

KLASIFIKASI SUBSTRAT DASAR HABITAT BENTIK MENGUNAKAN CITRA SATELIT SENTINEL-2 DI PULAU DENAWAN KABUPATEN KOTABARU

CLASSIFICATION OF BENTHIC HABITAT BASE SUBSTRATE USING SENTINEL-2 SATELLITE IMAGERY ON DENAWAN ISLAND KOTABARU REGENCY

Risman¹ Muhammad Syahdan¹ Frans Tony¹

¹ Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Lambung Mangkurat
Jalan A. Yani Km 36,5 Simpang 4, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia

Corresponding author. Email: rismanjr008@gmail.com

Abstrak

Habitat bentik pada perairan dangkal di daerah tropis didominasi oleh substrat lumpur, pasir, pecahan karang, batu, alga, karang mati, karang lunak, karang keras dan lamun. Beberapa fungsi habitat bentik diantaranya sebagai tempat mencari makan, bertelur dan berpijah biota laut, pelindung pantai dari gelombang, menyerap karbon, serta sebagai tempat pariwisata. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan klasifikasi substrat dasar habitat bentik di Pulau Denawan menggunakan data citra Sentinel-2B dengan metode Object Based Image Analysis dan data lapangan berupa persentase tutupan substrat dasar menggunakan metode Rapid Reef Inventory yang diklasifikasikan dengan metode Agglomerative Hierarchical Clustering. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 4 kelas dominan penyusun habitat bentik di Pulau Denawan yaitu kelas campuran (rubble, sand dan dead coral alga) dengan luasan 20,49 Ha; makro alga 7,53 Ha; dead coral 7,23 Ha; hard coral 23,53 Ha. Nilai total akurasi yang dihasilkan yaitu 90,48%.

Kata Kunci: Habitat bentik, OBIA, Sentinel-2B, Pulau Denawan

Abstract

Benthic habitat in shallow waters in the tropics is dominated by a substrate of mud, sand, coral fragments, rocks, algae, dead corals, soft corals, hard corals and seagrass. Some of the functions of benthic habitat include as a place to forage, lay eggs and colonize marine life, protect the coastline from waves, absorb carbon, and tourism. This study aims to map the classification of benthic habitat base substrates on Denawan Island using Sentinel-2B image data with the Object Based Image Analysis method and field observation in the form of percentages of basic substrate cover using the Rapid Reef Inventory method classified by the Agglomerative Hierarchical Clustering method. The results showed that there are 4 dominant classes of benthic habitat on Denawan Island, namely, mixed classes (rubble, sand and dead coral algae) with an area of 20.49 Ha; macro algae 7.53 Ha; dead coral 7.23 Ha; hard coral 23.53 Ha. The overall accuracy value is 90.48%.

Keywords: Benthic habitat, OBIA, Sentinel-2B, Denawan Island

PENDAHULUAN

Perairan dangkal umumnya memiliki ekosistem seperti padang lamun dan terumbu karang atau bisa disebut juga dengan habitat bentik. Habitat bentik memiliki sifat yang sangat rentan akan perubahan lingkungan, seperti kenaikan suhu air laut dan menurunnya kualitas perairan, hal ini akan menyebabkan kerusakan pada ekosistem tersebut sehingga fungsi atau peranannya tidak berjalan dengan maksimal. Beberapa fungsi habitat bentik diantaranya sebagai tempat mencari makan, bertelur dan berpijah biota laut, pelindung pantai dari gelombang, menstabilkan sedimen, penjernihan air, menyerap karbon, sumber material industri dan farmasi, serta sebagai tempat pariwisata.

Habitat bentik tersebar di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, salah satunya adalah di Pulau Denawan, pulau ini memiliki luas ± 46 Ha berada di Kecamatan Pulau Sembilan Kabupaten Kotabaru Provinsi Kalimantan Selatan. Untuk bisa sampai ke pulau ini dari ibu kota provinsi membutuhkan waktu sekitar ± 20 jam perjalanan yang meliputi perjalanan darat dan laut serta biaya yang tidak sedikit, sehingga dibutuhkan teknologi yang mampu memberikan informasi yang cepat, tepat dan akurasi tinggi. Penginderaan jauh merupakan teknologi yang dapat mengatasi tantangan tersebut.

