati, hal ini disebabkan bahwa di lokasi tersebut terdapat aktifitas wisata bahari yang tinggi dan pada musim tertentu (barat) gelombang laut sangat besar.

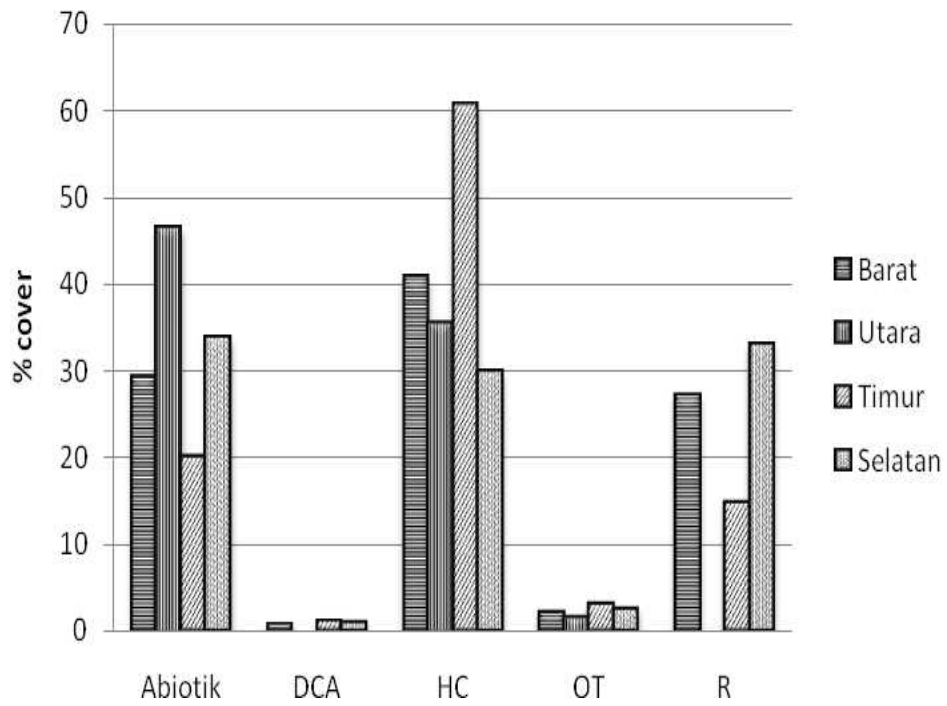
### 3.2.2. Pengamatan dengan Metode *Line Intercept Transect* (LIT)

Persen penutupan substrat dasar pada kedalaman 3 m dan 10 m dari empat sektor penyelaman diperoleh bahwa penutupan HC (karang keras) pada kedalaman 3 m paling tinggi ditemukan pada bagian Timur gugusan Pulau Pari dengan nilai 60.6% dan paling rendah pada bagian Selatan dengan nilai 29.78% . Sementara itu, pecahan karang (R) banyak ditemukan di bagian Selatan Pulau (Gambar 2a). Selain itu, pada kedalaman 10 m, penutupan karang keras (HC) terbanyak ditemukan lebih dari 45% di bagian Timur dan paling rendah ditemukan juga di bagian selatan. Pecahan karang pada kedalaman tersebut banyak

