

PEMETAAN HABITAT BENTIK PADA EKOSISTEM TERUMBU KARANG DI PERAIRAN PULAU MENJANGAN

MAPPING OF BENTHIC HABITATS ON CORAL REEF ECOSYSTEM IN MENJANGAN ISLAND

Eghbert Elvan Ampou¹, I Nyoman Radiarta¹, Rizky Hanintyo¹ &
Serge Andrefouet^{1,2}

¹Balai Riset dan Observasi Laut, Kementerian Kelautan dan Perikanan,
Jl. Baru Perancak, Negara- Jembrana, Bali 82251, Indonesia

²UMR9220 ENTROPIE, Institut de Recherche pour le Développement,
Université de la Réunion, CNRS, B.P.A5, 98848, Noumea, New Caledonia

e-mail : eghbert.ampou@kkp.go.id

Diterima tanggal: 23 Februari 2018 ; diterima setelah perbaikan: 14 November 2018 ; Disetujui tanggal: 02 Desember 2018
DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jkn.v13i3.6655>

ABSTRAK

Ekosistem pesisir yang meliputi tiga bagian penting yakni mangrove, padang lamun dan terumbu karang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam proses pemetaan habitat. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemetaan habitat secara geomorfologi di Pulau Menjangan, Taman Nasional Bali Barat, Bali. Pengumpulan data lapangan dilakukan pada bulan Februari, April dan Agustus 2017. Total 104 titik sampling telah dikumpulkan, dan dilakukan analisis perbedaan tekstur menggunakan program ENVI v4.7 dari data citra satelit *Worldview 2* dengan resolusi spasial 2 m, tanggal 14 Oktober 2016. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara geomorfologi, kawasan pesisir Pulau Menjangan terbagi dalam 6 tipe habitat yakni mangrove, terumbu depan, lereng terumbu, ratahan terumbu, pecahan karang (*rubble*), pasir dan teras. Berdasarkan hasil foto transek habitat dengan pendekatan skala medium (*Medium Scale Approach*) khususnya pada daerah ratahan terumbu dan terumbu depan (*fore reef/crest*) dapat diklasifikasikan dalam 12 jenis habitat dengan komposisi bentik dominan karang adalah 30% yang meliputi beberapa jenis karang keras (*Scleractinia*) yakni *Acropora sp*, *Montipora sp*, *Porites lutea* dan *Porites cylindrica*; *Rubble & Alga* (dari divisi *Chlorophyta* dan *Phaeophyta*) masing-masing sebesar 16 %; Pasir 12%; Lamun (diantaranya *Syringodium sp*, *Cymodocea sp* dan *Thalassia sp*) 11% dan sisanya adalah asosiasi karang *Heliopora coerulea* (*non Scleractinia*), karang mati dan teras. Daerah ratahan terumbu memiliki kategori *rugosity* berada pada level 1 - 2, sedangkan terumbu depan dengan *rugosity* level 3 - 4.

Kata kunci: Habitat, bentik, terumbu karang, Pulau Menjangan, Taman Nasional Bali Barat, klasifikasi.

ABSTRACT

*Coastal ecosystems covering three important parts of mangroves, seagrass beds and coral reefs are an integral part of the habitat mapping process. The aim of this study was to map of benthic habitat on coral reef based on geomorphology in the Menjangan Island, West Bali National Park, Bali. Field data was collected in February, April and August 2017. Total 110 sampling points were collected, and analysed by looking at the texture differences using the ENVI v4.7 program from satellite image data of Worldview 2, 14th October 2016. The results showed that based on geomorphology classification. The coastal areas in Menjangan Island were divided into six types of main habitat namely mangrove, reef front, reef slope, reef flat, sand and terrace. Based on ground-truthing data and cross-reef photograph-transects of habitats described with medium scale approach suggest that, on reef flat and crest areas, 12 habitats have been identified. These included coral habitat (coral > 30% cover) were dominated by several types of hard coral (*Scleractinia*) i.e. *Acropora sp*, *Montipora sp*, *Porites lutea* and *Porites cylindrica*; mixed with rubble and algae (mostly *Chlorophyta* and *Phaeophyta*) each covering about 16%. Sand (12%) and seagrasses (including *Syringodium sp*, *Cymodocea sp* and *Thalassia sp*) (11%) were more marginally present. The others assemblages were the blue coral *Heliopora coerulea* (*non Scleractinia*), mixed coral associations, and dead corals. On the reef flat rugosity was found low about levels 1-2 but increases toward the crest and front reef with rugosity level at 3 - 4.*

Keywords: Benthic, habitat, coral reef, Menjangan Island, classification, West Bali National Park.