Citra satelit Sentinel-2 menjadi alternatif baru dalam menyediakan informasi permukaan bumi, selain akses perolehan data yang mudah tanpa biaya (*open source*), resolusi spasial 10×10 m²/piksel dibandingkan dengan citra *open source* lainnya. Data citra Sentinel-2 mampu melakukan identifikasi tipologi tutupan substrat dasar perairan dangkal, seperti habitat bentik. Pemanfaatan citra Sentinel-2 untuk penyediaan informasi spasial

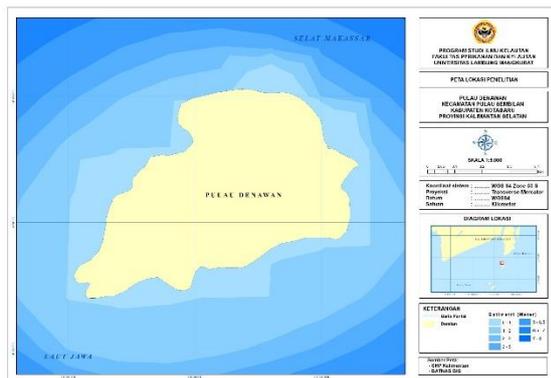
habitat bentik telah banyak dilakukan diantaranya adalah Mastu *et al.* (2018); Semedi *et al.* (2019); Daud dan Putra (2018).

Pulau Denawan dipilih sebagai tempat penelitian karena masih terbatasnya informasi potensi sumberdaya pesisir dan laut yang ada di perairan sekitar pulau tersebut. Pulau ini juga termasuk ke dalam kawasan konservasi perairan (PERDA KALSEL No. 13 Tahun 2018) dan termasuk ke dalam zona inti dan zona perikanan berkelanjutan (KEPMEN KP RI No. 69 Tahun 2020). Informasi mengenai klasifikasi substrat dasar habitat bentik secara spasial seperti karang hidup, karang mati, pecahan karang, alga, pasir dan lamun merupakan komponen penting dan menjadi dasar pertimbangan dalam berbagai aktivitas pengelolaan pulau ini kedepannya mengingat statusnya sebagai kawasan konservasi perairan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan klasifikasi dan mengetahui luasan serta pola sebaran substrat dasar habitat bentik di Pulau Denawan.

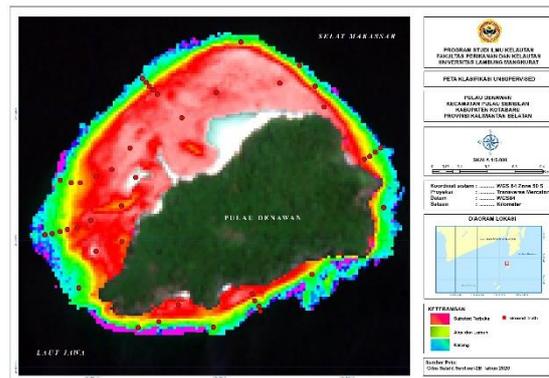
METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2021 - April 2022 di Pulau Denawan Kecamatan Pulau Sembilan Kabupaten Kotabaru (Gambar 1). Jangka waktu penelitian ini meliputi tahap persiapan, studi literatur, perolehan data lapangan, pengolahan dan analisis data serta penyusunan laporan akhir. Analisis data citra dilakukan di Laboratorium SIG dan Penginderaan Jauh Kelautan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Lambung Mangkurat.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Peta Klasifikasi *Unsupervised*

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk perolehan data di lapangan yaitu peta lokasi penelitian, kapal motor, peralatan selam dasar, kamera bawah air, alat tulis dan GPS Garmin 64csx.

Alat dan bahan yang digunakan pada saat pengolahan dan analisis data yaitu perangkat komputer, *software* ENVI 5.3, Erdas Er Mapper 2015, ArcMap 10.5, MS. Excel 2016, XLSTAT 2022 dan data citra Sentinel-2B tahun 2020.