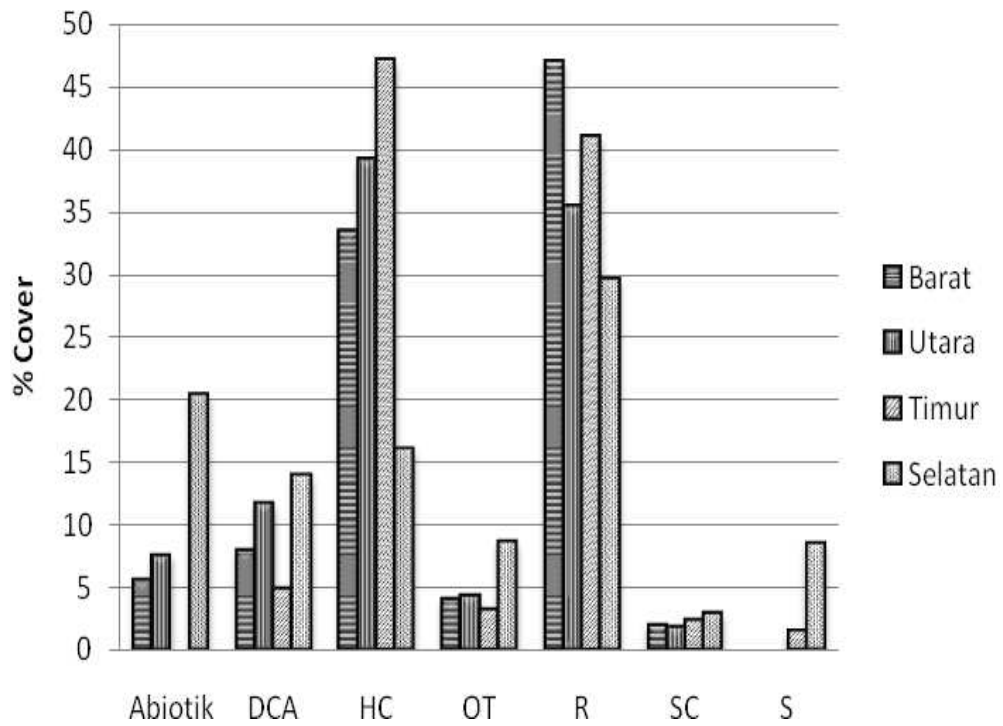
ditemukan di bagian Barat (Gambar 2b).

Berdasarkan sensus visual ikan dengan menggunakan metode LIT diketahui bahwa pada kedalaman 3 m kelimpahan ikan yang paling tinggi ditemukan di sektor Utara, yaitu 3.69 ind/m<sup>2</sup> dengan jumlah 636 individu dari 43 spesies yang ditemukan. Sedangkan untuk kelimpahan terendah ditemukan pada bagian selatan, yaitu 2,79 ind/m<sup>2</sup> dari 39 spesies , sementara itu pada kedalaman 10 m kelimpahan ikan tertinggi terdapat di sektor selatan yaitu 2,18 ind/m<sup>2</sup> dengan jumlah individu 300 dari 24 spesies, dan terendah di sektor barat, yaitu 1,34 ind/m<sup>2</sup> dengan individu 267 dari 17 spesies (Tabel 4). Hal tersebut menunjukkan adanya hubungan antara persen penutupan karang (HC) dengan kelimpahan ikan karang di P. Pari.

Sensus visual untuk mencacah kelimpahan ikan dilakukan dengan teknik *Rapid Reef Assessment* (RRA), menggunakan transek kuadrat berukuran 2m x 2m, yang meliputi seluruh tipe kelas habitat perairan laut dangkal. Diperoleh 28 stasiun RRA untuk pengamatan ikan yang dijadikan acuan untuk pendugaan stok. Hasil pencacahan kelimpahan ikan tersebut disajikan pada Tabel 5. Dari tabel tersebut terlihat bahwa di Karang Hidup kelimpahan ikan tinggi, kecuali ikan indikator yang pada umumnya sangat sedikit ditemukan disemua habitat.



(a)



(b)

Gambar 2. Persen penutupan terumbu karang pada kedalaman 3 m (a) dan 10 m (b).

Tabel 4. Total Kelimpahan ikan pada kedalaman 3 dan 10 m.

Sektor	Kelimpahan (ind/m <sup>2</sup> )	
	(3 m)	(10 m)
Barat	2,82	1,34
Utara	3,69	1,50
Timur	3,18	1,44
Selatan	2,79	2,18

Tabel 5. Kelimpahan ikan karang berdasarkan kelas habitat perairan dengan sensus RRA.

Kategori ikan	Kelimpahan ikan karang (individu/m <sup>2</sup> )				
	Karang Hidup	Karang Mati	Campuran	Pasir	Lamun
Mayor	32,59	19,06	3,30	4,13	4,10
Indikator	0,67	1,13	0,00	0,08	0,00
Target	59,79	9,19	0,30	1,54	1,10

