

KLASIFIKASI HABITAT BENTIK BERBASIS PIKSEL MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL-2A DI PERAIRAN NAMU, KONAWE SELATAN

CLASSIFICATION OF BENTHIC HABITAT BASED ON PICK USING SENTINEL-2A IMAGES IN NAMU WATERS, SOUTH KONAWE

Sartini¹, La Ode Muhammad Yasir Haya^{1*}, Amadhan Takwir²

¹Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo

²Program Studi Oseanografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Jln. H.EA Mokodompit Kampus Hijau Bumi Tridarma Anduonohu, Kendari 93232, Telp/Fax: (0401) 3193782

*Surel : laode.haya@uho.ac.id

Diterima: 21 Juni 2024 ; Disetujui: 20 Agustus 2024

ABSTRACT

Degradation of benthic habitat can be caused by factors such as natural disasters and anthropogenic activities. This can threaten the life of biota and the ecosystem in it. Data and information related to shallow water benthic habitats are needed in coastal and marine areas to protect and maintain these resources. This study aims to determine the extent of each shallow water benthic habitat class using Sentinel-2A imagery with a pixel-based classification method in the waters of Namu Village. In-situ data collection was carried out on 16-20 December 2021 in Namu Village Waters. This study uses data sentinel-2A satellite imagery. Benthic habitat data taken as many as 185 points. These points are then divided into image classification points and 85 accuracy test points from the image classification results. Classification uses the Maximum Likelihood (MLH) algorithm. The results of this study resulted in 6 classes of shallow water benthic habitat cover with an area of 35.77 ha. The test results for the classification of shallow water benthic habitats are OA = 64.71%.

Keywords : benthic habitat, classification, maximum likelihood algorithm, sentinel-2A

ABSTRAK

Degradasi habitat betik dapat disebabkan oleh faktor seperti bencana alam dan aktivitas antropogenik. Hal tersebut dapat mengancam kehidupan biota dan ekosistem di dalamnya. Data dan informasi terkait habitat benthik perairan dangkal sangat dibutuhkan dalam pengelolaan wilayah pesisir dan laut untuk menjaga dan melestarikan sumberdaya tersebut. Penelitian bertujuan untuk mengetahui masing-masing luasan kelas habitat benthik perairan dangkal menggunakan citra Sentinel-2A dengan metode klasifikasi berbasis piksel di Perairan Desa Namu. Pengambilan data in-situ dilaksanakan pada tanggal 16-20 Desember 2021 di Perairan Desa Namu. Penelitian ini menggunakan data citra satelit sentinel-2A. Data habitat benthik yang diambil sebanyak 185 titik. Titik tersebut kemudian dibagi menjadi titik klasifikasi citra dan 85 titik uji akurasi dari hasil klasifikasi citra. Klasifikasi menggunakan algoritma *Maximum Likelihood* (MLH). Hasil penelitian ini menghasilkan 6 kelas tutupan habitat benthik perairan dangkal dengan luas 35.77 Ha. Hasil uji akurasi hasil klasifikasi habitat benthik perairan dangkal yaitu OA = 64.71 %.

Kata kunci : habitat perairan dangkal, klasifikasi, algoritma *Maximum Likelihood*, Sentinel-2A

PENDAHULUAN

Habitat benthik memiliki peranan penting baik secara ekologis maupun ekonomis. Manfaat habitat benthik yaitu sebagai sumber plasma nutfah, tempat hidup dari berbagai organisme, tempat mencari makan, penstabil sedimen, sebagai penyedia bahan baku farmasi, penyimpan karbon dan menyediakan jasa pariwisata. Degradasi habitat benthik dapat terjadi karena faktor lingkungan maupun faktor antropogenik. Sehingga pengelolaan yang tepat dan berkelanjutan sangat diperlukan untuk terus menjaga dan melestarikan

sumberdaya tersebut dari adanya kerusakan habitat perairan laut dangkal.