Perolehan Data

Data Citra dan GTH (Ground Truth Habitat)

Data citra satelit diperoleh dari *European Space Agency* (ESA) pada situs <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>. Citra yang digunakan merupakan citra satelit Sentinel-2B dengan akuisisi pada bulan Maret tahun 2020. Sedangkan perolehan data GTH (*Ground Truth Habitat*) dilakukan dengan cara menginput data koordinat GTH yang telah ditentukan pada peta *unsupervised classification* (Gambar 2) ke GPS untuk dilakukan *cross check*. Penentuan sampel uji lapangan mengacu pada pedoman pemetaan habitat perairan laut dangkal dari LIPI tahun 2014. Penentuan sampel dilakukan dengan metode *purposive dan proportional random sampling*.

Objek Dasar Perairan

Pengamatan objek dasar perairan dilakukan dengan cara identifikasi secara visual untuk mengetahui jenis tutupan substrat dasar menggunakan metode RRI (*Rapid Reef Inventory*) dan foto dokumentasi dengan teknik *snorkeling* pada area pengamatan (Gambar 3). Metode RRI digunakan untuk mengetahui persentase tutupan karang hidup, karang mati, pasir, pecahan karang, alga, padang lamun dan lain-lain. Teknik ini dinilai cukup baik untuk dapat mengestimasi persentase masing-masing kategori bentik bentik dalam waktu yang relatif singkat (CRITC, 2006).



Gambar 3. Cara melakukan pengamatan metode RRI

Pengolahan dan Analisis Data

Data Kelas Habitat Bentik

Kelas habitat bentik dideskripsikan berdasarkan persentase tutupan objek hasil pengamatan secara visual berdasarkan Metode RRI di lapangan dengan luas plot

pengamatan yang diperkirakan 10x10 m² secara imajiner. Nilai persentase objek penyusun habitat benthik ditabulasi pada perangkat lunak pengolahan data Microsoft Excel 2016. Kemudian data dianalisis menggunakan *Agglomerative Hierarchical Clustering* (AHC) pada *software XLSTAT 2022* sehingga dihasilkan dendrogram pengelompokan objek habitat benthik yang akan digunakan sebagai dasar klasifikasi pada proses interpretasi citra.

Data Citra Sentinel-2B

Citra Sentinel-2B level 1C produk terdiri dari 100 Km² ubin (gambar orto dalam proyeksi UTM / WGS84). Produk Level-1C dihasilkan dari penggunaan *Digital Elevation Model* (DEM) untuk memproyeksikan gambar dalam koordinat kartografi. Pengukuran radiometrik per-piksel disediakan dalam reflektansi *Top Of Atmosphere* (TOA) (ESA, 2015). Produk ini merupakan data citra yang telah terkoreksi geometrik. Pengolahan awal data yaitu koreksi radiometrik kemudian komposit band yaitu band 8 (*Near Infrared*) band 3 (*Green*) dan band 2 (*Blue*), kanal *near infrared* digunakan untuk melakukan *masking* pada objek daratan. Kemudian *cropping* dan *masking*. Selanjutnya dilakukan koreksi kolom air berdasarkan algoritma yang dikembangkan oleh Lyzenga (1981) sebagai berikut:

$$Y = (In\ band\ 2) + \left(\frac{ki}{kj}\right) \times In\ band\ 3)$$

$$\frac{ki}{kj} \times a + \sqrt{a^2 + 1}$$

$$a = \frac{(varian\ band\ 3 - varian\ band\ 2)}{(2 \times covarian\ band\ 3\ dan\ band\ 2)}$$

Ki/kj = Rasio koefisien kanal biru dan kanal hijau

Dengan menggunakan persamaan diatas, maka setiap piksel pada citra akan terkonversi menjadi indeks tipe dasar perairan yang terbebas dari pengaruh kedalaman, sehingga dapat menunjukkan identifikasi kelas-kelas objek pada substrat dasar perairan.