PENDAHULUAN

Indonesia yang secara subregional geografis mempunyai panjang pantai (*coastline length*) 95.181 km, dan memiliki keberadaan terumbu karang kurang lebih 50.000 km² (*Global Maritime Boundaries Database*, 2016), merupakan negara dengan megabiodiversitas. Indonesia memiliki beberapa tipe terumbu, yang umumnya terdiri dari terumbu penghalang, terumbu tepi, dan atol (Tomascik *et al.*, 1997). Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem penting wilayah pesisir yang dapat memberikan produk dan jasa lingkungan berharga bagi kehidupan masyarakat pesisir (Wouthuyzen *et al.*, 2015). Karakteristik ekosistem pesisir dapat digolongkan menjadi ekosistem alami dan buatan manusia. Ekosistem alami terletak di zona pesisir, yaitu: terumbu karang, hutan mangrove, padang lamun, pantai berpasir, formasi *barringtonia*, muara, laguna, delta dan ekosistem pulau kecil (Dahuri, 2003). Terumbu karang Indonesia terkenal akan keanekaragaman hayati dan kompleksitas ekologisnya, dan berada di pusat global keanekaragaman hayati laut tropis, yang dikenal dengan *Coral Triangle Initiative* (CTI) meliputi enam negara yaitu Indonesia, Malaysia, Filipina, Timor Leste, Papua Nugini dan Kepulauan Salomon. Di kawasan ini, keragaman terumbu karangnya melebihi 500 spesies, dan sekitar 70% dari total spesies di Indo-Pasifik (Veron 2000). Kawasan ini juga menyediakan keragaman jenis ikan karang yang tinggi (Allen & Steene, 1994), dan jelas secara global merupakan kawasan dengan cadangan utama keanekaragaman hayati di laut tropis (Turak & DeVantier, 2003). Luasnya kawasan terumbu karang yang ada di Indonesia terutama di pulau-pulau terdepan, memerlukan teknik pemetaan terumbu karang sehingga pemantauannya dapat dilakukan secara efektif. Teknik pemantauan ini dapat dilakukan secara spasial dengan memanfaatkan data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG). Pendekatan ini sudah banyak dilakukan diantaranya pemetaan dengan pendekatan konservasi habitat terumbu karang di Kaledonia Baru (Deas *et al.*, 2014), kajian terkait perubahan habitat pada ekosistem terumbu karang di Laut Merah, Hurghada, Mesir (El-Askary *et al.*, 2014) dan di Pulau Bunaken Sulawesi Utara dimana untuk pertama kalinya di Indonesia klasifikasi detail >150 jenis habitat dengan menggunakan data citra resolusi tinggi (2m), Geoeye-1 (Ampou *et al.*, 2017), dan telah memberikan hasil kajian yang baik untuk mendukung pengelolaan kawasan terumbu karang.

Secara geomorfologi, habitat bentik yang ditemukan di

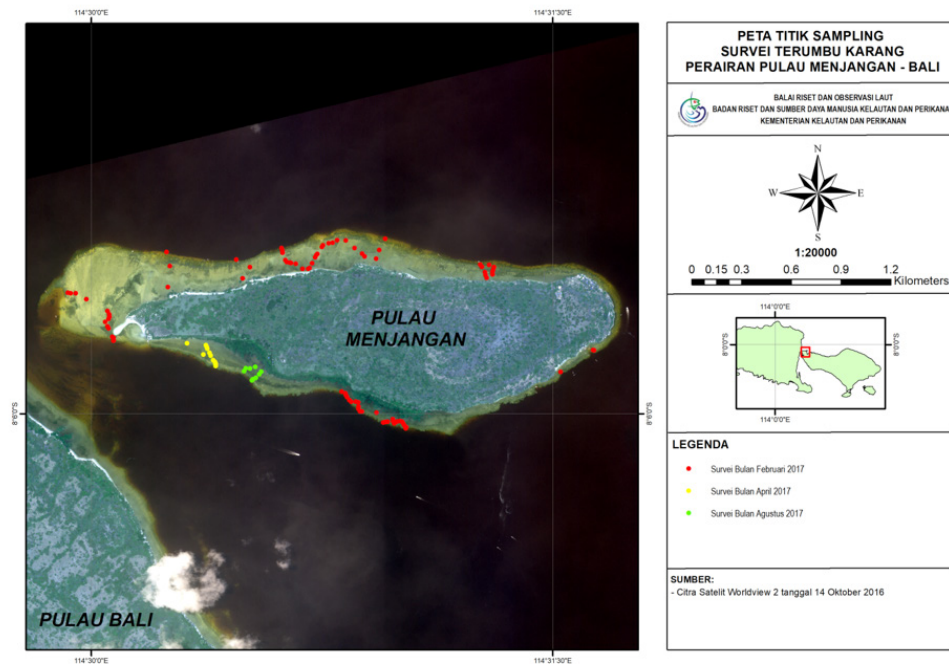
ekosistem karang meliputi endapan sedimen (misalnya pasir dan lumpur), bakau, vegetasi yang terendam (misalnya lamun dan alga), terumbu karang *hermatypic* dan habitat dasar keras yang terjajah (misalnya, tonjolan dan alur, *patch reef*, dan *pavement*, *gorgonian* dan batuan dasar), dan substrat keras lainnya (*rubble* dan batuan tidak berlapis). Zona struktural yang khas termasuk terumbu depan, rata-rata terumbu dan Lagoon (Rohmann *et al.*, 2005). Umumnya, habitat dapat didefinisikan sebagai entitas spasial dan fungsional yang ditandai oleh berbagai parameter biologis dan abiotik, pada skala spasial tertentu yang bergantung pada konteksnya (Galparsoro *et al.*, 2012). Untuk pemetaan habitat menggunakan penginderaan jauh, habitat digambarkan oleh empat jenis variabel yang merujuk masing-masing pada geomorfologi, arsitektur, tutup benturan dan taksonomi dari spesies struktural yang dominan untuk area yang dapat mencakup antara beberapa meter persegi sampai beberapa ribu meter persegi (Andréfouët 2014, 2016).