Perairan laut dangkal dalam penginderaan jauh dimaknai sebagai wilayah laut dari batas pantai sampai dengan kedalaman tertentu yang merujuk pada kemampuan sinar tampak menembus kolom perairan. Penginderaan jauh optik dapat menembus kolom air sampai pada kedalaman 25 meter (Green *et al.*, 2000). Keunggulan teknologi penginderaan jauh dalam memantau habitat perairan laut dangkal dengan yaitu adanya pembaruan data dan informasi secara spasial dan temporal. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh

dalam menyediakan informasi terkait habitat bentik perairan laut dangkal telah banyak dilakukan (Siregar *et al.*, 2010; Setyawan *et al.* 2014; Sangadji *et al.*, 2018; Mastu *et al.*, 2018; Anggoro *et al.*, 2020; Mukrimin *et al.*, 2021).

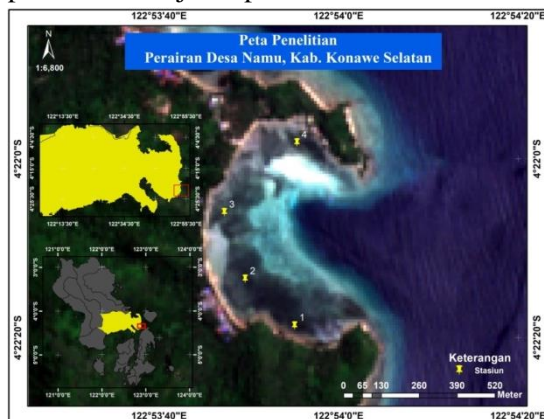
Perairan Desa Namu merupakan desa wisata berbasis masyarakat yang terletak di Kecamatan Laonti, Kabupaten Konawe Selatan dan secara resmi ditetapkan pertama kali awal tahun 2018. Secara topografi desa ini termasuk dalam wilayah pesisir dengan luas wilayah yaitu 10,4 km² atau mencapai 2,6% dari keseluruhan luas Kecamatan Laonti (BPS, 2020). Penelitian terkait habitat bentik perairan dangkal di Perairan Desa Namu belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh sebab itu, penelitian terkait habitat bentik perairan dangkal menggunakan teknologi penginderaan jauh sangat dibutuhkan.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui luasan masing-masing kelas habitat bentik perairan dangkal menggunakan citra Sentinel-2A dengan metode klasifikasi berbasis piksel di Perairan Desa Namu.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Pengambilan data lapangan (data *in-situ*) dilaksanakan pada tanggal 16-20 Desember 2020 di Perairan Desa Namu, Kecamatan Laonti, Kabupaten Konawe Selatan-Sulawesi Tenggara. Pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium Komputasi, SIG dan Pemodelan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo. Peta penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 2. Peta Penelitian
(Sumber : Citra Sentinel-2A, 2021)

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini berupa *global positioning system* (GPS), transek kuadran, meteran roll 100 m, alat snorkeling, kamera *underwater* dan alat tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra Sentinel-2A, pengolahan citra menggunakan perangkat keras berupa laptop dan perangkat lunak yaitu ENVI versi 5.3, ArcGIS versi 10.8 dan QGIS versi 3.16

Pengumpulan Data

Pengumpulan data lapangan berupa data habitat bentik dilakukan dengan cara pengamatan langsung secara visual dan dikombinasikan dengan foto transek kuadrat (Siregar *et al.*, 2010). Pengamatan dilakukan pada 4 stasiun dengan transek kuadrat 10 x 10 m mengacu pada besar piksel citra yaitu 10 m yang di dalamnya terdapat sub transek kuadrat 1 x 1 m sebanyak 18. Setiap titik pengamatan dilakukan pula mengambil titik koordinatnya menggunakan GPS (*global positioning system*). Data habitat bentik yang diambil sebanyak 185 titik. Titik tersebut kemudian dibagi menjadi dua bagian dimana 100 titik sebagai acuan untuk RoI (*region of interest*) pada proses klasifikasi citra dan 85 titik digunakan sebagai data untuk uji akurasi dari hasil klasifikasi citra.