Interpretasi Citra

Interpretasi citra merupakan sebuah proses deteksi, klasifikasi, identifikasi dan analisis, serta deliniasi kelas habitat dasar perairan laut dangkal. Secara garis besar interpretasi adalah cara mengidentifikasi dan menilai objek tampak pada citra dari hasil perhitungan Lyzenga. Objek-objek dapat dibedakan dengan jelas sebagai objek karang, lamun, pecahan karang dan pasir. Klasifikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah klasifikasi berbasis objek untuk mengenali objek berdasarkan kelompok piksel, bukan hanya berdasarkan individu piksel. Teknik ini dikenal dengan *Object-Based Image Analysis* (OBIA). Citra hasil klasifikasi menggunakan algoritma klasifikasi terbimbing dianggap sebagai citra *hard classification*. kemudian citra *hard classification* tersebut dihaluskan hasilnya berdasarkan pada batas-batas *poligon* atau area yang dibentuk oleh proses segmentasi citra sebelumnya. Prayuda (2014) hasil *polygon* diproses secara manual dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Segmentasi citra menjadi beberapa bagian *polygon* vektor berdasarkan unsur-unsur interpretasi minimal 3 unsur untuk membedakan objek pada citra, yaitu spektral, pola dan spasial.
- Mengenali hasil segmentasi tiap objek pada citra, diberikan identitas pada setiap *polygon* secara manual dengan menerapkan teknik interpretasi visual.

Klasifikasi citra berbasis objek pada penelitian ini dibagi menjadi 2 level segmentasi, yang meliputi level 1 (*reef level*) yaitu segmentasi antara daratan, perairan dangkal dan laut dalam. Level 2 (habitat benthik) kategori objek ditentukan berdasarkan skema klasifikasi yang diperoleh dari data lapangan yang telah dianalisis.

Perhitungan Luas Substrat Dasar

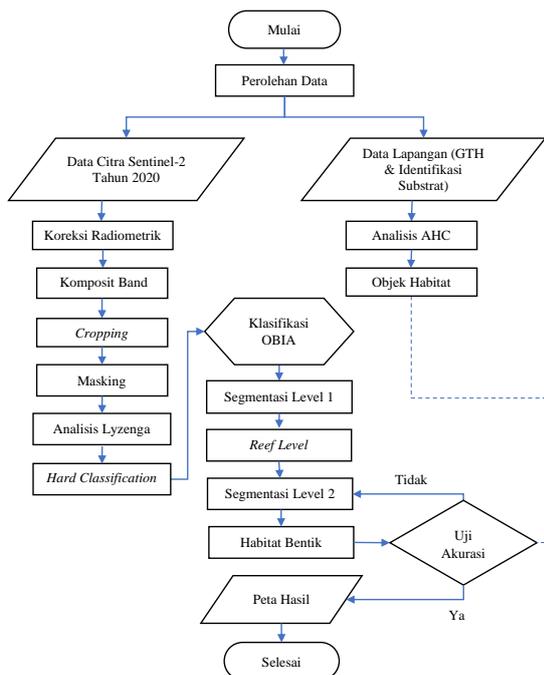
Perhitungan luas substrat merupakan hasil analisis data citra Sentinel-2B tahun 2020 yang telah diklasifikasikan menggunakan metode klasifikasi citra berbasis objek. Hasil klasifikasi berupa data poligon dalam format *Shapefile* (shp), kemudian dihitung menggunakan *tool calculate geometry* pada bagian tabel atribut yang tersedia pada *software* ArcGIS 10.5.

Uji Akurasi

Uji akurasi diperlukan untuk mengetahui tingkat akurasi hasil interpretasi dan untuk mengevaluasi kualitas peta yang dihasilkan. Berdasarkan SNI 7716:2011, batas ketelitian minimal pemetaan habitat dasar perairan dangkal adalah 60%. Perhitungan akurasi yaitu dengan membuat tabel matriks berdasarkan data sampel uji lapangan dan membandingkan kategori hasil klasifikasi citra dengan keadaan sebenarnya di lapangan (Tabel 1).

Tabel 1. Matrik Uji Akurasi

Uji Lapangan	HC	DC	DCA	RB	S	MA	Total	UA (%)
HC	A						∑HC	(A/∑HC)*100
DC		B					∑DC	(B/∑DC)*100
DCA			C				∑DCA	(C/∑DCA)*100
RB				D			∑RB	(D/∑RB)*100
S					E		∑S	(E/∑S)*100
MA						F	∑MA	(F/∑MA)*100
Total Kolom	∑HC	∑DC	∑DCA	∑RB	∑S	∑MA	∑Sampel uji	
FA (%)	(A/∑HC)*100	(B/∑DC)*100	(C/∑DCA)*100	(D/∑RB)*100	(E/∑S)*100	(F/∑MA)*100		
OA (%)	(A+B+C+D+E+F) / ∑Sampel uji * 100							