Skema hirarkis memungkinkan pengguna untuk melakukan detail tematik dari peta habitat yang dihasilkan agar sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Ini adalah aspek penting dari skema karena menyediakan mekanisme untuk membandingkan dan membedakan peta digital yang berasal dari berbagai platform penginderaan jarak jauh. Kemampuan untuk menerapkan komponen skema ini bergantung pada kemampuan untuk mengidentifikasi dan menggambarkan fitur tertentu pada citra penginderaan jarak jauh dan menilai keakuratan peta habitat bentik yang dihasilkan. Selanjutnya, struktur hirarki skema ini memungkinkan pengguna menambahkan kategori habitat ke peta yang dihasilkan melalui analisis SIG (Rohmann, 2008). Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pemetaan habitat bentik ekosistem terumbu karang secara geomorfologi di Pulau Menjangan, Taman Nasional Bali Barat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai data dukung dalam perencanaan dan pengelolaan kawasan Taman Nasional Bali Barat.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di perairan Pulau Menjangan yang menjadi salah satu objek wisata di Bali. Secara geografis, lokasi penelitian terletak pada posisi 8,08°LS - 8,12°LS dan 114,48°BT - 114,55°BT (Gambar 1). Lokasi Penelitian merupakan bagian dari Taman Nasional Bali Barat, yang berevolusi dari Suaka



Gambar 1. Lokasi penelitian dan sampling foto transek habitat.
 (Februari : *ground check* habitat, April dan Agustus: training dan kontrol habitat).
Figure 1. Location of research and sampling of photo transect habitat.
 (February : *ground check* habitat, April and August: training and habitat control).

Margasatwa Bali Barat yang didirikan pada tahun 1947. Pulau Menjangan ditambahkan ke cadangan Taman Nasional Bali Barat pada tahun 1978 (Polunin, Halim, & Kvalvagnaes 1983; Doherty *et al.*, 2011), dan sejak tahun 1984 menjadi salah satu Kawasan Perlindungan Laut pertama di Indonesia.

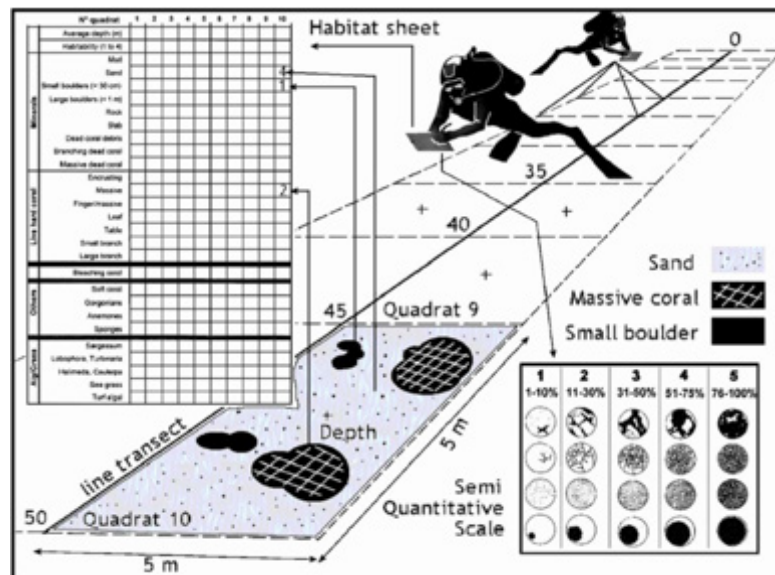
Pengumpulan data

Sebelum melakukan pengumpulan data lapangan (*ground truthing*) terlebih dahulu dilakukan analisis citra satelit *Worldview 2* tanggal 14 Oktober 2016 dengan resolusi spasial 2 meter. Penelitian untuk mendeskripsikan klasifikasi habitat pada ekosistem terumbu karang seperti ini pernah dilakukan di pulau Bunaken dengan menggunakan data citra *Geoeye-1* 28 Maret 2014 (res. 2m) (Ampou *et al.*, 2017). Selanjutnya menggunakan program ENVI v4.7 untuk melihat validasi tekstur habitat. Data citra satelit diperoleh dari data *archieved* INDESO. Pengumpulan data lapangan dilakukan sebanyak 3 kali survei lapangan yaitu bulan Februari 2017 mengumpulkan 82 titik pengamatan sebagai *ground check*, April 2017 dan Agustus 2017 sebagai kontrol habitat dengan masing-masing titik pengamatan sebanyak 14 dan 8 titik. Pengambilan data lapangan (Gambar 2), dilakukan dengan teknik pendekatan skala menengah (Clua *et al.*, 2006). Dengan

pendekatan skala menengah (*Medium Scale Approach-MSA*) (Clua *et al.*, 2006) dan estimasi kuadrat 5x5m dan melihat tutupan bentik (English, Wilkinson, & Baker 1997a) diikuti dengan pergerakan penyelam dalam melakukan penghitungan habitat bentik Skala Semi Kuantitatif (SSK): 0 (0%), 1 (1-10%), 2 (11-30%), 3 (31-50%), 4 (51-75%) and 5 (76-100%) dan dengan relatif mudah dapat mengidentifikasi habitat > 25m² (Dahl, 1981; Clua *et al.*, 2006) (Gambar 2). Dimana umumnya metode ini dilakukan secara *in-situ*, namun bisa juga dilakukan dengan foto transek (Andréfouët, 2008). Teknik ini telah diaplikasikan juga oleh Scopéltis *et al.* (2009) dan Ampou (2016) dengan tenaga ahli (*surveyor*) ekosistem terumbu karang yang berpengalaman terbukti dapat dengan cepat menyelesaikan 6 - 8 transek dalam sehari pada daerah rata-rata terumbu.