Data citra satelit yang digunakan adalah citra satelit multispektral Sentinel-2A. Citra tersebut dapat diperoleh secara gratis dengan mengunduh secara langsung pada website ESA Copernicus

(<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>).

Pada penelitian ini citra Sentinel-2A diakuisisi pada tanggal 16 April 2021 dengan tipe data level 1C yang telah terkoreksi secara geometrik dan radiometrik.

Analisis Data

Koreksi Atmosferik

Penelitian ini menggunakan citra Sentinel-2A level 1C di mana citra tersebut telah terkoreksi atmosfer atas atau TOA (*Top of Atmosphere*) (ESA, 2015). Untuk itu hanya perlu dilakukan koreksi atmosfer bawah atau BOA (*Bottom of Atmosfer*) menggunakan 4 band yaitu band 2 (*Blue*), band 3 (*Green*),

Band 4 (*Red*), dan band 8 (*NIR*) dengan resolusi spasial 10 m. Sehingga pada saat koreksi atmosfer yang dilakukan hanya pada band tersebut. Koreksi ini menggunakan metode DOS 1 (*Dark Object Substraction*) melalui *tools plugin semi-automatic classification* pada aplikasi Quantum GIS 3.16.5. Penggunaan metode ini untuk mengubah nilai minimum piksel pada setiap band menjadi nol, dengan mengasumsikan pantulan objek gelap memiliki gangguan atmosfer dan dijadikan sebagai piksel dengan nilai minimum nol. Fibirawati, (2016) menjelaskan bahwa DOS ialah tata cara koreksi mutlak dengan mengganti nilai spektral citra menjadi nilai spektral permukaan (*Surface reflectance*) dengan anggapan kalau ada nilai hitam yang memiliki nilai pantulan mendekati 0, contohnya air jernih dalam serta hutan rimbum. Koreksi atmosfer bertujuan untuk menghilangkan pengaruh atmosfer seperti partikel debu dan uap air (Siregar dkk., 2020) pada citra dengan asumsi nilai piksel tergelap adalah nol.

Koreksi Kolom Air

Koreksi kolom air bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra dari pengaruh *attenuation*. Energi matahari masuk ke dalam kolom air akan berkurang secara eksponensial dengan semakin bertambahnya kedalaman air. *Depth invariant index* (DII) atau biasa dikenal dengan koreksi kolom air menggunakan algoritma Lyzenga. Transformasi DII ini bertujuan untuk menghilangkan pengaruh kedalaman sehingga dapat meningkatkan *visualisasi* penampakan objek-objek dasar perairan secara maksimal dengan mencari rasio koefisien atenuasi dengan kombinasi dua band tampak pada citra (Sirefar, 2010). Dalam melakukan koreksi kolom air band sinar tampak yang digunakan adalah band merah, band hijau dan band biru. Nilai piksel band sinar tampak tersebut di ekstrak pada tipe substrat yang homogen. Objek yang digunakan dalam membangun model atenuasi air adalah tutupan pasir pada perairan dangkal sebab objek pasir putih lebih mudah dikenali dan variasi nilai spektral pasir putih hanya

disebabkan oleh adanya pengaruh kolom air (Hafiz, 2013). Menurut Prayuda, (2014) bahwa pasir pada kedalaman yang berbeda mudah dikenali pada citra komposit *true color* secara visual, yaitu berwarna *cyan* atau biru muda untuk pasir pada air dangkal dan berangsur-angsur warna biru muda menjadi gelap untuk pasir pada air yang lebih dalam. Persamaan *Depth Invariant Index* (DII) (Lyzenga, 1987).

$$DII = \ln(Li) - \left(\frac{Ki}{Kj}\right) x \ln(Lj)$$

Keterangan:

Li : Nilai reflektan kanal biru

Lj : Nilai reflektan kanal hijau

Ki/Kj : Rasio koefisien atenuasi kanal biru dan hijau

Klasifikasi Habitat Bentik

Penentuan klasifikasi habitat bentik berdasarkan hasil pengamatan di lapangan. Data pengamatan berupa koordinat titik pengamatan, jenis habitat bentik berupa padang lamun, terumbu karang, karang mati dengan alga dan pasir ditabulasi menggunakan Microsoft Excel. Hasil tabulasi tersebut yang selanjutnya digunakan sebagai dasar penentuan kelas pada citra satelit.

