ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol.4, No.6, Mei 2025

Pemetaan Habitat Bentik di Perairan Sanur dengan Citra Sentinel-2B Level 2A

Mia Annadiyah[1], Dwi Budi Wiyanto[2], Abdurachman Asyakur[3]
[1,2,3]Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bali, Indonesia
E-mail: miaannadiyah@gmail.com

Article History:
Received: 10 April 2025
Revised: 01 Mei 2025
Accepted: 05 Mei 2025

Keywords: *Pemetaan, Habitat Bentik, Citra Sentinel-2, Sanur*

Abstract: *Secara ekologi terumbu karang berfungsi sebagai daerah pakan, berkembang biak, asuhan, dan tempat berlindung bagi berbagai jenis ikan. Pentingnya habitat terumbu karang menuntut dilakukannya identifikasi sekaligus monitoring terhadap keberadaan dan status kondisi habitat tersebut. Teknologi penginderaan jauh dapat menjadi solusi akan keterbatasan metode konvensional seperti waktu yang relatif lama, biaya yang besar dan sulit menjangkau area terpencil dan beresiko. Pemilihan wahana penginderaan jauh mempertimbangkan kebutuhan dan kualitas yang diinginkan karena sensor yang dibawa untuk mendeteksi habitat bentik memiliki kemampuan yang berbeda. Citra Sentinel-2A merupakan citra satelit open source dengan kemampuan resolusi spasial 10 m dimana masuk kedalam citra resolusi tinggi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat akurasi dan kondisi sebaran terumbu karang menggunakan citra Sentinel-2B dalam memetakan habitat bentik di perairan dangkal Sanur. Klasifikasi kedua citra tersebut menggunakan klasifikasi berbasis piksel dan uji akurasi menggunakan metode matriks konfusi. Berdasarkan pengamatan lapangan, ditemukan emat jenis komposisi habitat dengan luas karang hidup, karang mati, lamun, dan pasir adalah 56.14 ha, 190.3 ha, 518.79 ha, 764.21 ha. Kemampuan citra Sentinel-2 dalam memetakan habitat bentik mendapat overall accuracy sebesar 81.15%. Nilai akurasi yang di dapat pada penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan data penginderaan jauh menggunakan citra Sentinel-2 dapat digunakan untuk pemetaan terumbu karang.*

PENDAHULUAN

Ekosistem terumbu karang memiliki banyak peran ekologi dan sosial ekonomi namun rentan terhadap perubahan. Pada tahun 2015-2016 terjadi peningkatan suhu permukaan laut yang berdampak pada degradasi terumbu karang yang memiliki sensitivitas tinggi (Fajar, 2018). Sekitar 35% hingga 42% intensitas pemutihan pada karang dengan geografis disebabkan oleh naiknya suhu di permukaan laut sekitar 0.1ºC (McWilliams et al., 2005). Penurunan laju pertumbuhan karang karena stress pada karang yang disebabkan oleh sedimentasi, penyakit, dan perubahan suhu jika berlangsung lama dapat menyebabkan kematian. Terumbu karang adalah deposit kalsium karbonat yang berada pada bagian dasar laut dimana penghasil utamanya merupakan hewan karang. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rahman et al., (2018) terumbu karang tumbuh dan berkembang dengan baik pada kawasan perairan dangkal dengan kedalaman perairan 3m-7m. Terumbu karang memiliki produktifitas serta keragaman jenis yang tinggi. Secara ekologi terumbu karang berfungsi sebagai tempat berlindung bagi berbagai jenis ikan (Sentosa, 1998).

Menurut Badan Lingkungan Hidup (2010) Kota Denpasar memiliki kekayaan sumberdaya alam yang sangat strategis untuk mendukung pembangunan di kawasan pesisir dan laut, berupa hamparan ekosistem terumbu karang seluas 300.6 Ha yang tersebar di sepanjang pesisir Pantai Sanur dan Pulau Serangan. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Sari *et al.,* (2017) kondisi terumbu karang di Pantai Sanur sendiri cenderung buruk dimana didapatkan hasil persentase tertinggi hanya sebesar 17.9% dan persentase terendah sebesar 0.1% sehingga rata-rata persentase tutupan terumbu karangnya hanya sebesar 2.61%. Pada penelitian tersebut dikatakan penelitian hanya dilakukan pada kawasan intertidal yang berjarak sekitar 100 meter – 150 meter dari garis pantai menuju laut. Penelitian dengan survei in situ memiliki kelemahan dimana hanya mencakup kawasan yang relatif kecil dengan waktu yang cukup lama, maka untuk mengetahui informasi spasial terumbu karang secara efisien dapat menggunakan metode penginderaan jauh.