### 3.3. Pendugaan Stok Ikan

Berdasarkan hasil sensus visual ikan karang didapat informasi kelimpahan ikan berdasarkan tipe habitatnya dan kategori ikan per m<sup>2</sup>. Selanjutnya pendugaan stok ikan karang dilakukan berdasarkan perhitungan kelimpahan ikan dan luas masing-masing kelas habitat. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa stok ikan karang di terumbu Pulau Pari pada saat penelitian adalah sebanyak 91.299.083 individu. Ikan mayor merupakan ikan dengan stok yang tertinggi, diikuti dengan ikan target dan ikan indikator. Bila ditinjau berdasarkan kelas habitatnya, maka kelas habitat Karang Mati menyimpan stok yang paling melimpah dengan nilai 56.254.356 individu, sedangkan kelas habitat Lamun memiliki stok paling sedikit dengan 1.776.195 individu (Tabel 6).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa teknik penginderaan jauh dengan

kombinasi data lapangan (sensus visual) dapat digunakan untuk menduga stok ikan karang yang selama ini tidak diketahui potensinya secara cukup efektif dan efisien. Namun, beberapa hal yang harus dilakukan ke depan untuk menyempurnakan metode ini adalah : mengkaji pengaruh musim terhadap stok ikan karang dan melakukan validasi hasil sensus.

Agar data Stok ikan ini dapat dipakai dalam pengelolaan sumberdaya ikan karang secara berkelanjutan, maka berbagai penelitian lanjutan seperti penelitian aspek biologi ikan karang, terutama morfometrik ikan dan tingkat kematangan gonad ikan karang harus dilakukan, begitu pula penelitian terhadap aspek sosial-ekonomi masyarakat pesisir, seperti jenis dan alat tangkap apa saja yang dapat digunakan oleh masyarakat nelayan.



Tabel 6. Stok ikan berdasarkan kelas habitat.

Kelas Habitat	Stok ikan karang (individu)			Total
	Ikan mayor	Ikan indikator	Ikan target	
Karang Hidup	1.870.536	38.455	3.431.707	5.340.698
Karang Mati	36.494.487	2.163.629	17.596.240	56.254.356
Campuran	13.344.540	-	1.213.140	14.557.680
Pasir	9.603.258	186.020	3.580.876	13.370.154
Lamun	1.400.462	-	375.733	1.776.195
<b>Total</b>	<b>62.713.283</b>	<b>2.388.104</b>	<b>26.197.696</b>	<b>91.299.083</b>

#### IV. KESIMPULAN

Di rataan terumbu (*reef flat*) terdapat tiga substrat dasar dominan yaitu pasir, pasir campuran karang, dan pasir campuran lamun. Karang hidup lebih banyak ditemukan dibagian utara, sementara di bagian selatan pulau, karang hidup hanya ditemukan di sekitar tubir, sedangkan sebaran lamun ditemukan di wilayah dekat lagon dan berada pada rataan terumbu karang dekat pulau. Akurasi (overall accuracy) dari klasifikasi (pemetaan) habitat dasar perairan di perairan dangkal P.Pari mencapai 78%.

Luasan tutupan karang hidup berkisar antara 32% - 58%, sehingga dapat disimpulkan bahwa terumbu karang Pulau Pari berada dalam kondisi sedang. Karang hidup merupakan kelas habitat yang memiliki kepadatan ikan tertinggi dengan kelompok ikan target sebagai ikan yang mendominasi di karang tersebut diikuti Ikan mayor. Ikan indikator hanya sedikit ditemukan diseluruh tipe habitat.

Di terumbu karang P. Pari diduga terdapat ikan sebanyak 91.299.083 individu dengan ikan mayor utama merupakan ikan dengan stok tertinggi diikuti dengan ikan target dan ikan indikator. Habitat karang mati merupakan

tempat ditemukan stok ikan yang terbanyak, sedangkan di habitat lamun ditemukan hanya sedikit stok ikan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Institut Pertanian Bogor melalui DIPA IPB No. 31/IT3.41.2/L1/SPK/2013, tanggal 2 Mei 2013.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andrefouet, S., P. Kramer, D. Torres-Pulliza, K. E. Joyce, E. J. Hochberg, R. Garza-Pérez, P. J. Mumby, B. Riegl, H. Yamano, W. H. White, M. Zubia, J. C. Brock, S. R. Phinn, A. Naseer, B.G. Hatcher, F. E. Muller-Karger. 2003. Multi-site evaluation of IKONOS data for classification of tropical coral reef environments. *Remote Sensing of Environment*, 88:128–143.
- Adrim, M. 1993. Komunitas ikan di ekosistem terumbu karang. Modul pelatihan pengamatan ekosistem terumbu karang. P2O-LIPI. 34hlm.
- Amesbury, S.S. and R.F. Myers. 1982. Guide to the coastal resources of Guam, Vol. I. The Fishes. Uni-