Klasifikasi penutupan habitat perairan dangkal menggunakan klasifikasi terbimbing (*Supervised*) berbasis piksel pada algoritma *Maximum Likelihood* (MLH). Citra yang telah dipertajam melalui koreksi kolom air (*depth invariant index*), kemudian di kelompokkan ke dalam kelas-kelas tertentu yang terdapat pada piksel berdasarkan data hasil pengamatan di lapangan. Proses menentukan keputusan dari algoritma ini didasarkan pada persamaan Bayesian berikut :

$$P(i|x) = P(x|i)P(i)/P(x)$$

Keterangan :

$P(i|x)$ = Probabilitas bersyarat dari suatu kelas i, yang dihitung dengan ketetapan bahwa vektor x tanpa syarat

$P(x|i)$ = Probabilitas bersyarat dari vektor x, yang dihitung dengan kelas yang tanpa syarat

$P(i)$ = Probabilitas dari suatu kelas i, yang muncul dari sebuah citra

$P(x)$ = Probabilitas dari vektor x

Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan pada citra hasil klasifikasi untuk mengetahui akurasi dari teknik klasifikasi yang diterapkan. Analisis *confusion matrix* digunakan untuk menguji akurasi peta hasil klasifikasi penginderaan jauh (Wicaksono, 2015; Haya and Fujii, 2017; Mastu, dkk., 2018). Persamaan yang digunakan dalam *confusion matrix* sebagai berikut :

$$\text{Overall Accuracy (AO)} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n}$$

$$\text{Producer Accuracy (PA)} = \frac{n_{jj}}{n+j}$$

$$\text{User Accuracy (UA)} = \frac{n_{ii}}{ni}$$

Keterangan :

k : Jumlah Baris pada matriks

n : Jumlah Pengamatan

nii: Jumlah Pengamatan pada kolom ke-i dan baris ke-i

njj : Jumlah Pengamatan pada kolom ke-j dan baris ke-j

HASIL DAN PEMBAHASAN

Transformasi DII (*Depth Invariant Index*)

Transformasi Lyzenga merupakan salah satu metode koreksi kolom air yang dilakukan dengan mencari rasio koefisien atenuasi dengan kombinasi dua band tampak pada citra. Sebelum dilakukan pemilihan *training area*, citra dikomposit dalam *natural color* (kombinasi band 4,3,2). Selanjutnya, proses untuk mendapatkan nilai koefisien atenuasi diawali dengan memilih *training area* pada lokasi penelitian. *Training area* dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh informasi jenis habitat bentik yang homogen dan berada pada kedalaman berbeda beda. Objek yang homogen selanjutnya digunakan dalam membangun model atenuasi air adalah tutupan pasir pada perairan dangkal sebab objek pasir putih lebih mudah dikenali dan variasi nilai

spektral pasir putih hanya disebabkan oleh adanya pengaruh kolom air (Hafiz, 2013).

Transformasi DII ini bertujuan untuk menghilangkan pengaruh kedalaman sehingga dapat meningkatkan visualisasi penampakan objek-objek dasar perairan secara maksimal (Sirefar dkk., 2010). Nilai reflektan setiap kanal tampak pada 14 titik objek pasir digunakan untuk menghitung variansi dan kovariansi piksel. Untuk menghitung variansi dan kovariansi maka nilai digital number antar band di diregresi untuk melihat hubungan paling kuat pada band.