Analisis habitat bentik

Data lapangan berupa foto transek habitat terumbu karang yang terkumpul kemudian dianalisis secara visual dengan menggunakan komputer untuk melihat luas tutupan (semi kuantitatif) (Clua *et al.*, 2006), *rugosity*, bentuk pertumbuhan dan spesies dominan (Andréfouët 2014, 2016). Untuk kategori *rugosity* terbagi dalam skala 0 - 5 yang menunjukkan tingkat



Gambar 2. Proses karakteristik habitat pada ekosistem terumbu karang dimana representasi grafis dari transek 50 m dibagi dalam 20 kuadrat masing-masing 25 m untuk deskripsi habitat. SQS-Semi *Quantitative Scale* (Skala Semi Kuantitatif) tersedia di lembar data untuk memudahkan evaluasi komponen utama. Dalam contoh, kuadran terakhir (No. 10) sisi kiri transek terutama terdiri dari pasir (koefisien 4), maka karang besar (koefisien 2) dan batu kecil (koefisien 1). Jumlah nilai persentase tertinggi untuk ketiga koefisien ini adalah 100%. Kedalaman diukur di tengah kuadrat. (Clua *et al.*, 2006)

Figure 2. The process of habitat characteristics in coral reef ecosystems where the graphical representation of the 50 m transect is divided into 20 squares of 25 m each for habitat descriptions. SQS-Semi *Quantitative Scale* is available on the data sheet to facilitate evaluation of key components. In the example, the last quadrant (No. 10) of the left side of the transect consists primarily of sand (coefficient 4), then large coral (coefficient 2) and small stone (coefficient 1). The highest percentage percentage percentage for these three coefficients is 100%. The depth is measured in the middle of the squared (Clua *et al.*, 2006)

variasi amplitudo ketinggian permukaan dalam hal ini habitat ekosistem terumbu karang, bentuk pertumbuhan dikategorikan dengan klasifikasi habitat sedangkan spesies dominan menggambarkan suatu contoh habitat yang didominasi oleh satu jenis karang tertentu (Andréfouët, 2014).

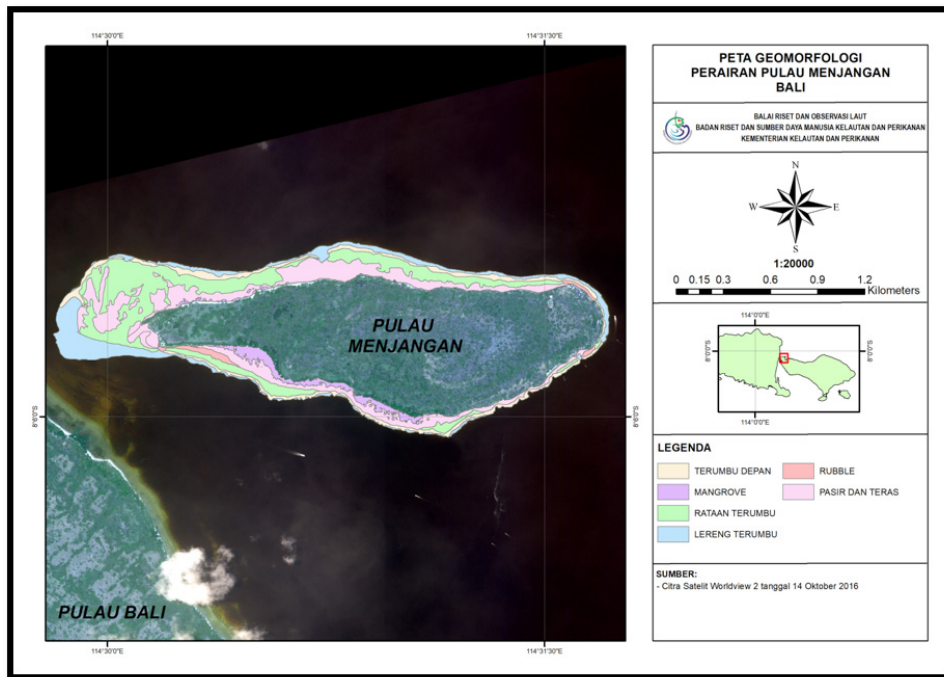
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis geomorfologi di Pulau Menjangan terdapat 6 kategori yakni: mangrove, terumbu depan, rata-rata terumbu, lereng terumbu, *rubble*, pasir dan teras (Gambar 3). Dari hasil observasi langsung di lapangan menunjukkan bahwa ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem unik dimana hanya terdapat pada sisi selatan pulau Menjangan yang didominasi oleh spesies *Cerriops tagal* (Ampou *et al.*, 2017). Sedangkan ke lima kategori lainnya terdistribusi relatif secara merata. Pada penelitian ini tidak menggunakan data multi-citra. Lain halnya jika tujuannya untuk melihat perubahan habitat (*change detection*), maka menggunakan data multi-citra satelit adalah hal yang diharuskan dan wajib dilakukan.