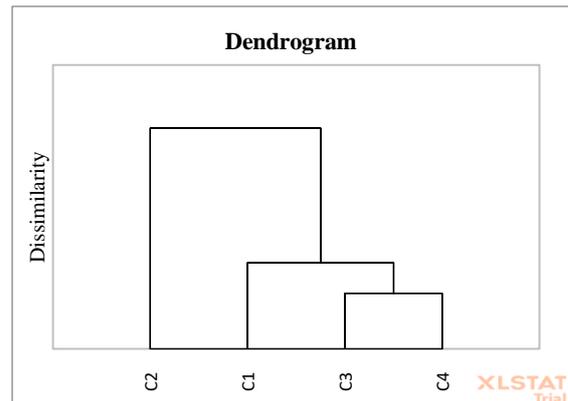


Gambar 3. Bagan Alir Pengolahan Data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ground Truth Habitat (GTH) Bentik

Karakteristik komposisi penyusun habitat bentik di Pulau Denawan diidentifikasi sebanyak 6 habitat yaitu *hard coral*, *dead coral*, *dead coral alga*, makro alga, *rubble* dan pasir. Pembagian jumlah kelas habitat bentik sampai saat ini masih belum mempunyai standar baku yang dapat dijadikan pedoman klasifikasi (Mastu *et al*, 2018). Skema klasifikasi dikembangkan berdasarkan data persentase komposisi penyusun habitat bentik pada lokasi penelitian yang dominan teramati ketika perolehan data GTH di lapangan, yang kemudian didapatkan hasil dendrogram pengelompokan sebanyak 4 kelas habitat (Gambar 4).



Gambar 4. Dendrogram Pengelompokan Kelas Habitat Bentik

Kelas 1 dibangun oleh hard coral dengan jumlah titik sampel yaitu sebanyak 93 titik, kelas 2 dibangun oleh objek campuran yaitu rubble, sand dan dead coral alga dengan jumlah titik sampel sebanyak 44 titik, kelas 3 dibangun oleh dead coral dengan jumlah titik sampel sebanyak 16 titik, kelas 4 dibangun oleh makro alga dengan jumlah titik sampel sebanyak 34 titik. Jumlah total titik GTH yang diperoleh di lapangan adalah sebanyak 187 titik (Gambar 5).



Gambar 5. Peta Sebaran titik GTH Benthik

Klasifikasi Habitat Benthik

Klasifikasi Level 1

Level ini merupakan hasil klasifikasi untuk tahap pertama yang membagi data citra menjadi tiga kelas yaitu darat, perairan dangkal dan laut dalam. Citra yang digunakan untuk tahap ini adalah data citra hasil analisis lyzenga (*hard classification*) (Gambar 6). Pemisahan tiga kelas dimaksudkan untuk memfokuskan segmentasi ulang pada level 2 untuk perairan dangkal, kelas laut dangkal dipilih karena merupakan area habitat benthik (Dwikarsa, 2021).

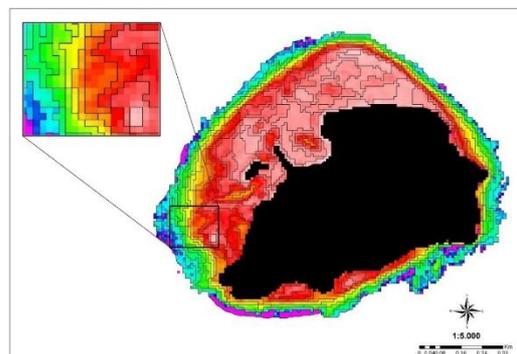


Gambar 6. Hasil Klasifikasi Level 1

Klasifikasi Level 2

Hasil klasifikasi level 1 dari kelas perairan dangkal yang merupakan area habitat benthik disegmentasi kembali untuk menghasilkan kelas-kelas baru. Pengelompokan dilakukan secara manual (*digitasi on screen*) yang dibantu menggunakan data citra *hard classification*. Pixel-pixel yang mempunyai karakteristik yang berdekatan akan dikelompokkan

menjadi 1 kelompok yang nantinya akan dilakukan klasifikasi ulang (Gambar 7).



Gambar 7. Segmentasi Level 2

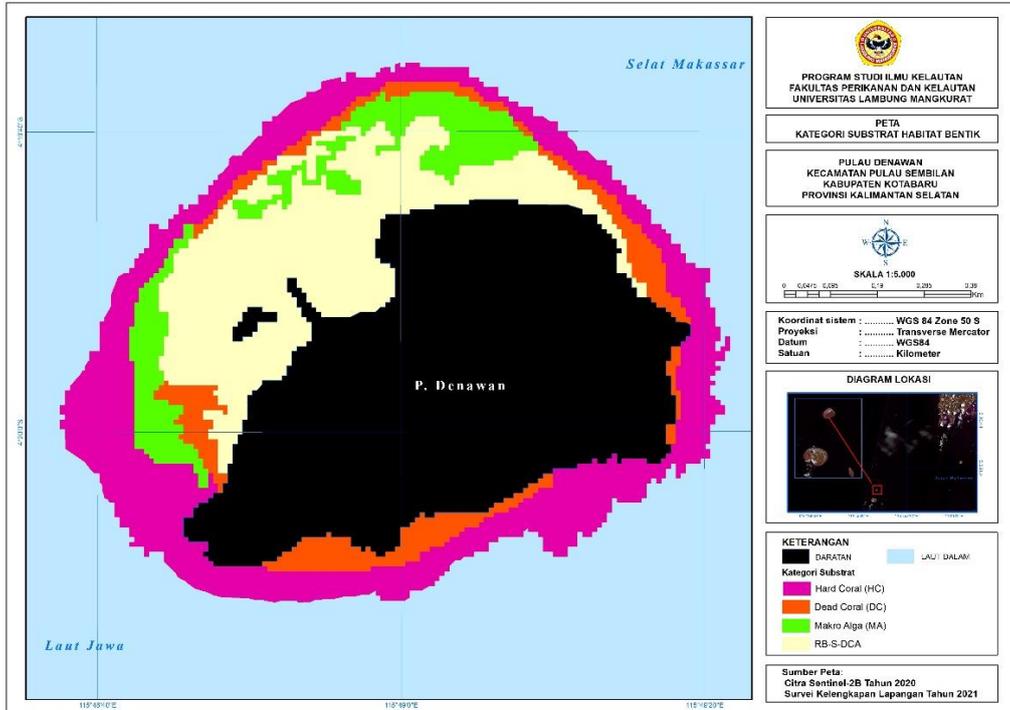
Pengelompokan pixel-pixel menjadi beberapa kelompok secara visual berdasarkan citra komposit warna. Masing-masing warna mewakili objek tertentu, seperti warna merah muda hingga merah tua, area tersebut diprediksi tersusun oleh substrat terbuka seperti pasir dan pecahan karang. Kemudian warna kuning hingga biru, area tersebut diprediksi tersusun dari berbagai objek seperti alga, karang mati hingga karang hidup. Menurut Prayuda (2014) kelas habitat dasar perairan dangkal, habitat karang tersusun oleh material karang yang terdiri atas karang hidup dan karang mati, mempunyai hamparan yang cukup luas dan dapat dibedakan dengan jelas terhadap jenis habitat lain. Habitat tersebut umumnya ditemui pada ujung wilayah ratahan terumbu yang menghadap ke arah laut, mulai dari *reef crest* hingga lereng terumbu (*reef slope*). Namun di beberapa daerah banyak ditemukan hamparan habitat karang dimulai dari garis pantai hingga tubir. Habitat substrat terbuka sebagian besar didominasi oleh substrat pasir, pecahan karang, batu, maupun campuran dari substart-substrat tersebut, biasanya ditemukan daerah ratahan terumbu (*reef flat*).

Identifikasi Objek

Budimansyah (2017) untuk melakukan interpretasi ulang klasifikasi berbasis objek secara visual dapat dilakukan berdasarkan pengetahuan interpreter menggunakan citra

komposit warna dan sampel *training* dari data GTH yang telah diperoleh sebagai dasar penilaian untuk memberikan identitas. Pengelompokan kelas habitat benthik terdapat 4 kelas kategori substart dengan objek-objek yang telah

dikelompokkan (Gambar 8). Empat kategori tersebut yaitu RB-S-DCA (*rubble, sand dan dead coral alga*), DC (*dead coral/karang mati*), MA (*markro alga*) dan HC (*hard coral/karang hidup*).



Gambar 8. Peta Kategori Substrat Habitat Benthik

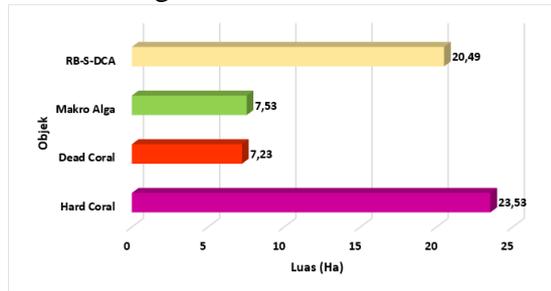
Tabel 2. Kategori Substrat Dasar Habitat Benthik

Kelas Substrat	Kode	Dokumentasi	Kelas Substrat	Kode	Dokumentasi
<i>Rubble, Sand dan Dead Coral Alga</i>	RB-S-DCA		Makro Alga	MA	
<i>Dead Coral</i>	DC		<i>Hard Coral</i>	HC	

Luas Substrat Dasar Habitat Bantik

Kelompok kelas benthik yang mendominasi Pulau Denawan adalah kategori *hard coral/karang hidup* dengan luas 23,53 Ha, sedangkan kategori yang paling sedikit adalah *dead coral/karang mati* dengan luas

7,23 Ha. Kelompok kelas lainnya memiliki luasan area antara lain: makro alga dengan luas 7,53 Ha lalu kelas campuran yaitu RB-S-DCA dengan luas 20,49 Ha.



Gambar 9. Grafik Luasan Kategori Substrat Habitat Bentik

Hasil data lapangan menunjukkan objek pecahan karang (RB), pasir (S) dan karang mati ditumbuhi alga (DCA) menjadi komposisi dominan penyusun habitat bentik pada zona *reef flat*, hal ini terjadi dikarenakan pada area ini sangat dipengaruhi oleh kondisi pasang surut dan lingkungan yang selalu mengalami perubahan salinitas, sinar matahari dan suhu (Blanchon, 2011). Hal ini dibuktikan ketika pengamatan langsung di lapangan pada saat perairan berada pada surut terendah. Zona *reef flat* pada bagian barat daya Pulau Denawan sebagian besar terekspos langsung ke permukaan tanpa adanya badan air yang melindungi substrat dasar di bawahnya (Gambar 10), sehingga banyak karang yang mengalami pemutihan (*bleaching*) hingga kematian.



Gambar 10. Kondisi Terumbu Ketika Air Surut Sebelah Barat Daya Pulau

Makro alga tersebar pada zona *reef flat* bagian barat dan utara pulau yang mana

substrat pada daerah ini tersusun atas pasir dan pecahan karang. Menurut Palallo (2013) penyebaran makro alga terbatas pada zona litoral dan sublitoral dimana intensitas cahaya yang cukup untuk dapat berlangsungnya proses fotosintesis. Habitat makro alga umumnya terdapat pada rataan terumbu karang dan melekat pada substrat keras seperti pasir, karang dan pecahan karang mati. Karang mati/*dead coral* ditemukan pada zona *reef flat* hingga *reef crest* yang hampir tersebar pada setiap sisi pulau. Kemudian karang hidup/*hard coral* tersebar merata mengelilingi pulau yang dominan ditemukan pada zona *reef slope* dan sebagian juga ditemukan pada zona *reef crest*.

Uji Akurasi Klasifikasi Level 2 (Habitat Bentik)

Hasil uji akurasi dengan *confusion matrix* (Tabel 3) menunjukkan bahwa nilai *overall accuracy* (OA) untuk habitat bentik yaitu sebesar 90,48 %. Untuk nilai *producer accuracy* (PA) yang dihasilkan memiliki kisaran akurasi dari 88,23% - 93,55% dengan nilai akurasi terendah terdapat pada kelas RB-S-DCA yaitu 88,23% dan nilai akurasi yang tertinggi adalah kelas HC yaitu 93,55%. Kemudian untuk nilai *user accuracy* (UA) berkisar antara 72,77% - 100% dengan nilai akurasi terendah terdapat pada kelas MA yaitu 72,77% dan akurasi tertinggi yaitu kelas HC sebesar 100%.

Tabel 2. Matrik Uji Akurasi

Uji Lapangan Hasil Klasifikasi	RB-S- DCA	HC	DC	MA	Total	UA (%)
RB-S-DCA	15	0		0	15	100
HC		29	1	1	31	93,55
DC		1	5		6	83,33
MA	2	1		8	11	72,77
Total	17	31	6	9	63	
PA (%)	88,23	93,55	83,33	88,89		
OA (%)	90,48					

KESIMPULAN

Klasifikasi substrat dasar habitat bentik pada Pulau Denawan terdapat 4 kategori kelas dominan yang terdiri dari beberapa

objek yaitu kelas campuran RB-S-DCA (*rubble, sand* dan *dead coral alga*) dengan luasan 20,49 Ha; makro alga (MA) 7,53 Ha; *dead coral* (DC) 7,23 Ha; *hard coral* (HC) 23,53 Ha. Pola sebaran kategori substrat pada Pulau Denawan cenderung berkelompok di masing-masing zona. Seperti kelas campuran (*rubble, sand* dan *dead coral algae*) yang tersebar pada zona *reef flat* di sebelah barat sampai bagian utara pulau, kemudian makro alga juga tersebar pada zona *reef flat* pada bagian barat dan utara pulau, lalu karang mati tersebar hampir merata di setiap sisi pulau pada ujung zona *reef flat* hingga *reef crest* dan karang hidup tersebar merata di setiap sisi pulau pada zona *reef crest* dan *reef slope*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ungkapan rasa terima kasih penulis ucapkan kepada Ayahanda dan Ibunda serta seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan moral, doa, dan kasih sayangnya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Muhammad Syahdan, S.Pi, M.Si, Bapak Dr. Frans Tony, S.Pi, MP dan Bapak Ulil Amri, S.Pi, M.Si selaku dosen pembimbing dalam penelitian ini yang telah memberikan arahan, motivasi dan bimbingannya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini. Ungkapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak Baharuddin, S.Kel, M.Si dan Bapak Hamdani, S.Pi, M.Si yang telah membantu dari segi peralatan dan mobilisasi untuk perolehan data di lapangan, serta kepada Bapak Nursalam, S.Kel, M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah mengarahkan penulis selama proses perkuliahan.

DAFTAR PUSTAKA

Blanchon, P. 2011. *Geomorphic Zonation*. 469-483 pp. In David, H. (ed.)

Encyclopedia of Modern Coral Reefs. Springer Science.

Budimansyah. 2017. Pemetaan Perubahan Kategori Substrat Pada Paparan Terumbu Karang Menggunakan Citra Alos Anvir-2 dan SPOT 7 di Wilayah Selatan Pulau Laut Kabupaten Kotabaru. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.

CRITC. 2006. Manual Monitoring Kesehatan Karang. LIPI Press. Jakarta.

Dwikarsa, Y. 2021. Klasifikasi Habitat Bentik Pada Perairan Dangkal dari Citra Ortofoto dengan Teknik *Object Based Image Analysis* (OBIA). Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

ESA. 2015. Buku Pegangan Pengguna SENTINEL-2. European Commission.

Lyzenga, D.R. 1981. *Remote Sensing of Bottom Reflectance and Water Attenuation Parameters in Shallow Water Using Aircraft and Landsat Data*. Int. J. Remote Sens., 2:71-82.

Mastu, K, O, L., Nababan, B., dan Panjaitan, P, J. 2018. Pemetaan Habitat Bentik Berbasis Objek Menggunakan Citra Sentinel-2 di Perairan Palau Wangi-Wangi Kabupaten Wakatobi. IPB. Bogor.

Palallo, A. 2013. Distribusi Makroalga Pada Ekosistem Lamun dan Terumbu Karang di Pulau Bonebatang Kecamatan Ujung Tanah Kelurahan Barrang Lompo Makassar. Universitas Hasanuddin. Makassar.

Prayuda, B. 2014. Panduan Teknis Pemetaan Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal. Critc Coremap II LIPI. Jakarta.