Nilai reflektan setiap band tampak pada 14 titik objek pasir digunakan untuk menghitung variansi dan kovariansi piksel pada setiap band. Spektral band yang diuji coba menggunakan kombinasi band 2/4, Band 4/3 dan Band 2/3. Kemudian diregresikan untuk melihat hubungan antar band. Hasil regresi menunjukkan kombinasi Band 2/3 memiliki hubungan paling kuat. Tabel 1 menampilkan hasil regresi linear tersebut. Hal ini sesuai dengan penelitian Jaelani (2015) bahwa perpaduan antara band biru (B2) dan band hijau (B3) memiliki hubungan yang sangat kuat karena kedua band tersebut memiliki panjang gelombang dengan penetrasi paling baik di antara band yang lain. Pada dasarnya asumsi untuk koreksi kolom air adalah sinar matahari yang masuk kedalam kolom air berkurang secara eksponensial dengan semakin bertambahnya kedalaman air (*Atenuasi*) dan pada sinar tampak, sinar merah teratenuasi lebih cepat dari pada sinar biru dan hijau (Prayuda, 2014).

Tabel 1. Hasil Regresi Linear Digital Number Citra

Band	Persamaan	Nilai R ²
Biru/Merah (B2/B4)	$y = 0.3057x + 0.0769$	0.6450
Merah/Hijau (B4/B3)	$y = 0.4846x + 0.087$	0.699
Biru/Hijau (B2/B3)	$y = 1.4759x + 0.0229$	0.939

Berdasarkan Tabel. 4 diperoleh persamaan di mana $y = 1.4759x + 0.0229$ dan $R^2 = 0.939$. Nilai 1.4759 merupakan nilai *slope* dari garis linear atau rasio koefisien atenuasi

dari pasangan band (KiKj) dan 0,0229 merupakan nilai *intercept* garis linear yang merupakan nilai indeks dari objek. Y merupakan sumbu yang dibentuk dari

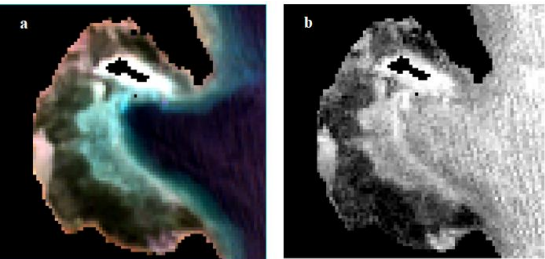
transformasi natural logaritma band *blue*, sedangkan X merupakan sumbu yang dibentuk dari transformasi logaritma natural band *green*. R² merupakan koefisien determinasi. Koefisien determinasi yang paling mendekati satu yang akan digunakan dalam koreksi kolom air

karena pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat adalah besar dengan kata lain memiliki hubungan yang sangat kuat. Hasil perhitungan untuk koreksi kolom air dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.Nilai hasil perhitungan untuk koreksi kolom air

Band	Variansi	Kovariansi	A	KiKj
Biru/Merah (B2/B4)	0.000456/0.001357	0.0006579	-0.447121	0.527093
Merah/Hijau (B4/B3)	0.001357/0.00197	0.0004149	-1.398896	0.320671
Biru/Hijau (B2/B3)	0.000197/0.000456	0.0002902	- 0.447121	0.648286

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 2. Nilai KiKj atau Rasio koefisien pelemahan yang digunakan adalah Band 2/Band 3. Band ini dipilih karena memiliki hubungan yang sangat kuat. Untuk mendapatkan nilai KiKj yang nantinya digunakan sebagai persamaan dalam melakukan koreksi kolom air sebelumnya dilakukan perhitungan variansi dan kovariansi pada setiap band. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menghitung a (Koefisien pelemahan). Nilai KiKj Band 2 dan Band 3 selanjutnya dimasukkan kedalam *software image processing* dengan persamaan sebagai berikut: (alog(b2))-(0.648286*alog(B3))). Hasil Koreksi Kolom air tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