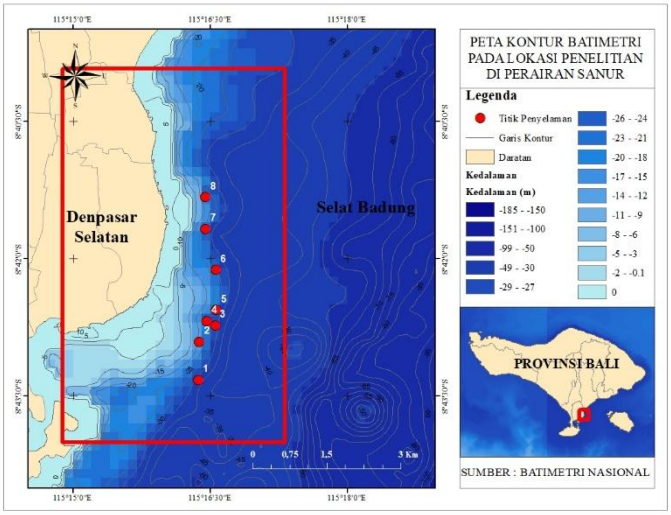
Penggunaan teknologi penginderaan jauh untuk studi pemetaan habitat dasar perairan dangkal mempunyai banyak kelebihan jika dibandingkan dengan cara konvensional menggunakan metode survei in situ karena dapat menghasilkan informasi dari area yang luas dan relatif lebih murah serta dapat menjangkau daerah yang sulit untuk didatangi (Sakaruddin, 2011).

Teknologi penginderaan jauh pasif telah banyak digunakan untuk deteksi persebaran habitat dasar perairan dangkal. Terdapat beberapa jenis citra yang dapat digunakan untuk melakukan pemetaan terumbu karang, salah satunya yaitu citra Sentinel-2. Beberapa penelitian yang memanfaatkan citra Sentinel-2 untuk memetakan habitat perairan dangkal, yaitu yang dilakukan oleh Semedi *et al.,* (2019) mengenai sebaran terumbu karang di Pulau Sempu mendapatkan nilai akurasi sebesar 70.526%. Menurut Dimara (2020) mengenai pemetaan habitat dasar perairan dangkal dengan citra satelit Sentinel-2A diperoleh hasil uji akurasi klasifikasi empat tipe habitat sebesar 73.77%. Menurut penelitian Karang *et al.,* (2019) mengenai pemetaan habitat perairan dangkal di kawasan tanjung benoa mendapatkan hasil uji akurasi terhadap citra Sentinel-2A sebesar 80.00%. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Raazy (2018) mengenai perubahan tutupan terumbu karang di kepulauan spermonde didapatkan hasil uji akurasi sebesar 65.7143%.

Melihat hasil dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, citra Sentinel-2B dirasa dapat digunakan untuk melakukan pemetaan terumbu karang di perairan Sanur. Sejalan dengan tujuan penelitian ini dimana untuk mengetahui tingkat akurasi pada citra sentinel-2B dalam memetakan kondisi terumbu karang di perairan dangkal Sanur dan untuk mengidentifikasi distribusi serta kondisi terumbu karang di perairan Sanur, Bali.

METODE PENELITIAN

Adapun pengambilan data lapangan ini dilaksanakan pada tanggal 21 Maret 2021 hingga 8 Juni 2021 di perairan Sanur, Kecamatan Denpasar Selatan, Kota Denpasar, Provinsi Bali. Lokasi penyelaman dilakukan di delapan titik dengan kedalaman yang bervariasi. Pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium GIS dan *Remote Sensing* Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



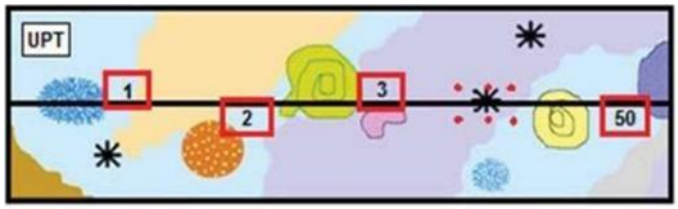
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak untuk pengolahan data, serta peralatan yang digunakan untuk pengambilan data lapangan. Perangkat keras yang digunakan untuk pengolahan data adalah komputer dengan Core i5 dan RAM 16 GB. Perangkat lunak yang digunakan adalah Software ArcMap, Software Saga GIS, Software Microsoft Excel, dan Software CPCE (Coral Point Count with Excel Extension). Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data lapangan adalah GPS Handheld, GPS Geodetik CHC i50 RTK, alat dasar selam, kamera Gopro Hero 5, kamera Olympus TG-6, roll meter 50m, transek kuadran 58cm x 44cm, dan kapal. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data citra satelit Sentinel-2A, peta wilayah oleh BIG, data batimetri oleh Batimetri Nasional, dan data karang. Citra Sentinel-2B, Level 2A yang digunakan adalah akuisisi pada tanggal 18 Maret 2021 dengan waktu perekaman 02:15:59.

Pembangunan training area dilakukan untuk mengelompokkan individu piksel menjadi kelompok piksel. Kelompok-kelompok piksel inilah yang kemudian dianalisis berdasarkan kemiripan nilai spektral yang dihasilkan oleh citra. Interpretasi yang dilakukan yaitu interpretasi berbasis piksel yang dilakukan untuk mengenali obyek berdasarkan individu piksel, bukan berdasarkan kelompok piksel dan hanya mempertimbangkan aspek spektral tanpa mempertimbangkan aspek geospasial. Pembangunan training area dilakukan untuk dapat memperkirakan rata-rata dan variasi kelas habitat dasar perairan dangkal yang selanjutnya digunakan dalam mengestimasi probabilitas. Dalam menentukan klasifikasi tidak hanya mempertimbangkan nilai rata-rata tetapi juga nilai variabilitas dari nilai kecerahan dan juga nilai reflektan dari masing-masing kelas (BIG, 2014). Pengambilan posisi dari titik pengamatan dicatat menggunakan GPS (*Global Positioning System*) yang disertai dengan foto objek dasar perairan.

Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk pengambilan sampel terumbu karang adalah metode *Underwater Photo Transect* (UPT) atau Transek Foto Bawah Air (Giyanto et al., 2010; Giyanto, 2012a; Giyanto, 2012b). Berdasarkan Giyanto et al., (2014) metode UPT

merupakan metode pengambilan data terumbu karang dengan memanfaatkan kemajuan teknologi. Menggunakan transek kuadran 58 x 44 cm dengan panjang transek adalah 50 m sejajar dengan garis pantai. Pengambilan data karang dilakukan pada awal meter ke-1 hingga meter ke-50 dengan jarak pengambilan foto adalah 1 meter. Pemotretan dengan nomor transek ganjil dilakukan di sebelah kiri garis transek dan transek nomor genap dilakukan di sebelah kanan garis transek. Jarak pemotretan dengan dasar substrat adalah 60 cm (Giyanto *et al*., 2014). Hasil data yang dihasilkan oleh metode UPT ini merupakan foto-foto bawah air yang diambil menggunakan kamera bawah air.



Gambar 2. Ilustrasi Metode *Underwater Photo Transect* (Giyanto *et al.*, 2014)



A B

Gambar 3. Teknik Pengambilan Gambar pada Metode UPT
Keterangan A. Pengambilan pada nomer ganjil; B. Pengambilan pada nomer genap.

Setelah pengambilan data terumbu karang menggunakan metode UPT selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah dengan melakukan pengolahan hasil foto bawah air menggunakan *software* CPCe (C*oral Point Count with Excel extensions*). Analisis data dilakukan terhadap setiap *frame* transek dengan menentukan *random point* atau titik acak. Jumlah titik acak yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 30 titik untuk setiap *frame*, yang mana banyak *random point* tersebut sudah mewakili presentase tutupan kategori dan substrat karang (Giyanto et al, 2010).

Penggabungan citra komposit dengan komposisi beberapa band untuk memperoleh pewarnaan RGB (*Red-Green-Blue*) sealami mungkin. Dalam penelitian ini, komposit citra yang digunakan merupakan komposit dengan warna asli (*true color composite*). Menurut BIG (2014) komposit warna asli (*true color composite*) merupakan komposit yang direkomendasikan untuk identifikasi habitat perairan dangkal dengan kemampuan penetrasi ke dalam air jernih yang cukup bagus, namun salah satu kelemahannya adalah tingkat gangguan atmosferik yang tinggi.

Tahap pra-pengolahan citra Sentinel-2B level 2A terdiri dari *cropping* dan *masking* citra menggunakan *software Saga GIS*. Proses cropping citra diterapkan untuk membatasi wilayah penelitian, dengan tujuan mengurangi ukuran data dan meningkatkan efisiensi dalam proses pengolahan. Kemudian dilakukan *masking* untuk memisahkan objek perairan dan daratan menggunakan metode NDWI (*Normalized Difference Water Index*). Pada citra Sentinel-2, band green adalah band 3 dan band NIR adalah band 8. Adapun persamaan NDWI menurut McFeeters (2013) adalah sebagai berikut:

$$NDWI = \frac{Green-NIR}{Green+NIR} \quad (1)$$

Algoritma Lyzenga, yang dikenal sebagai metode Depth Invariant Index (DII), merupakan pendekatan yang diterapkan pada citra untuk melakukan koreksi kolom perairan secara akurat. Prinsip algoritma lyzenga 1981 ini menggunakan kombinasi kanal sinar tampak citra satelit. Pengolahan data dilakukan pada software ArcGIS.

$$DII = (ln\ Li) - (\frac{ki}{kj} \times \ln \text{Lj}) \quad (2)$$

Keterangan:
Li = nilai reflektan kanal i
Lj = nilai reflektan kanal j
ki/kj = rasio koefisien atenuasi kanal biru dan hijau

Analisis data citra satelit dilakukan dengan menerapkan algoritma Lyzenga, yang dimulai dengan perhitungan koefisien atenuasi menggunakan software Microsoft Excel. Koefisien atenuasi ini digunakan untuk penajaman citra terumbu karang (ki/kj), yang didasarkan pada penghitungan varian dan kovarian. Nilai ki/kj ditentukan oleh nilai a, nilai a diperoleh dengan mengekstrak nilai-nilai digital pada kanal i dan kanal j pada posisi geografis yang sama melalui pembuatan training sample area dalam bentuk point. Penelitian ini menggunakan training sample area yang diambil di area perairan dangkal. Nilai sampel dihitung secara statistik sehingga didapat nilai varian dan covarian training sample area untuk kanal i dan kanal j sehingga diperoleh nilai a dan rasio koefisien atenuasi (ki/kj) berdasarkan kedua persamaan (Jaelani et al, 2015).

$$\frac{ki}{kj} = \alpha + \sqrt{a^2 + 1} \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{(\alpha ii - \alpha jj)}{(2\alpha ij)} \quad (4)$$

Keterangan:
α : ekstrak nilai spektral kanal band
αii : varian kanal i
αjj : varian kanal j
αij : covarian kanal i dan kanal j