- versity of Guam, Marine Laboratory, 141p.
- Congalton, R.G. and K. Green. 1999. Assessing the accuracy of remotely sensed data. Principles and practices. 2<sup>th</sup> Edition. CRC Press Taylor and Francis Group. New York. 130p.
- Chris, M.R., S.R. Phinn, and K.E. Joice. 2006. Evaluating benthic survey technique for validating maps of coral reef derived from remotely sensed images. Proceeding of 10<sup>th</sup> International Coral reef Symposium. 1771-1780pp.
- English, S., C. Wilkinson, dan V. Baker. 1997. Survey manual for tropical marine resources (2nd edition). Australian Institute of Marine Science. Australia. x+ 390p.
- Goodman, J.A., J.P. Samuel, and R.P. Stuart (eds). 2013. Coral reef remote sensing. A guide for mapping, monitoring and management. 436p.
- Green, E.P., P.J. Mumby, A.J. Edwards, C.D. Clark. 2000. Remote sensing handbook for tropical coastal management. UNESCO, Paris. 316p.
- Gulland, J.A. 1991. Fish stock assessment: A manual of basic methods. John Willey & Sons. New York. 223p.
- Hedley, J.D. 2013. Hyperspectral application: *In* Goodman, J.A., S.J. Purkis, S.R. Phinn (eds.) 2013. Coral reef remote sensing: A guide for mapping, monitoring and management. Springer. 51-78pp.
- 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.
- Kuiter, R.H. 1993. The complete diver's and fisherman's guide to coastal fishes of the south-eastern Australia. Crawford House Publishing, Bathurst, 437p.
- Mumby, J.P. and A.J. Edwards. 2002. Mapping marine environments with IKONOS imagery: enhanced spatial resolution can deliver greater thematic accuracy. *Remote Sensing of Environment*, 82:248-257
- Nadaoka, K., E.C.Paringit, and H. Yamano.2004. Remote sensing of coral reef in Japan. 89-102pp.
- Nurlidiasari, M. and S.Budiman. 2005. Mapping coral reef habitat with and without water column correction using QuichBird image. *J. of Remote Sensing and Earth Science*, 2:45-56.
- Nybakken, J.W. 1992. Biologi laut: suatu pendekatan ekologi, M. Eidman, Koessoebiono, D. G. Bengen, H. Malikusworo dan Sukristijono (penterjemah). PT. Gramedia. Jakarta. 459hlm.
- Phinn, S.R. 2013. *In* Goodman ,J.A., S.J. Purkis, S.R. Phinn (eds) 2013. Coral reef remote sensing: A guide for mapping, monitoring and Management. Springer. 51-78pp.
- 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 Reef*, 27:167-178.
- Sale, P.F. 1991. The ecology on coral reef fishes. Academic Press, Inc. New York. xviii+754p.
- Siregar, V. dan S. Wouthuyzen. 2006. Pendugaan stok ikan karang menggunakan citra satelit resolusi tinggi: suatu kajian awal. Kumpulan riset kelautan jalan

- menuju kejayaan bahari. Bakosurtanal. Hlm.:275-290
- Siregar, V., S. Wouthuyzen, S. Sukimin, S.B. Agus, M.B. Selamat, Adriani, Sriati, dan A.A. Muzaki. 2010. Informasi spasial habitat perairan dangkal dan pendugaan stok ikan terumbu menggunakan citra satelit. SEAMEO BIOTROP. 88hlm.
- Todd, U. and C. Comp. 2010. Radiometric use of worldview-2 imagery. Technical note. Digital Globe. 17p
- Wouthuyzen, S. 2001. Pemetaan perairan dangkal dengan menggunakan citra satelit Landsat-5 TM guna dipakai dalam pendugaan potensi ikan karang: suatu studi di Pulau-pulau Padaido, Irian Jaya. Dibawakan dalam seminar diseminasi pusat survei sumberdaya alam, Bakosurtanal, Jakarta. 15hlm.
- Yamano, H. 2013. Multispectral application: *In* Goodman, J.A., S.J. Purkis, and S.R. Phinn (eds.) 2013. Coral reef remote sensing: a guide for mapping, monitoring and management. Springer. 51-78pp.
- Diterima : 26 Desember 2013*  
*Direview : 29 Desember 2013*  
*Disetujui : 31 Desember 2013*