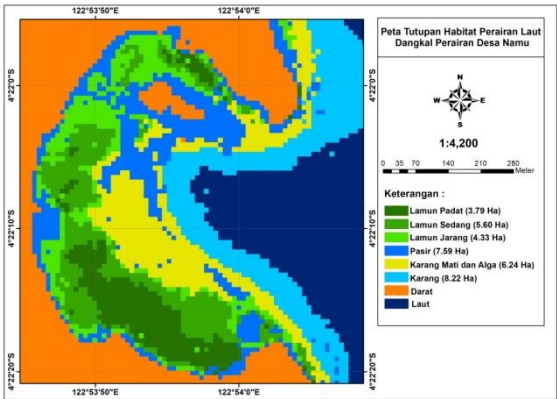
Gambar 2. Proses koreksi kolom air Band 2/Band 3 (Lyzenga) Citra Sentinel-2A; a) sebelum dilakukan koreksi kolom air; b) setelah dilakukan koreksi kolom air

Klasifikasi Tutupan Lamun

Klasifikasi habitat bentik perairan dangkal pada penelitian ini berbasis piksel dengan menggunakan klasifikasi terbimbing (*supervised*) algoritma *Maximum Likelihood* (MLH). Algoritma MLH adalah algoritma klasifikasi yang telah banyak digunakan dalam klasifikasi terbimbing dengan memanfaatkan data citra satelit penginderaan jauh (Sangadji

dkk., 2018). Algoritma MLH bekerja dengan mengelompokkan piksel berdasarkan vektor rata-rata dan matriks ragam dari setiap pola spektral kelas informasi yang mana piksel tersebut belum diketahui identitasnya. Kelas yang paling mendominasi pada piksel yang memiliki peluang paling tinggi.

Berdasarkan hasil pengambilan data lapangan berjumlah 185 titik. Titik ini kemudian dibagi, di mana 100 titik untuk klasifikasi dan 85 titik digunakan untuk uji akurasi. Klasifikasi ini memanfaatkan band tampak (RGB) sebagai input klasifikasi menampilkan sebaran penutupan habitat perairan dangkal sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3. Terdapat beberapa kelas habitat perairan dangkal yang menunjukkan pola persebaran dan luasan yang dapat teridentifikasi secara visual. Proses ini menghasilkan klasifikasi habitat perairan dangkal berdasarkan warna yang terdiri dari 6 kelas yaitu lamun padat, lamun sedang, lamun jarang, karang mati dengan alga, karang dan pasir. Luasan dari hasil klasifikasi sangat beragam di setiap kelasnya.



Gambar 3. Hasil klasifikasi tutupan perairan laut dangkal di Perairan Desa Namu menggunakan algoritma MLH

Lamun menjadi kelas yang mendominasi. Luasan lamun mencapai 13.72 Ha, kemudian karang dengan luasan 8.22 Ha, pasir dengan luasan 7.59 Ha, dan terakhir karang mati dengan alga memiliki luasan 6.24 Ha. Dengan demikian total luasan seluruh kelas tersebut sebesar 35.77 Ha yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Luasan kelas tutupan hasil klasifikasi

Tutupan	Luasan (Ha)
Lamun Padat	3.79
Lamun Sedang	5.60
Lamun Jarang	4.33
Pasir	7.59
Rubble/Makro Alga	6.24
Karang	8.22
Total	35,77

Penilaian Akurasi

Penerapan algoritma MLH, hasil klasifikasi penutupan habitat perairan dangkal menggunakan algoritma MLH dilakukan pengujian akurasi menggunakan data lapangan. Sebanyak 85 data lapangan digunakan untuk uji akurasi. Hasil uji akurasi menunjukkan OA yaitu 64.71%. Menurut Hafizt, (2017) hasil klasifikasi berbasis piksel pada citra landsat 8-OLI menggunakan metode *maximum likelihood* (MLH) menghasilkan akurasi yang masih tergolong rendah yaitu <60%. Hasil penelitian Sangadji, dkk., (2018) menyatakan bahwa akurasi dari hasil klasifikasi berbasis piksel pada citra Sentinel-2A pada penggunaan algoritma *maximum likelihood* (MLH) yaitu sebesar 58.3% dan semakin meningkat dengan diterapkannya metode koreksi kolom air menggunakan algoritma lyzenang yaitu sebesar 63,1%.