Dalam penelitian ini proses klasifikasi citra yang digunakan, yaitu klasifikasi terbimbing (*supervised classification*). Klasifikasi terbimbing merupakan proses pengelompokan piksel pada citra menjadi beberapa kelas tertentu dengan berdasarkan pada statistik sampel piksel (*training*) atau *region of interest* (ROI). Sampel piksel dipilih oleh pengguna sebagai piksel referensi, yang selanjutnya digunakan oleh algoritma komputer sebagai dasar untuk melaksanakan proses klasifikasi. Sampel piksel sendiri bersumber dari data hasil survei lapangan. Algoritma klasifikasi citra terbimbing (*supervised classification*) yang digunakan yaitu *maximum likelihood*. Klasifikasi maximum likelihood akan mengkelaskan nilai piksel berdasarkan probabilitas suatu nilai piksel terhadap kelas tertentu dalam sampel piksel (BIG, 2014).

Matriks konfusi, juga dikenal sebagai matriks kesalahan, digunakan untuk membandingkan berbagai basis kategori dengan mengevaluasi hubungan antara data referensi yang diketahui (ground truth) dan hasil klasifikasi otomatis. Berikut adalah model matriks konfusi:

Hasil Klasifikasi	Data Survei Lapangan 1	2	3	Total	PA (%)	CE (%)
1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{+1}	X_{11}/X_{+1}	$100-PA_1$
2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{+2}	X_{22}/X_{+2}	$100-PA_2$
3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{+3}	X_{33}/X_{+3}	$100-PA_3$
Total	X_{1+}	X_{2+}	X_{3+}	N		
UA (%)	X_{11}/X_{1+}	X_{22}/X_{2+}	X_{33}/X_{3+}	OA (%)	$(X_{11}+X_{22}+X_{33})/N$	
OE (%)	$100-UA_1$	$100-UA_2$	$100-UA_3$			

Kategori akurasi yang diperoleh dari *confusion matrix* yaitu *producer accuracy* (PA), *user accuracy* (UA), *overall accuracy* (OA)*, kappa accuracy, omission error* (OE), dan *commission error* (CE). Berdasarkan pada SNI 7716:2011, nilai akurasi yang dapat diterima untuk pemetaan habitat dasar perairan laut dangkal adalah ≥ 60% (LIPI, 2014).

$$Producer\ accuracy = \frac{x_{ii}}{x_{i+}} \times 100\% \quad (5)$$

$$User\ accuracy = \frac{x_{ii}}{x_{+i}} \times 100\% \quad (6)$$

$$Overall\ accuracy = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{ii}}{N} \times 100\% \quad (7)$$

$$Kappa\ accuracy = \frac{N\sum_{i=1}^{r} x_{ii} - \sum_{i=1}^{r} x_{i+} + x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^{r} x_{i+}x_{+i}} \times 100\% \quad (8)$$

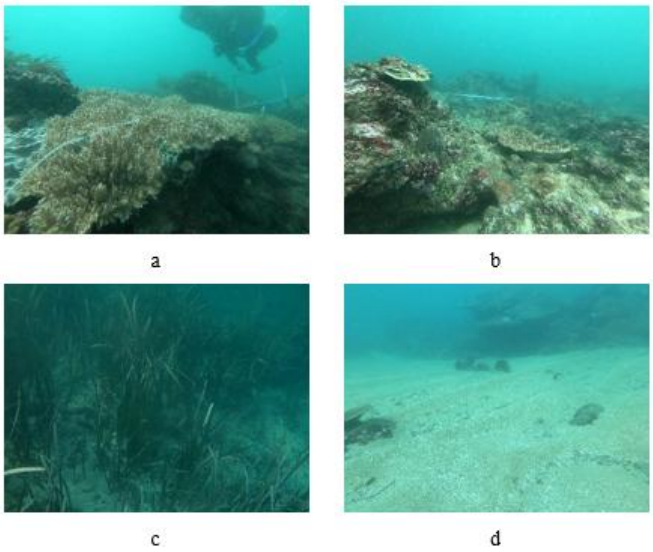
$$Omission\ error = 100\% - PA \quad (9)$$

$$Commision\ error = 100\% - UA \quad (10)$$

Keterangan:
N : jumlah semua piksel yang digunakan untuk pengamatan
Xii : nilai diagonal matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i
X+i : jumlah piksel dalam kolom ke-i
Xi+ : jumlah piksel dalam baris ke-i

HASIL DAN PEMBAHASAN

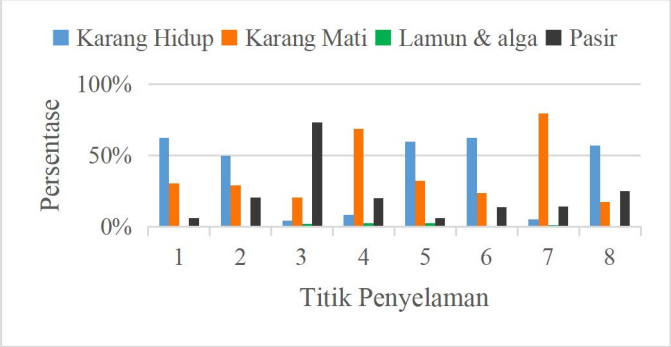
Kondisi penelitian secara umum di perairan Sanur, Bali tersebar secara sejajar sesuai dengan tingkat kedalaman perairannya. Dari hasil survei lapangan yang telah dilakukan ditemui 4 kelas habitat dasar perairan dangkal yang paling dominan diantara kelas lainnya. Keempat kelas tersebut diantaranya adalah karang hidup, karang mati, lamun dan pasir. Adapun jenis tutupan dasar perairan dari hasil pengamatan lapangan di kawasan perairan Sanur yang di ambil pada tingkat kedalaman yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Komposisi Jenis Habitat
Keterangan a. Karang Hidup; b. Karang Mati; c. Lamun; d. Pasir

Komposisi penyusun habitat bentik berbeda-beda pada setiap daerah yang dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut Mastu (2018), belum ada ketentuan baku mengenai penentuan skema klasifikasi, sehingga penamaan kelas disesuaikan dengan komposisi habitat bentik yang ditemukan diarea penelitian. Penelitian pemetaan habitat bentik menggunakan citra Sentinel-2A pernah dilakukan Karang et al. (2019) di perairan dangkal pesisir Tanjung Benoa mendapatkan tiga kelas habitat dan Mukrimin et al. (2021) di perairan dangkal Pulau Tiga mendapatkan enam kelas habitat.

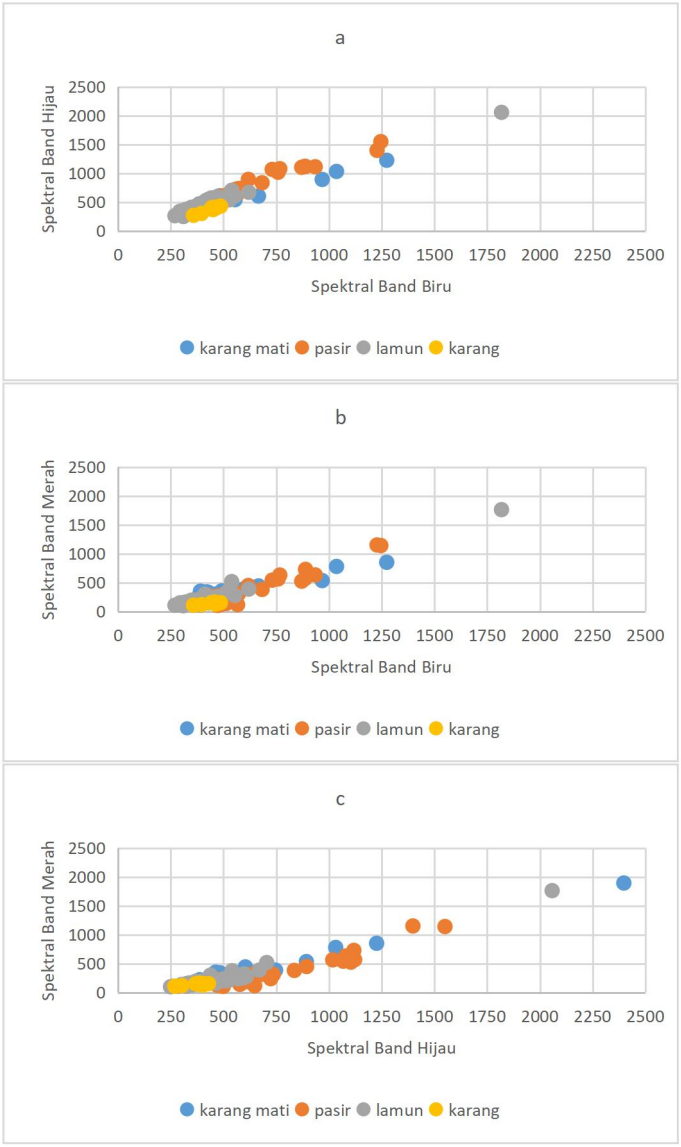
Metode UPT dilakukan untuk memantau kondisi tutupan terumbu karang di perairan Sanur sesuai dengan wilayah hasil pemetaan terumbu karang yang di dapat. Titik penyelaman dilakukan pada 8 lokasi yang dipilih secara acak untuk mendapatkan titik koordinat yang nantinya akan digunakan untuk titik uji akurasi dan klasifikasi. Hasil analisis data tutupan substrat pada 8 titik pengambilan data didapatkan persentase tutupan substrat dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Persentase Tutupan Substrat

Titik penyelaman pertama dilakukan pada perairan Pantai Mertasari dengan kedalaman 30 meter. Terumbu karang hidup mendominasi pada titik pertama yaitu sebesar 62,6%, karang mati sebesar 30,6%, lamun sebesar 0,7%, dan pasir sebesar 6%. Titik kedua dilakukan pada kedalaman 19 meter. Ditemukan karang hidup sebesar 49,6%, karang mati sebesar 29,1%, lamun sebesar 0,7%, dan pasir sebesar 20,5%. Titik ketiga di lakukan pada kedalaman 28 meter. Terumbu karang hidup pada titik ini di dapatkan sebesar 4,2%, karang mati sebesar 20,3%, lamun sebesar 2,1%, dan pasir sebesar 73,3%. Titik penyelaman keempat dilakukan pada kedalaman 25meter dan di dominasi oleh karang mati. Karang hidup pada titik ini sebesar 8,2%, karang mati sebesar 68,8%, lamun sebesar 2,6%, dan pasir sebesar 20,2%. Titik kelima di lakukan pada kedalaman 25 meter. Terumbu karang hidup pada titik ini di dapat sebesar 59,5%, karang mati sebesar 32,2%, lamun sebesar 2,3%, dan pasir sebesar 5,9%. Titik keenam dilakukan pada kedalaman 22meter dengan karang hidup yang mendominasi. Persentase terumbu karang hidup pada titik ini sebesar 62,4%, karang mati sebesar 23,6%, lamun sebesar 0,06%, dan pasir sebesar 13,8%. Titik ketujuh di lakukan di perairan Pantai karang dengan kedalaman 24meter yang di dominasi oleh karang mati. Terumbu karang hidup pada titik ini sebesar 5,3%, karang mati sebesar 79,3%, lamun sebesar 0,9%, dan pasir sebesar 14,3%. Titik penyelaman kedelapan di lakukan pada perairan Pantai shindu dengan kedalaman 20 meter. Persentase karang hidup pada titik ini sebesar 57,1%, karang mati sebesar 17,5%, lamun sebesar 0,4%, dan pasir sebesar 24,8%.

Akuisisi Pola spektral dari ketiga pasang kanal citra sentinel-2 dan nilai statistik dari karakteristik spektral pada setiap kelas habitat bentik yang ditemukan pada citra sentinel-2B dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 2. Jika penyebaran data terhadap nilai rata-rata sangat besar, maka nilai standar deviasi akan meningkat secara proporsional. Sebaliknya, jika penyebaran data relatif kecil atau homogen terhadap nilai rata-rata, maka nilai standar deviasi akan cenderung rendah (Yusniyanti dan Kurniati, 2017).



Gambar 6. Pola Spektral pada Ruang Spektral Pasangan Kanal Citra Sentinel-2

Keterangan a. Pasangan kanal biru dan hijau; b. Pasangan kanal biru dan merah; c. Pasangan kanal hijau dan merah.

Tabel 2. Model Matriks Konfusi

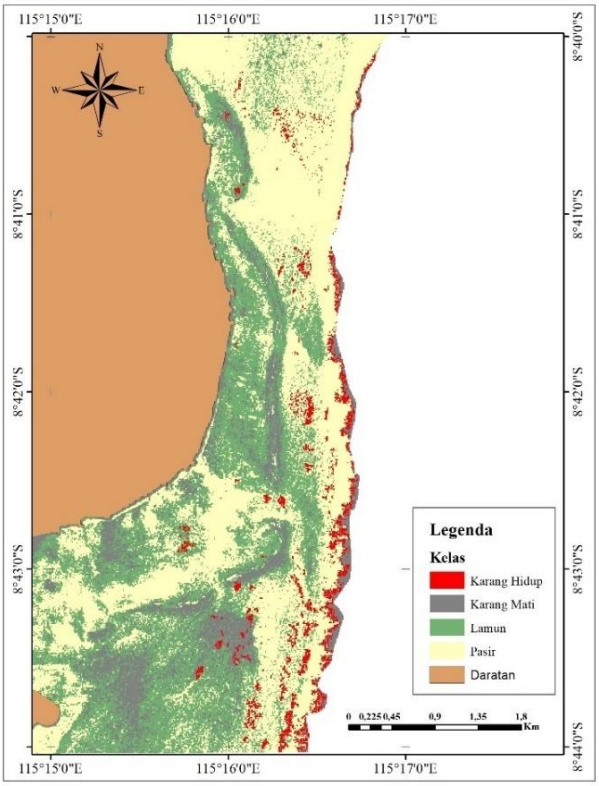
Kelas	Kanal	Min	Max	Rata-Rata	Standar Deviasi
Karang Mati	Blue	323	2634	521,7	342,2
	Green	344	2398	566,8	301,3
	Red	152	1896	317,8	258,0
Pasir	Blue	371	1246	617,6	232,4
	Green	403	1550	750,3	312,8
	Red	105	1152	376,9	268,4
Lamun	Blue	270	1818	388,4	114,3
	Green	249	2058	411,4	137,0

	Red	99	1764	187,7	122,8
Karang Hidup	Blue	358	486	433,3	38,0
	Green	270	429	376,5	50,5
	Red	108	163	141,3	17,6

Klasifikasi jenis digunakan untuk mendapatkan kelas habitat bentik, pada penelitian ini didapatkan empat kelas habitat dengan hasil luasan dan hasil klasifikasi dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 7.

Tabel 3. Luas Klasifikasi Jenis

Klasifikasi	Luas Citra Sentinel-2B	Persentase
Karang Hidup	56.14	3.6
Karang Mati	190.3	12.4
Lamun	518.79	34
Pasir	764.21	50
Total	1529.44	100



Gambar 7. Peta Tematik Klasifikasi Jenis

Perhitungan akurasi dari hasil citra klasifikasi dengan data lapangan menggunakan sebanyak 122 titik referensi yang terbagi antara lain, 4 titik untuk kelas karang hidup, 23 titik untuk kelas karang mati, 82 titik untuk kelas lamun, dan 13 titik untuk kelas pasir. 122 titik referensi ini digunakan dalam perhitungan parameter *user accuracy* (UA), *producer accuracy*

(PA), *overall accuracy* (OA), *omission error* (OE), *commission error* (CE) yang dirangkum dalam satu matriks, yaitu matriks kesalahan atau yang disebut juga dengan *confussion matrix*. Matriks kesalahan ini akan membandingkan kelas per kelas hubungan antara data lapangan dengan data hasil klasifikasi citra. Hasil perhitungan uji akurasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji Akurasi

	Hasil Klasifikasi						
Data Lapangan	K	KM	L	P	Jumlah PA	*Producer's Accuracy (%)*	*Commission Error (%)*
Karang	3	0	1	0	4	75	25
Karang	2	17	3	1	23	73,91	26,09
Lamun	7	3	69	3	82	84,15	15,85
Pasir	1	1	1	10	13	76,92	23,08
JUMLAH UA	13	21	74	14	122		
User's Accuracy (%)	23,08	80,95	93,24	71,43	***Overall Accuracy (%)***		**81,15**
Omission Error (%)	76,92	19,05	6,76	28,57			

Berdasarkan hasil perhitungan uji akurasi, di dapatkan nilai overal accuracy pada hasil klasifikasi citra komposit sebesar 81,15% dengan nilai koefisien kappa 0,65. Dimana kualitas pemetaan pada klasifikasi ini tergolong dalam katagori baik karena memiliki nilai overal accuracy di atas 60% dan nilai koefisien kappa berada pada kisaran 0,4 – 0,8 yang menandakan termasuk dalam katagori sedang.

Nilai *user accuracy* (UA) merupakan kemungkinan sebuah piksel dalam peta dapat mewakili dengan benar kelas yang terdapat di lapangan. Pada hasil klasifikasi citra komposit menunjukkan nilai UA terbesar terdapat pada kelas lamun dengan nilai 93,24% yang telah terklasifikasi dengan benar. Sedangkan untuk nilai terkecil terdapat pada kelas karang hidup dengan nilai persentase 23,08% yang telah terpetakan sesuai dengan keadaan sebenarnya di lapangan. Nilai *producer accuracy* (PA) adalah kemungkinan seberapa besar suatu data lapangan dikelaskan dengan benar. Perhitungan Pengukuran Akurasi (PA) pada hasil klasifikasi citra komposit menunjukkan bahwa kelas lamun memiliki nilai PA tertinggi, yakni 84,15%.

KESIMPULAN

Citra Sentinel-2 dapat digunakan dalam pemetaan terumbu karang di Perairan Sanur dengan tingkat tinggi yaitu overall accuracy sebesar 81,15% dan nilai koefisien kappa sebesar 0,65. Citra Sentinel-2 mampu mengidentifikasi distribusi terumbu karang di perairan Sanur, Bali dengan hasil sebaran terumbu karang hidup seluas 56.14 Ha dan karang mati seluas 190.3 Ha.

DAFTAR REFERENSI

[BIG] Badan Informasi Geospasial. 2014. Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal. Cibinong: Badan Informasi Geospasial.

[BLH] Badan Lingkungan Hidup Provinsi Bali. 2009. Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Bali Tahun 2009. Denpasar. Diakses pada 7 September 2020 dari

https://nebulasolution.net/pustaka/images/docs/BUKU_DATA_SLHD_BALI_TAHUN_2009.pdf

[ESA] European Space Agency. 2015. Sentinel-2 User Handbook. ESA Standard Document User Handbook. Diakses pada 15 September 2020 pada https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook

[LIPI] Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2014. Panduan Teknis Pemetaan Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal. Jakarta: COREMAP CTI LIPI.

Congalton RG, Green K. 2009. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. New York (US): CRC Press. 108 hlm.

Diana, Shinta Rahma., Astri Rafikasari., Dini Susanti. 2018. Nilai Ekonomis Data dan Informasi Penginderaan Jauh Sebagai Wujud Pelaksanaan Visi Keantariksaan di Indonesia. Seminar Nasional Kebijakan Penerbangan dan Antariksa III. LAPAN.

Dimara, Alfred., Bagio Hamuna., Lisiard Dimara. 2020. Pemanfaatan Citra Satelit Sentinel-2A Untuk Pemetaan Habitat Dasar Perairan Dangkal (Studi Kasus: Teluk Humbolt, Kota Jayapura). Jayapura: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Cenderawasih.

English, S., C. Wilkinson and V. Baker. 1997. Survey Manual for Tropical Marine Resources. Ed Ke-2. Townsville: Aims. 390p.

Faiqoh, E., I Wayan Gede A. K., Dwi B. S. 2019. Dampak Pemutihan Karang Keras pada Komunitas Ikan Karang dan Makrozoobenthos di Wilayah Perairan Tejakula, Buleleng, Bali. Rekayasa Journal of Science and Technology 12(1): 24-29

Giyanto., Manuputty, A., Abrar, M., et al. 2014. Panduan Monitoring Kesehatan Terumbu Karang. Jakarta: COREMAP CTI LIPI.

Hadi, T. A., Giyanto., Prayudha B., et al. 2018. Status Terumbu Karang Indonesia 2018. Jakarta: COREMAP LIPI

Jaya INS. 2014. Analisis Citra Digital: Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam. Bogor: IPB Press.

Karang, I Wayan Gede Astawa., dkk. 2019. Pemetaan Habitat Perairan Dangkal di Kawasan Padat Wisata Tanjung Benoa Bali Menggunakan Data Remote Sensing. Bali: Fakultas Kelautan dan Perikanan, universitas Udayana.

Kawamuna A, Suprayogi A, Wijaya AP. 2017. Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi Ndvi Pada Citra Sentinel-2 (Studi Kasus: Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi). Jurnal Geodesi Undip.

Kennish MJ, Paerl HW. 2010. Coastal Lagoons: Critical Habitats of Environmental Change. Boca Raton: CRC Press.

KEPMENKES. 2004. Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut. Diakses pada 22 September 2020 dari http://www.kelair.bppt.go.id/Hukum/data/kepmen/bml/51-2004.pdf

Lilesand, TM. Dan R.K Kriefer. 1997. Penginderaan Jauh dan Intrerpretas citra, diterjemahkan oleh Dulbahri, dkk. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Lingga, Alhadir. 2016. Evaluasi Perubahan Luasan Terumbu Karang pada Kawasan Pulau Menjangan. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Luthfi, Oktiyas M., Varaghi, Dariel., Fakri, Saifur R., et al. 2016. Laju Pertumbuhan Karang Kosmopolit Porites di Laut Selatan Jawa. Malang: Jurnal Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.

Lyzenga, R.D. 1978. Shallow Water Bathymetri Using Combined Lidar and Multispectral. Scanner Data. Int. J. Remote Sensing.

Lyzenga, R.D. 1981. Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data. International Journal of Remote Sensing Vol. 2

McFeeters, S., 2013. Using the normalized difference water index (NDWI) within a geographic information system to detect swimming pools for mosquito abatement: A practical approach. Remote Sensing. Department of Geography, California State University Fresno.

Prasetyo, Agustinus B.T., Lintang P.S. Yuliadi, Sri Astuty, Donny J. Prihadi. 2018. Keterkaitan Tipe Substrat dan Laju Sedimentasi dengan Kondisi Tutupan Terumbu Karang di Perairan Pulau Panggang, Taman Nasional Kepulauan Seribu. Jurnal Perikanan dan Kelautan Universitas Padjajaran.

Prawoto, Cahyaningsih D., Hartono. 2018. Pemetaan Habitat Bentik dengan Citra Multispektral Sentinel-2A di Perairan Pulau Menjangan Kecil dan Menjangan Besar, Kepulauan Karimunjawa. Yogyakarta: Jurnal Bumi Indonesia, Universitas Gadjah Mada.

Raazy, Alief Fachrul. 2018. Monitoring Perubahan Tutupan Habitat Terumbu Karang di Pulau Kapoposang Kepulauan Spermonde. Makassar: Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.

Runtuwene, Stevania M., Indri, S. Manembu, Noldy G.F. Mamangkey, et al. 2020. Laju Pertumbuhan Karang Acropora formose yang ditransplantasi pada Media Tempel dan Media Gantung. Manado: Fakultas Perikaran dan Ilmu Kelautan Unsrat.

Sakaruddin MI. 2011. Komposisi Jenis, Kerapatan, Persen Penutupan dan Luas Penutupan Lamun di Perairan Pulau Panjang Tahun 1990-2010. [skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Sardy, Oktavianus. 2016. Pemetaan Kondisi Terumbu Karang di Pulau Lae-Lae Kecil dengan Menggunakan Citra Spot 4. Universitas Negeri Makassar.

Sari, Tiara P., Abd Rahman As-syakur, Yulianto Suteja, Dwi Budi Wiyanto. 2017. Hubungan Kepadatan Bulu Babi (Echinoidea) dan Tutupan Terumbu Karang pada Kawasan Intertidal Pantai Sanur. Bali: Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Udayana.

Semedi, Bambang, Alif Rofiq S. B., Oktyas Muzaky L. 2019. Pemanfaatan Data Citra Satelit Sentinel-2 untuk Asesmen Habitat Dasar Perairan Pantai Selatan Sempu Kabupaten Malang. Malang: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.

Sentosa PW. 1998. Laporan monitoring terumbu karang di Taman Nasional Laut Taka Bonerate Oktober 1997-November 1998. WWF-IP Ujung Pandang.

Shalihati, Sakinah Fathrunnadi. 2014. Pemanfaatan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi dalam Pembangunan Sektor Kelautan Serta Pengembangan Sistem Pertahanan Negara Maritim. Purwokerto: FKIP, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

Siregar, V.P., D. Soedharma, dan J.L. gaol. 1996. Pemetaan Tematik Terumbu Karang dengan Menggunakan Data Landsat-TM. Bogor: Fakultas Perikanan, Institut Teknologi Bogor.

Suryanti, Supriharyono dan Indrawan, W. 2011. Kondisi Terumbu Karang Dengan Indikator Ikan Chaetodontidae Di Pulau Sambangan Kepulauan Karimun Jawa, Jepara, Jawa Tengah. Buletin Oseanografi Marina.

Yusniyanti, Erna dan Kurniati. 2017. Analisa Puncak Banjir Dengan Metode MAF (Studi Kasus Sungai Krueng Keureuto). Jurnal Einstein 2407-747x

Zurba, Nabil. 2019. Pengenalan Terumbu Karang, Sebagai Pondasi Utama Laut Kita. Aceh: Unimal Press