Ketersediaan data citra satelit yang representatif dengan resolusi tinggi pada *archieved data* menjadi salah satu penentu dalam melihat ketersediaan data yang representatif.

Jika dilihat secara seksama maka jarak *ground truth* pertama kali dengan data citra hanya selisih ± 4 bulan, artinya pada lokasi penelitian lebih cenderung homogen dan tidak berpengaruh signifikan terhadap proses klasifikasi habitat.

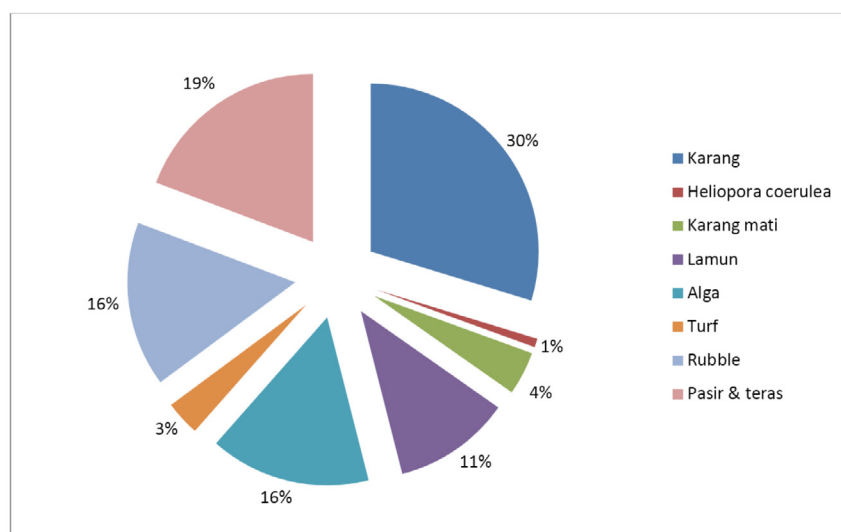
Beberapa kajian di pulau Menjangan telah dilakukan seperti Hariyanto & Lingga (2016) dengan melihat perubahan luasan terumbu karang menggunakan data citra Landsat-8, total luasan terumbu karang periode 2014-2015 sebesar 0,84 ha. Aplikasi model pun dilakukan oleh Aryawan (2012) dimana dengan rekayasa sistem perangkat lunak, yang menggunakan tahapan-tahapan dari prosedur *System Development Life Cycle* (SDLC) serta bahasa pemrograman *web PHP* dengan melihat pola perubahan ekosistem habitat di Pulau Menjangan.



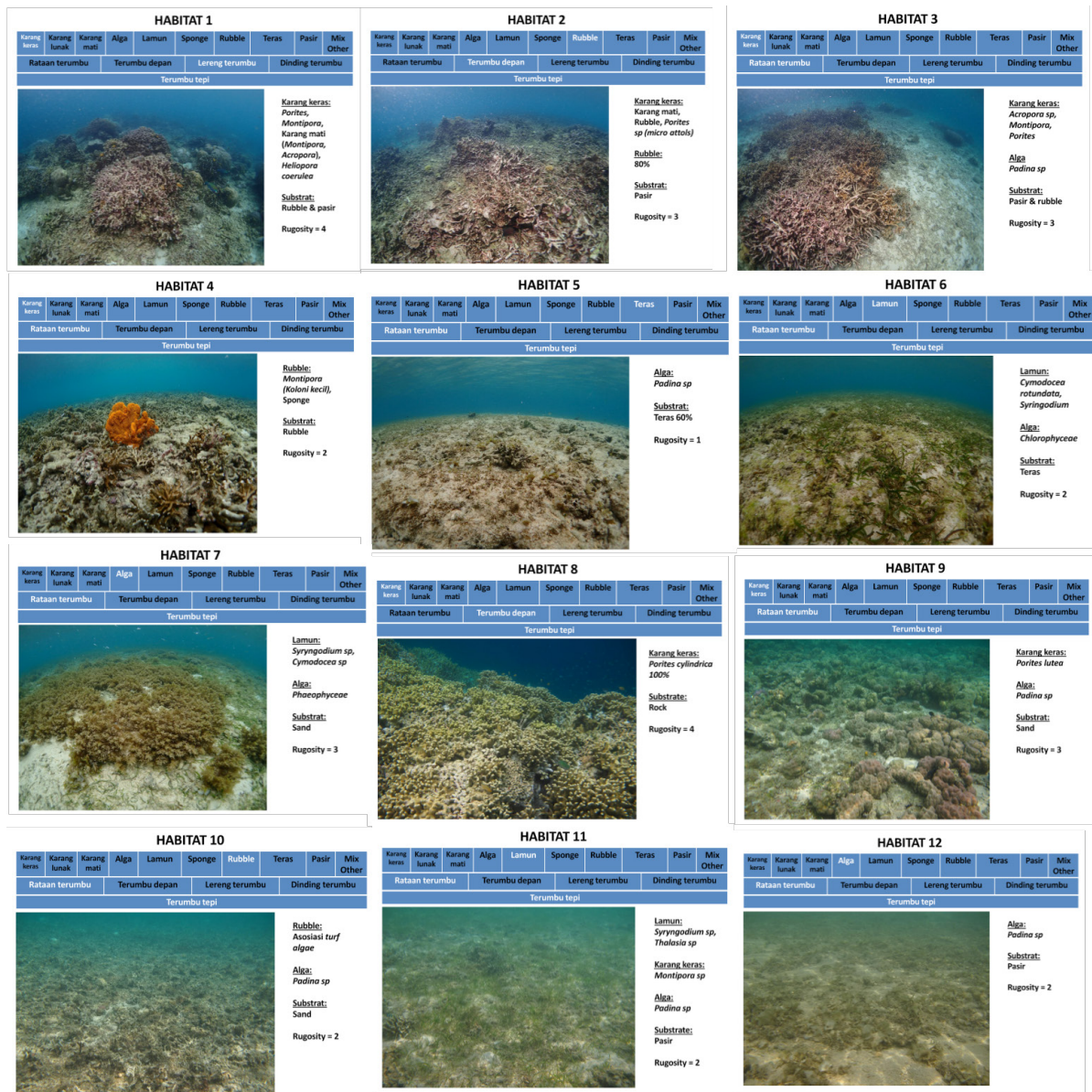
Gambar 3. Geomorfologi Pulau Menjangan dengan 6 tipe habitat.
 (Sumber : 1. Peta Rupa Bumi Indonesia 2016 terbitan BIG; 2. Data citra satelit *Worldview 2*, 16/10/14)
 Figure 3. Menjangan Island Geomorphology with 6 types of habitat.
 (1. Indonesian Earth Map, BIG, 2016; 2. Satellite image data of *Worldview 2*, 16/10/14)

Dalam penelitian model klasifikasi supervisi dimana setelah memasukkan beberapa formula yang telah ditentukan sebelumnya berdasarkan data *in-situ* dan tekstur citra habitat benthik dapat dideteksi secara otomatis (Iovan *et al.*, 2015). Dengan melakukan detail mapping habitat seperti salah satu contohnya yang dilakukan di Pulau Bunaken yang termasuk dalam kawasan CTI dan penelitian pertama di Indonesia yang menggunakan data citra beresolusi tinggi dengan

tingkat akurasi assessment >70% dimana secara rinci ditemukan >150 jenis klasifikasi habitat (Ampou, Ouillon, & Andréfouët, 2017) serta aplikasi dengan menggunakan *Drone* dengan resolusi lebih tinggi yakni < 2 cm (Casella *et al.*, 2017). Namun menurut hasil kajian periodik dari laporan survei yang dilakukan oleh Doherty *et al.* (2011) menyatakan bahwa Secara keseluruhan, tutupan karang rata-rata bervariasi dari 15,9-28,1% dan 28,3-31,1% dalam kurun waktu 2002 dan 2011. Tutupan karang meningkat secara



Gambar 4. Persentase tutupan habitat benthik.
 Figure 4. Percentage of benthic habitat cover.



Gambar 5. Kartu identifikasi geomorfologi 12 jenis habitat di Pulau Menjangan dengan pendekatan MSA. (Medium Scale Approach)
 Figure 5. Geomorphological identification card of 12 habitat types on Menjangan island with MSA. (Medium Scale Approach)

signifikan dari tahun 2002 sampai 2011 di semua zona pengelolaan, namun tidak ada perbedaan tutupan karang di antara zona pengelolaan. Pada daerah rata-rata terumbu depan bagian utara dan sebagian barat serta lereng terumbu di Pulau Menjangan jenis karang lebih bervariasi sedangkan pada bagian selatan lebih homogen dengan jenis karang *Scleractinia* (*Porites sp* dan *Porites cylindrica*) (Gambar 3).

Hasil survei yang dilakukan menunjukkan bahwa persentasi karang hidup di pulau Menjangan adalah 30% berdasarkan pendekatan MSA (Gambar 4).

Secara umum berdasarkan monitoring luas tutupan

karang dengan Skala Semi Kuantitatif berada pada kategori 3 (31-50%) hal ini menunjukkan relatif tidak adanya perubahan signifikan sejak dilakukannya monitoring di tahun 2011 oleh Doherty *et al.* (2011), sedangkan *rugosity* rata-rata 3, dengan bentuk pertumbuhan sedang dan dengan dominasi jenis kategori habitat dalam 12 jenis yang berbeda (Gambar 5). 30% yang meliputi beberapa jenis karang keras (*Scleractinia*) yakni *Acropora sp.*, *Montipora sp.*, *Porites lutea* dan *Porites cylindrica*; Rubble & Alga (dari divisi *Chlorophyta* dan *Phaeophyta*) masing-masing sebesar 16%; Pasir 12%; Lamun (diantaranya *Syringodium sp.*, *Cymodocea sp* dan *Thalasia sp*) 11% dan sisanya adalah asosiasi karang *Heliopora coerulea* (*non Scleractinia*),

karang mati dan teras. Daerah rata-rataan terumbu memiliki kategori *rugosity* berada pada level 1 - 2, sedangkan terumbu depan dengan *rugosity* level 3 - 4. Dari total komposisi habitat di pulau Menjangan khususnya pada daerah rata-rataan terumbu menunjukkan dari 8 kategori habitat kisaran 10-20 persen di dominasi oleh lamun, *rubble*, alga dan pasir-teras, 4% karang mati lebih dominan berada pada bagian utara pulau dimana posisi geografisnya lebih terbuka daripada di bagian selatan. 3% turf menyebar secara merata di semua daerah dan yang paling unik adalah karang biru *Heliopora coerulea* yang hidup secara homogen pada bagian barat laut. Hal ini menunjukkan bahwa monitoring secara langsung di lapangan menggunakan data citra resolusi tinggi akan lebih jelas dalam proses klasifikasi habitat dan berbeda dengan hanya menggunakan data citra resolusi rendah tanpa observasi langsung (Hariyanto & Lingga, 2016).

Berdasarkan keterwakilan habitat menggunakan kartu identifikasi tipologi (Andréfouët, 2014), ekosistem pulau Menjangan terdiri dari 12 jenis habitat, tergolong tipe terumbu tepi dengan tipologi rata-rataan terumbu, terumbu depan, lereng terumbu dan dinding terumbu (Gambar 5).

Hasil observasi langsung dengan sensus visual (English, Wilkinson, & Baker 1997; Bianchi *et al.*, 2004) menunjukkan bahwa di bagian Utara, Barat Laut dan Timur Laut di Pulau Menjangan habitat bentik pada daerah lereng terumbu cenderung homogen dengan habitat : 1, 2 dan 3, sedangkan pada daerah rata-rataan terumbu lebih heterogen dengan keberadaan dominasi habitat : 4, 5, 6, 7, 10, 11 dan 12 (Gambar 5). Sebaliknya di bagian Selatan, tenggara dan barat daya Pulau Menjangan habitat bentik khususnya pada daerah lereng terumbu homogen dengan habitat: 8 dan 9. Untuk daerah rata-rataan terumbu heterogen dengan habitat: 5, 6, 10, 11 dan 12 (Gambar 5). Kondisi karang hidup dengan persentase tinggi adalah habitat 1 sedangkan yang paling rendah adalah habitat 2 (Gambar 5). Kajian lain yang menggunakan metode yang sama telah dilakukan oleh Scopéltis *et al.* (2009) tentang perubahan ekosistem terumbu karang di kepulauan La Reunion dan Ampou *et al.* (2017) di pulau Bunaken ditemukan >150 jenis habitat berbeda.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pulau Menjangan memiliki karakteristik geomorfologi habitat yang unik terdiri dari enam kategori yakni terumbu depan, mangrove, rata-rataan terumbu, lereng terumbu, *rubble* dan pasir-teras dan terbagi dalam 12 jenis habitat bentik yang memiliki tutupan karang

hidup mencapai 30% didominasi oleh karang keras dari jenis *Scleractinia* yang berasosiasi dengan bentik lainnya (alga, lamun dan *spons*). Ketersediaan data habitat ini dapat dijadikan acuan bagi pengelolaan kawasan Taman Nasional di Bali Barat, sehingga dapat mendukung dalam rezonasi Kawasan Konservasi di Pulau Menjangan dan sekitarnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Taman Nasional Bali Barat yang telah memberikan ijin pelaksanaan penelitian dan tim Bidang Kepakaran Dinamika Pesisir yang telah membantu dalam pengumpulan data lapangan. Penelitian ini dibiayai dari DIPA Balai Riset dan Observasi Laut TA 2017 dengan judul penelitian “Sistem Informasi Spasial untuk Daerah Penangkapan Ikan dan Perubahan Lingkungan Pada Ekosistem Pesisir”.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, G. R., & Steene, R. (1994). *Indo-Pacific Coral Reef Field Guide*. Tropical Reef Research 378pp.
- Ampou, E.E. (2016). “*Caractérisation de La Résilience Des Communautés Benthiques Récifales Par Analyse d’images à Très Haute Résolution Multi-Sources : Le Cas Du Parc National de Bunaken, Indonésie*”. France: Université Toulouse III Paul Sabatier. <http://thesesups.ups-tlse.fr/3412/>.
- Ampou, E. E., Ouillon, S. & Andréfouët, S. (2017). “Challenges in Rendering Coral Triangle Habitat Richness in Remotely Sensed Habitat Maps: The Case of Bunaken Island (Indonesia)”. *Marine Pollution Bulletin*, October. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.026>.
- Ampou, E.E., F. Sidik, A. Yunanto, N. Widagti, R. Hanintyo, N. Pradisti, C.K. Tito, et al. (2017). Laporan Kegiatan Riset Dinamika Pesisir. Sistem Informasi Spasial Untuk Daerah Penangkapan Ikan dan Perubahan Lingkungan Pada Ekosistem Pesisir. Laporan Akhir Kegiatan Riset. Balai Riset dan Observasi Laut.
- Andréfouët, S. (2008). “Coral Reef Habitat Mapping Using Remote Sensing: A User vs Producer Perspective. Implications for Research, Management and Capacity Building”. *Journal of Spatial Science* 53 (1): 113–29. <https://doi.org/10.1080/14498596.2008.9635140>.
- Andréfouët. (2014). “*Fiches d’identification des habitats récifo-lagonaires de Nouvelle-Calédonie*”. Notes techniques 6. Sciences de la Mer. Biologie Marine. Nouméa : IRD. Open access content Open access content star. OAIster. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsoai&AN=edsoai.907520689&lang=fr&site=eds-live>.
- Andréfouët. (2016). “Contribution à l’étude de La Biocomplexité Des Récifs Coralliens de l’Indo-

- Pacifique : Le Cas Des Atolls". UMR ENTROPIE, IRD.
- Aryawan, I. K. B. M. (2012). "Sistem Pakar Identifikasi Terumbu Karang Menggunakan Metode Certainty Factor (Studi Kasus Rataan Terumbu Karang Di Perairan Pulau Menjangan Bali)". Kumpulan Artikel Mahasiswa Teknik Informatika (KARMAPATI) 1 No. 1 (May).
- Bianchi, C. N., Pronzato, R., Cattaneo-Vietti, R., Benedetti Cecchi, L., Morri, C., Pansini, P., Chemello, R., *et al.* (2004). "Hard Bottoms". *Biol. Mar. Medit.* 11: 185–215.
- Casella, E., Collin, A., Harris, D., Ferse, S., Bejarano, S., Parravicini, V., Hench, J. L. & Rovere, A. (2017). "Mapping Coral Reefs Using Consumer-Grade Drones and Structure from Motion Photogrammetry Techniques". *Coral Reefs* 36 (1): 269–75. <https://doi.org/10.1007/s00338-016-1522-0>.
- Clua, E., Legendre, P., Vigliola, L., Magron, F., Kulbicki, M., Sarramegna, S., Labrosse, P. & Galzin, R. (2006). "Medium Scale Approach (MSA) for Improved Assessment of Coral Reef Fish Habitat". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 333 (2): 219–30. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2005.12.010>.
- Dahl, A. L. (1981). "Coral Reef Monitoring Handbook". South Pacific Commission Noumea, New Caledonia.
- Dahuri, R. (2003). *Keanekaragaman Hayati Laut Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Deas, M., Andréfouët, S., Léopold, M. & Guillemot, N. (2014). "Modulation of Habitat-Based Conservation Plans by Fishery Opportunity Costs: A New Caledonia Case Study Using Fine-Scale Catch Data". *Plos One* 9 (5): e97409–e97409. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097409>.
- Doherty, O., Milner, C., Dustan, P., Campbell, S., Pardede, S., Kartawijaya, T. & Alling, A. (2011). "Report on Menjangan Island's Coral Reef: A Bali Barat National Park Marine Protected Area". Indonesia Marine Program, (2014). "Change Detection of Coral Reef Habitat Using Landsat-5 TM, Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI Data in the Red Sea (Hurghada, Egypt)". *Int. j. Remote Sens.* 35 (5–6): 2327–46.
- English, S., Wilkinson, C. & Baker, V (1997a). "Survey Manual for Tropical Marine Resources". 2nd edition., ASEAN. Townsville, Australia: Australia Marine Science Project, Living Coastal Resources, Australian Institute of Marine Science.
- Galparsoro, I., Connor, D. W., Borja, A., Aish, A., Amorim, P., Bajjouk, T., Chambers, C., *et al.* (2012). "Using EUNIS Habitat Classification for Benthic Mapping in European Seas: Present Concerns and Future Needs". *Marine Pollution Bulletin* 64: 2630–38. <https://doi.org/doi:10.1016/j.marpolbul.2012.10.010>.
- Global Maritime Boundaries Database. (2016). "World Vector Shoreline, US Defence Mapping Agency".
- Hariyanto, T. & Lingga, A. (2016). "Analisa Perubahan Luasan Terumbu Karang Dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Pulau Menjangan, Bali)". *GEOID* 01 No. 02 (February): 171–75.
- Iovan, C., Ampou, E., Andréfouët, S., Ouillon, S. & Gaspar P. (2015). "Change Detection of Coral Reef Habitats from Multi-Temporal and Multi-Source Satellite Imagery in Bunaken, Indonesia". 2015 8th International Workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images. <http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=7235770>.
- Polunin, N.V. C., Halim, M. K. & Kvalvagnaes, K. (1983). "Bali Barat: An Indonesian Marine Protected Area and Its Resources". *Biological Conservation* 25: 171–91.
- Rohmann, S. O. (2008). "A Classification Scheme for Mapping the Shallow-Water Coral Ecosystems of Southern Florida". Coral Reef Conservation Program-NOAA, Version 3.2.
- Rohmann, S. O., Hayes, J. J., Newhall, R. C., Monaco, M. E. & Grigg, R. W. (2005). "The Area of Potential Shallow-Water Tropical and Subtropical Cal Coral Ecosystems in the United States". *Coral Reefs* 24: (3):370-383.
- Scopéltis, J., Andréfouët, S., Phinn, S., Chabanet, P., Naim, O., Tourrand, C. & Done, T. (2009). "Changes of Coral Communities over 35 Years: Integrating in Situ and Remote-Sensing Data on Saint-Leu Reef (La Réunion, Indian Ocean)". *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 84: 342–52.
- Tomascik, T., Clarke, A. J., Nontji, A. & Moosa, M. K. (1997). "The Ecology of Indonesian Seas," Part I. *The Ecology of Indonesia Series*, Volume VII. Periplus. Vol. VII. Singapore.
- Turak, E. & DeVantier, L. (2003). "Reef-Building Corals of Bunaken National Park, North Sulawesi, Indonesia: Rapid Ecological Assessment of Biodiversity and Status". Final Report to the International Ocean Institute Regional Centre for Australia & the Western Pacific.
- Veron, J. E. N. (2000). "Coral Taxon Names Published in 'Corals of the World'". *Bulletin of Zoological Nomenclature* 68 (3): 162.
- Wouthuyzen, S., Abrar, M. & Lorwens, J (2015). "Pengaruh Kejadian Pemutihan Karang Tahun 2010 Di Perairan Indonesia Melalui Analisis Suhu Permukaan Laut". *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia* 1 (3): 305–27.