Klasifikasi MLH mengelompokan piksel citra berdasarkan pada probabilitas nilai piksel terhadap kelas tertentu dalam sampel piksel. Jika probabilitas nilai piksel dibawa nilai *threshold* yang ditetapkan, maka piksel tersebut tidak terkelaskan. Lain halnya apabila

dalam klasifikasi tidak memasukkan nilai *threshold*, maka semua piksel dapat terkelaskan sesuai sampel piksel yang ada (Prayuda, 2014).

Faktor lainnya yang menyebabkan rendahnya tingkat akurasi adalah kesalahan data referensi, sensitivitas skema klasifikasi pada variabilitas pengamatan, ketidaksesuaian resolusi spasial data citra dan kesalahan dalam proses pemetaan (Congalton dan Green, 2008 dalam Siregar, dkk., 2020) ditambah adanya selisih posisi antara objek pada citra dan pengukuran dilapangan dengan akurasi GPS yang digunakan (Siregar, dkk, 2020). Selain itu, kendala yang ditemukan dalam penelitian ini salah satunya adalah saat proses memperoleh citra satelit Sentinel-2A yang mana waktu perekaman citra berbeda dengan pengambilan data. Hal ini dikarenakan tidak seluruh citra yang dihasilkan dari perekaman dapat dimanfaatkan. Faktor yang mempengaruhi karena keberadaan tutupan awan yang masif, menutupi seluruh wilayah penelitian. Selain itu, faktor pasang surut juga dapat mempengaruhi kualitas citra, pada kondisi perairan yang mengalami surut atau belum sepenuhnya terendam air laut saat citra merekam dilokasi tersebut menyebabkan proses masking citra tidak dapat dilakukan karena wilayah perairan dangkal akan terdeteksi sebagai darat. Sehingga, faktor-faktor tersebut diduga menyebabkan rendahnya akurasi hasil klasifikasi pada citra.

Dengan demikian, klasifikasi penutupan habitat perairan dangkal menggunakan algoritma MLH dapat digunakan berdasarkan panduan SNI 7716.2011 tentang pemetaan habitat dasar perairan laut dangkal, yaitu 60%. Sedangkan algoritma SVM terkoreksi kolom air pada penelitian ini, tidak memenuhi standar dalam memetakan habitat dasar perairan laut dangkal karena memiliki akurasi di bawah SNI yang telah ditetapkan. Hasil uji akurasi hasil klasifikasi habitat bentik perairan dangkal dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji akurasi *confusion matrix* hasil klasifikasi habitat bentik perairan dangkal

Prediction	Ground Truth							UA (%)
	Lamun Padat	Lamun Sedang	Lamun Jarang	KMA	Karang	Pasir	Jumlah	
Lamun Padat	20	2	3	0	0	0	25	80.00
Lamun Sedang	8	12	5	0	0	0	25	48.00
Lamun Jarang	2	4	6	0	0	1	13	46.15
KMA	0	1	0	7	1	0	9	77.78
Karang	0	0	0	0	6	0	6	100
Pasir	1	1	1	0	0	4	7	57.14
Jumlah	31	20	15	7	7	5	85	
PA(%)	65	60.0	40.0	100	85.7	80		
OA(%)	64.71							

KESIMPULAN

Luas tutupan habitat bentik perairan dangkal hasil klasifikasi berbasis piksel berdasarkan citra Sentinel-2A menggunakan algoritma *Maximum Likelihood* (MLH) yaitu 35.77 Ha. Kelas tutupan habitat bentik perairan dangkal terdiri dari kelas lamun (13.72 Ha), karang (8.22 Ha), pasir (7.59 Ha), dan karang mati dengan alga (6.24 Ha). Hasil uji akurasi hasil klasifikasi habitat bentik perairan dangkal yaitu OA = 64.71 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Green, E.P., P.J. Mumby, A.J. Edwards dan C.D. Clark. 2000. Remote sensing: handbook for tropical coastal management. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). Paris. 316 p.
- Anggoro. A., Zamdial., Hartono, D., Bakhtiar. D., Herliany. N. E., & Utami. M. A. F. 2020. Pemetaan Habitat Perairan Dangkal Menggunakan Citra Resolusi Menengah dengan Metode Berbasis Piksel (Studi Kasus Pulau Tikus). *Jurnal Enggano*, 5(1), 78-90
- Siregar, V. P. 2010. Pemetaan Substrat Dasar Perairan Dangkal Karang Congkak dan Lebar Kepulauan Seribu Menggunakan Citra Satelit Quickbird, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2(1), 19-30
- Mukrimin., Haya, L.O.M.Y dan Takwir, A. 2021. Pemetaan Habitat Benthik Perairan Dangkal di Pesisir Pulau Tiga (Selat Tiworo) Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2A. *Jurnal Sapa Laut*, 6(1), 63-74
- Sangadji, M. S., Siregar, V. P., dan Manik, H. M. 2018. Klasifikasi Habitat Perairan Dangkal Menggunakan Logika Fuzzy Dan Maximum Likelihood Pada Citra Satelit Multispektral. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(3), 667-681
- Setyawan, I. E., Siregar V. P., Pramono G. H., dan Yuwono D. M. 2014. Pemetaan Profil Habitat dasar Perairan Dangkal Berdasarkan Bentuk Topografi: Studi kasus Pulau Panggang, Kepulauan Seribu Jakarta. *Majalah Ilmiah Globe*, 16(2), 125-132.
- Mastu, L. O. K., Nababan, B dan Panjaitan, J. P. 2018. Pemetaan Habitat Benthik Berbasis Objek Menggunakan Citra Sentinel-2 di Perairan Pulau Wangi-Wangi Kabupaten Wakatobi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(2), 381-396
- Fibriawati. L. 2016. Koreksi Atmosfer Citra SPOT-6 Menggunakan Metode MODTRAN4. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*, 98-146

- Hafizt, M. 2013. Kajian Estimasi Standing Carbon Stock Padang Lamun Menggunakan Citra Quickbird Di Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa. [Skripsi]. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Lyzengan DR. 1978. Passive remote sensing techniques for mapping water depth and bottom features. *Applied Optics*, 17(3), 379-383
- Prayuda. B. 2014. Pemetaan Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal. Panduan Teknis Pemetaan Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal. LIPI: Jakarta atau LIPI [Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2014. Panduan Teknis Pemetaan Dasar Perairan Laut Dangkal. Jakarta : COREMAP CTI LIPI
- Siregar, V. P., Agus, S.B., Sunuddin, A., Subarno, T., & Azizah, N. N. 2020. Analisis Perubahan Habitat Dasar Perairan Dangkal Menggunakan Citra Satelit Resolusi Tinggi di Karang Lebar, Kepulauan Seribu. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), 37-51
- Hafizt, M., Iswari, M. Y., dan Prayudha, B. 2017. Kajian Metode Klasifikasi Citra Landsat-8 untuk Pemetaan Habitat Bentik di Kepulauan Padaido, Papua. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 2(1), 1–13
- Haya, L.O.M. Y dan Fujii, M. 2017. Mapping the change of coral reefs using remot sensing and in situ measurements:a case study in Pangkajene and Kepulauan Regency, Spermonde Archipelago, Indonesia. *Jurnal Of Oceanography*, 73(5)
- Wicaksono, P. 2015. Pengembangan Model Penginderaan Jauh untuk Pemetaan Stok Karbon Padang Lamun dan Hutan Mangrove. [Disertasi]. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta