



Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime



Alamat Jurnal: <https://ejournal.upi.edu/index.php/kemaritiman>

Pemetaan Habitat Benthik Perairan Dangkal Pulau Barrang Lompo Kepulauan Spermonde

Indah Kartika^{1*}, Vincentius Siregar², Nurjannah Nurdin³, James P Panjaitan²

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Kepulauan Riau, 29115, Indonesia.

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 16680, Indonesia.

³Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar, 90245, Indonesia.

*Corresponding author, e-mail: indahkartika@umrah.ac.id

ABSTRACT

This study aims to map the spatial distribution of benthic habitats in the shallow waters of Barrang Lompo Island, Spermonde Archipelago, using SPOT-7 satellite imagery and the Maximum Likelihood (MLH) classification algorithm. Two image processing approaches were applied, without water column correction and with correction using the Depth Invariant Index (DII) algorithm. The classification results identified six major habitat classes consist of Live Coral, Live Coral + Rubble, Seagrass, Sand, Sand + Seagrass, and Rubble. The uncorrected imagery produced a higher classification accuracy (64.5%) compared to the corrected imagery (62.6%). Although the water column correction enhanced visual contrast between substrates, it did not improve classification accuracy. The high-water clarity at the study site is likely a contributing factor to the reduced effectiveness of the correction process. These findings suggest that water column correction does not always enhance classification results and should be carefully considered in relation to local optical conditions. The study provides valuable insights for benthic habitat mapping to support data-driven coastal management and ecosystem-based spatial planning initiatives.

© 2025 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received 04 24 2025

First Revised 05 20 2025

Accepted 06 12 2025

First Available online 06 17 2025

Publication Date 06 17 2025

Keyword:

Benthic Habitat, Image Classification, Spermonde, SPOT-7, Water Column Correction.

1. PENDAHULUAN

Habitat bentik di perairan dangkal merupakan bagian penting dari ekosistem pesisir yang memiliki peran krusial dalam mendukung keanekaragaman hayati dan stabilitas lingkungan laut, serta mendukung fungsi ekologis penting dalam kawasan pesisir (Li & Asner, 2023). Komunitas bentik seperti lamun, karang, makroalga, dan substrat sedimen menyediakan layanan ekosistem vital, termasuk penyediaan habitat, perlindungan pantai, dan penyimpanan karbon (Duarte *et al.*, 2005; Fourqurean *et al.*, 2023). Kerusakan habitat bentik dapat menyebabkan terganggunya rantai makanan laut, penurunan hasil tangkapan ikan, dan penurunan kualitas lingkungan (Erftemeijer & Lewis, 2006; Unsworth *et al.*, 2015). Oleh karena itu, pemetaan distribusi spasial habitat bentik menjadi penting dalam mendukung perencanaan ruang laut yang berbasis data (Menandro *et al.*, 2022; Estradivari *et al.*, 2024).

Penginderaan jauh merupakan salah satu metode yang efektif untuk memperoleh informasi habitat bentik secara luas dan efisien, terutama di wilayah yang sulit dijangkau secara langsung. Teknologi citra multispektral seperti Sentinel-2 dan SPOT-7 mampu mendeteksi perbedaan spektral permukaan dasar laut, yang dapat digunakan dalam klasifikasi habitat bentik (Kartika *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2020; Astaman *et al.*, 2021). Dalam proses klasifikasi, pendekatan berbasis piksel sering digunakan karena kemampuannya dalam memproses citra secara matematis berdasarkan nilai digital tiap piksel (Akhlaq *et al.*, 2020). Keberhasilan klasifikasi sangat ditentukan oleh akurasi preprocessing data, pemilihan algoritma yang sesuai, serta kondisi lingkungan seperti kedalaman dan kecerahan air (Mumby *et al.*, 2004).

Maximum Likelihood (MLH) merupakan salah satu algoritma klasifikasi yang paling banyak digunakan dalam pemetaan habitat bentik berbasis citra penginderaan jauh (Benfield *et al.*, 2007; Andrefouet *et al.*, 2012; Wicaksono, 2016). Studi sebelumnya menunjukkan bahwa algoritma ini efektif untuk pemetaan habitat bentik, terutama pada wilayah dengan karakteristik spektral yang tidak terlalu tumpang tindih (Mather & Tso., 2009; Setiawan *et al.*, 2022). Namun, pada kawasan tropis seperti di Indonesia, tantangan muncul karena kemiripan spektral antar kelas seperti pasir, karang, dan lamun (Nurdin *et al.*, 2016), sehingga pemilihan citra dan pengolahan lanjutan menjadi sangat krusial.

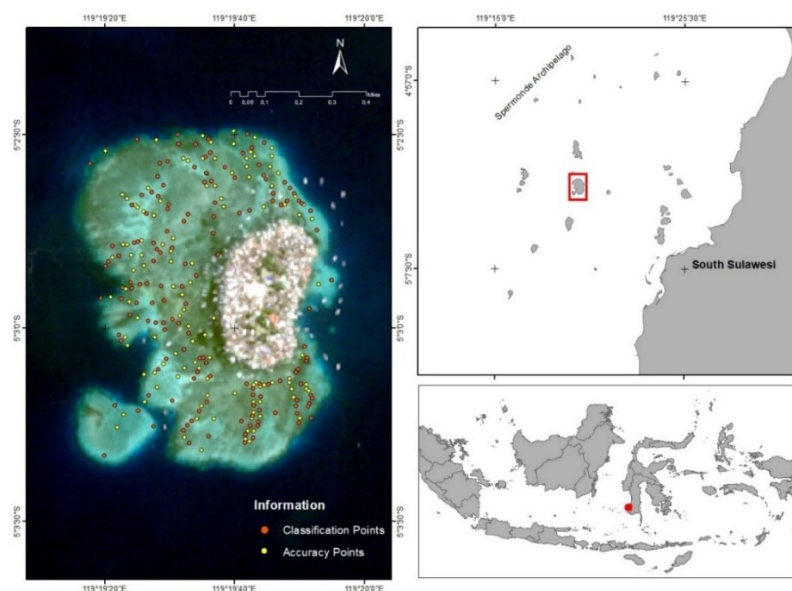
Pulau Barrang Lompo, yang terletak di wilayah Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan, merupakan area pesisir yang memiliki kompleksitas bentik tinggi dan menghadapi tekanan lingkungan yang signifikan akibat aktivitas manusia (Nurdin *et al.* 2023). Aktivitas seperti budidaya laut, pariwisata, serta pembangunan pemukiman pesisir berdampak pada penurunan kualitas habitat bentik. Studi tersebut menunjukkan bahwa kawasan ini mengalami perubahan penutup dasar laut dalam beberapa tahun terakhir. Mengingat dinamika perubahan lingkungan yang terus berlangsung, dibutuhkan studi lanjutan yang mengintegrasikan pendekatan kuantitatif dan algoritma klasifikasi berbasis piksel untuk memperbarui informasi spasial secara lebih sistematis dan mendukung pengelolaan wilayah pesisir secara berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan distribusi spasial habitat bentik di perairan dangkal Pulau Barrang Lompo menggunakan citra satelit SPOT-7 dan algoritma *Maximum Likelihood* (MLH), dengan membandingkan efektivitas klasifikasi antara citra yang dikoreksi kolom air (*Depth Invariant Index/DII*) dan tanpa koreksi, sehingga dapat memberikan rekomendasi metode pengolahan citra yang optimal untuk wilayah dengan karakteristik serupa.

2. METODE

Penelitian ini difokuskan di perairan dangkal Pulau Barrang Lompo Kepulauan Spermonde (**Gambar 1**). *Ground truthing* dilaksanakan pada tanggal 15-16 Januari 2022. Tahap pra-processing citra satelit dilakukan di kantor Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional (LAPAN), sedangkan tahap analisis data citra satelit dilaksanakan di Laboratorium Informasi Geospasial, LPPM Universitas Hasanuddin. Alat-alat yang digunakan saat *ground truthing* di antaranya adalah *Global Positioning System* (GPS), *Avenza Maps*, *frame* transek kuadrat ukuran $1 \times 1 \text{ m}^2$, *underwater camera*, alat tulis bawah air, dan *secchi disk*. Adapun data citra yang digunakan sebagai bahan dalam penelitian ini adalah citra SPOT-7 dengan resolusi spasial $6 \times 6 \text{ m}^2$ yang diakuisisi pada tanggal 10 Agustus 2020. Sebelum melakukan *ground truthing*, langkah awal yang dilakukan adalah membuat perencanaan untuk menentukan titik lokasi pengamatan dengan membuat peta kerja hasil klasifikasi *unsupervised* yang akan digunakan sebagai acuan dalam pengamatan di lapangan. Berdasarkan hasil klasifikasi tersebut, titik lokasi pengamatan dipilih melalui metode *systematic random sampling*. Pengambilan data habitat bentik dilakukan dengan observasi langsung secara visual yang dipadukan dengan penerapan teknik foto transek kuadrat (Roelfsema & Phinn, 2008).

Penempatan transek kuadrat didasarkan pada jenis objek homogen yang ditemukan di lapangan serta hasil klasifikasi *unsupervised* citra dengan piksel-piksel homogen yang merepresentasikan kelas yang sama. Teknik foto transek dilakukan untuk mempermudah proses identifikasi dan perhitungan tutupan objek habitat bentik yang berada dalam transek kuadrat. Pengumpulan data objek habitat bentik dilakukan secara langsung dengan metode rapid mobile yang mengacu pada prinsip tutupan lahan dominan. Pendekatan ini digunakan untuk mengklasifikasikan setiap area pengamatan habitat bentik yang dianggap representatif (Siregar, 2010). Titik-titik *ground truthing* yang tersebar di perairan laut dangkal Pulau Barrang Lompo sebanyak 305 titik yang terdiri dari 198 titik untuk klasifikasi dan 107 titik untuk uji akurasi. Hasil pengamatan di lapangan kemudian digunakan sebagai acuan dalam membentuk skema klasifikasi. Skema klasifikasi dan penamaan kelas komponen penyusunan habitat bentik yang digunakan pada penelitian ini dikembangkan berdasarkan prinsip habitat bentik dominan yang ditemukan di lapangan (Siregar, 2010; Prabowo *et al.*, 2018).



Gambar 1. Titik Sampling Lokasi Penelitian

Penelitian ini melibatkan serangkaian tahap *pre-processing* citra mencakup koreksi radiometrik, koreksi atmosferik dan pemisahan area daratan dengan perairan (masking) pada citra. Metode yang digunakan dalam koreksi radiometrik adalah *Top of Atmosphere* (ToA) di mana nilai *Digital Number* diubah menjadi nilai spectral radian dan dikonversi menjadi nilai spectral reflektan. Selanjutnya, koreksi atmosferik diterapkan pada citra SPOT-7 menggunakan metode *Dark Object Subtraction* (DOS) dengan asumsi bahwa nilai reflektan dikurangi oleh nilai reflektan dari piksel objek tergelap (Chavez *et al.*, 1977). Kemudian, dilakukan proses masking untuk membedakan area antara daratan dan perairan laut di mana nilai digital daratan diubah menjadi nol (0) sehingga hanya menampilkan nilai digital perairan laut.

Setelah tahap *pre-processing*, dilakukan dua perlakuan berbeda terhadap citra yaitu tanpa koreksi kolom air, dan dengan penerapan koreksi kolom air menggunakan algoritma *Depth Invariant Index* (DII). Koreksi kolom air bertujuan untuk mengurangi pengaruh variasi kedalaman terhadap nilai pantulan spektral, sehingga dapat meningkatkan akurasi identifikasi substrat dasar laut (Lyzena, 1981). Proses ini melibatkan band biru dan band hijau pada citra yang digunakan karena kedua band ini memiliki kemampuan penetrasi yang optimal ke dalam kolom perairan. Koreksi kolom perairan dilakukan dengan menggunakan persamaan regresi linear yang dihasilkan dari kombinasi dua kanal sinar tampak serta nilai rasio keefisien atenuasinya. Adapun persamaan tersebut dinyatakan sebagai berikut:

$$DII = \ln(B_i) - [(k_i/k_j) * \ln(B_j)] \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

B_i : Nilai reflektansi kanal i

B_j : Nilai reflektansi kanal j

K_i/K_j : Nilai rasio koefisien atenuasi

$$\frac{k_i}{k_j} = a + \sqrt{a^2 + 1} \dots\dots\dots(2)$$

$$a = \frac{\sigma_{ii} - \sigma_{jj}}{2\sigma_{ij}} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

σ_{ii} : Varian kanal i

σ_{jj} : Varian kanal j

σ_{ij} : Covarian kanal ij

Data citra yang telah melewati proses *pre-processing* dan koreksi kolom perairan, selanjutnya dilakukan proses klasifikasi. Proses ini bertujuan untuk memperoleh representasi visual suatu objek dengan cara mengelompokkannya ke dalam beberapa kategori atau kelas. Dalam penelitian ini, metode klasifikasi yang digunakan adalah klasifikasi *supervised* algoritma *Maximum Likelihood* (MLH). Algoritma ini telah umum digunakan untuk pemetaan habitat bentik dengan hasil yang baik (Wicaksono, 2016; Andrefouet *et al.*, 2012). Algoritma MLH diterapkan pada citra dengan menggunakan skema klasifikasi yang telah dibentuk. Selanjutnya, uji akurasi dilakukan terhadap hasil klasifikasi citra dengan menggunakan data *ground truthing* sebagai acuan. Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil pengolahan data citra satelit yang diklasifikasi dengan menggunakan tabel matrix error. Parameter uji akurasi terdiri dari *User Accuracy* (UA), *Producer Accuracy* (PA), dan *Overall Accuracy* (OA) dengan persamaan berikut (Congalton and Green, 2009):

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \dots\dots\dots (11)$$

$$UA = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \dots\dots\dots (12)$$

$$PA = \frac{n_{jj}}{n_{+j}} \dots\dots\dots (13)$$

Dimana:

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.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengamatan Lapangan

Hasil pengamatan lapangan menunjukkan terdapat 305 titik *ground truthing* di Pulau Barrang Lompo, dengan 198 titik digunakan sebagai data masukan untuk klasifikasi dan 107 titik dimanfaatkan untuk pengujian akurasi. Skema klasifikasi habitat bentik ditetapkan berdasarkan objek dominan yang teramati di lokasi penelitian melalui metode transek kuadrat langsung atau *rapid mobile* (Siregar, 2010), serta didukung oleh analisis foto transek kuadrat.

Pengamatan lapangan mengungkapkan variasi komponen habitat bentik di perairan dangkal Pulau Barrang Lompo, dengan enam kelas habitat bentik yang paling banyak dijumpai. Klasifikasi ini dibangun berdasarkan objek dominan yang teridentifikasi, mencakup Karang Hidup, *Rubble*, Karang Hidup + *Rubble*, Lamun, Pasir, dan Pasir + Lamun.

Selain melakukan pengamatan terhadap komponen habitat bentik, penelitian ini juga mencakup pengukuran tingkat kejernihan perairan dengan menggunakan alat bantu *secchi disk*. Pengukuran ini dilakukan di setiap stasiun pengamatan untuk mengetahui seberapa jauh penetrasi cahaya dapat menembus kolom air, yang selanjutnya dapat digunakan sebagai indikator kualitas optik perairan. Hasil pengukuran visibilitas perairan pada masing-masing lokasi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

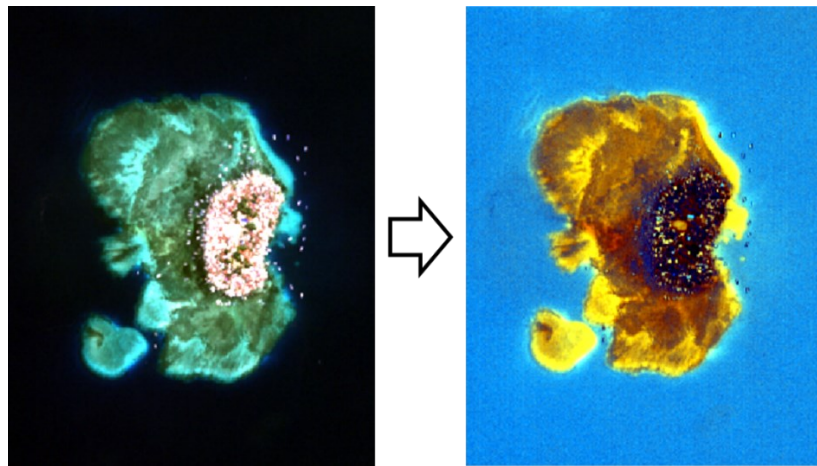
Tabel 1. Tingkat kedalaman *secchi disk* di perairan Pulau Barrang Lompo

Stasiun	Kedalaman <i>Secchi Disk</i> (m)
1	7
2	5

Kedalaman visibilitas berdasarkan pembacaan *secchi disk* di Pulau Barrang Lompo berkisar antara 5 hingga 7 meter. Berdasarkan klasifikasi kejernihan perairan yang dikemukakan oleh Shaw *et al.* (2002), nilai-nilai tersebut mengindikasikan bahwa kondisi optik di kedua lokasi tergolong sangat baik, dengan nilai kedalaman visibilitas melebihi ambang batas 6 m atau lebih dari 20 kaki.

3.2 Koreksi Kolom Air

Hasil penerapan koreksi kolom air menggunakan algoritma *Depth Invariant Index* (DII) pada citra SPOT-7 di perairan dangkal Pulau Barrang Lompo menunjukkan adanya perubahan visual yang cukup signifikan pada rona objek dasar perairan (**Gambar 2**). Koreksi kolom air yang dilakukan menggunakan pasangan band biru dan hijau pada citra SPOT-7 menghasilkan nilai rasio koefisien atenuasi sebesar 0,777 untuk SPOT-7. Nilai ini mengindikasikan tingkat pelemahan cahaya oleh kolom air yang relatif tinggi.

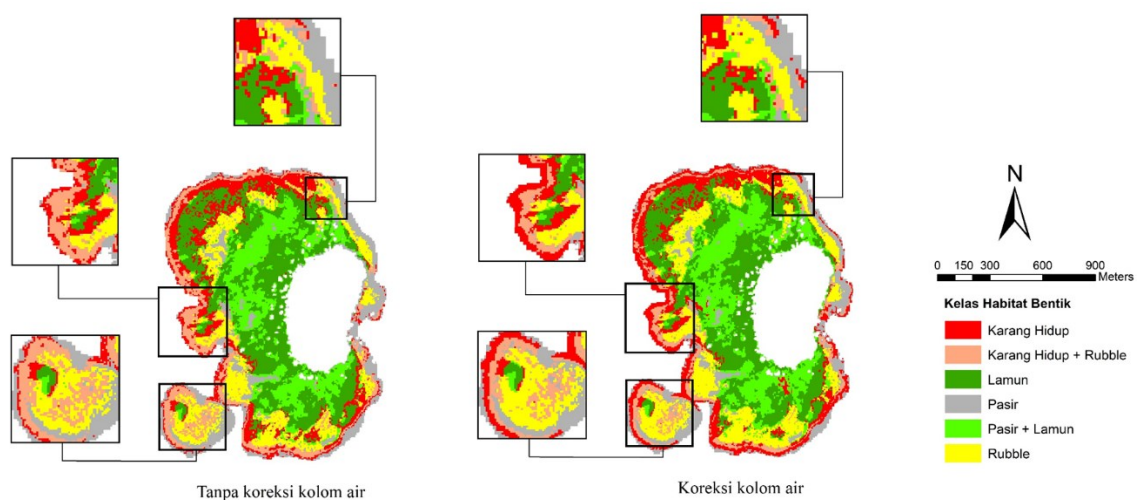


Gambar 2. Hasil transformasi koreksi kolom perairan dengan penerapan algoritma DII (*Depth Invariant Index*) pada citra SPOT-7 di Pulau Barrang Lompo.

Gambar 2 menunjukkan perbandingan tampilan citra SPOT-7 di Pulau Barrang Lompo sebelum dan setelah dilakukan koreksi kolom air menggunakan metode *Depth Invariant Index* (DII). Setelah melalui koreksi, citra menunjukkan peningkatan ketajaman visual, di mana substrat berpantulan tinggi seperti pasir tampil lebih cerah dan lebih mudah dibedakan dari kelas substrat lainnya. Data hasil dengan dan tanpa penerapan koreksi kolom air kemudian digunakan sebagai fitur input dalam proses klasifikasi berbasis piksel menggunakan algoritma *Maximum Likelihood*, untuk memperoleh peta distribusi habitat benthik yang lebih representatif terhadap kondisi lapangan.

3.3 Distribusi Spasial Habitat Benthik

Hasil klasifikasi habitat benthik perairan dangkal di Pulau Barrang Lompo menggunakan algoritma *Maximum Likelihood* (MLH) terhadap citra SPOT-7 menunjukkan perbedaan distribusi spasial yang cukup nyata antara perlakuan tanpa (**Tabel 2**) dan dengan penerapan koreksi kolom air (**Tabel 3**). Secara umum, wilayah pesisir Pulau Barrang Lompo didominasi oleh kelas pasir, lamun, dan karang hidup, dengan penyebaran yang cukup merata di area dangkal (**Gambar 3**).



Gambar 3. Distribusi spasial habitat benthik perairan dangkal di Pulau Barrang Lompo dengan dan tanpa penerapan koreksi kolom air

Tabel 2. Luasan kelas hasil klasifikasi habitat bentik di Pulau Barrang Lompo tanpa penerapan koreksi kolom air (tanpa DII).

No	Kelas	Tanpa DII (Ha)
1	Karang Hidup	20,6
2	Karang Hidup + <i>Rubble</i>	15,1
3	Lamun	37,8
4	Pasir	18,2
5	Pasir + Lamun	25,3
6	Pasir + <i>Rubble</i>	19,1
Total		136,2

Tabel 3. Luasan kelas hasil klasifikasi habitat bentik di Pulau Barrang Lompo dengan penerapan koreksi kolom air (dengan DII).

No	Kelas	Dengan DII (Ha)
1	Karang Hidup	23,6
2	Karang Hidup + <i>Rubble</i>	10,2
3	Lamun	36,8
4	Pasir	14,3
5	Pasir + Lamun	27,9
6	Pasir + <i>Rubble</i>	23,5
Total		136,2

Hasil klasifikasi antara citra tanpa koreksi dan citra yang telah dikoreksi menunjukkan bahwa proses koreksi kolom air memengaruhi perubahan luasan tiap kelas habitat bentik. Secara umum, terjadi pergeseran antar kelas yang kemungkinan disebabkan oleh berubahnya kemampuan citra dalam membedakan karakter spektral objek setelah diterapkannya transformasi DII.

Pada kelas Karang Hidup, terjadi peningkatan luasan dari 20,6% menjadi 23,6% setelah koreksi. Hal ini menunjukkan bahwa koreksi kolom air mampu meningkatkan kontras spektral karang terhadap substrat sekitarnya, sehingga piksel yang sebelumnya tidak terklasifikasikan sebagai karang dapat dikenali lebih baik setelah dilakukan koreksi kolom air. Hal ini sesuai dengan temuan [Hedley et al. \(2005\)](#) yang menyatakan bahwa koreksi kolom air dapat memperjelas sinyal spektral dari substrat berreflektansi tinggi seperti karang, terutama pada kedalaman menengah. Namun, peningkatan ini diikuti oleh penurunan luasan kelas Karang Hidup + *Rubble*, yang berkurang dari 15,1% menjadi 10,2%, mengindikasikan adanya redistribusi piksel dari kelas campuran ke kelas karang.

Kelas Lamun menunjukkan penurunan kecil dari 37,8% menjadi 36,8%, sedangkan Pasir mengalami penurunan luasan yang lebih besar dari 18,2% menjadi 14,3%. Penurunan ini mengindikasikan bahwa setelah koreksi kolom air, sebagian area yang sebelumnya diklasifikasikan sebagai pasir kemungkinan berpindah ke kelas Pasir + Lamun, yang justru mengalami peningkatan luasan dari 25,3% menjadi 27,9%. Hal ini dapat dijelaskan oleh sifat spektral lamun yang sebagian tertutupi pasir, yang pada citra tanpa koreksi cenderung diklasifikasikan sebagai pasir karena atenuasi kolom air mengurangi pantulan ciri khas spektral lamun ([Mishra et al., 2005](#); [Hedley et al., 2016](#)). Koreksi kolom air dalam hal ini meningkatkan visibilitas pantulan spektral lamun, sehingga memperluas area klasifikasi untuk kelas campuran.

Sementara itu, kelas *Rubble* mengalami peningkatan cukup besar dari 19,1% menjadi 23,5%. Transformasi DII meningkatkan kontras visual antara substrat kasar seperti *rubble* dan

substrat halus seperti pasir, sehingga menyebabkan pergeseran piksel dari kelas lain ke kelas *rubble*. Secara keseluruhan, perubahan luasan pada masing-masing kelas menunjukkan bahwa koreksi kolom air memengaruhi distribusi spasial habitat benthik, tetapi tidak selalu menghasilkan klasifikasi yang lebih akurat. Oleh karena itu, penerapan koreksi perlu mempertimbangkan kondisi lokal perairan serta sensitivitas spektral substrat yang dikaji.

3.4 Uji akurasi

Hasil uji akurasi dari dua perlakuan klasifikasi, dengan dan tanpa koreksi kolom air, menunjukkan bahwa citra SPOT-7 tanpa koreksi menghasilkan nilai klasifikasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan citra yang telah ditransformasi menggunakan *Depth Invariant Index*. Nilai *Overall Accuracy* (OA) pada klasifikasi tanpa koreksi mencapai 64,5%, sementara klasifikasi dengan koreksi kolom air menurun menjadi 62,6% (**Tabel 4 dan 5**).

Tabel 4. *Matrix confusion* hasil klasifikasi habitat benthik perairan dangkal Pulau Barrang Lompo tanpa penerapan koreksi kolom air

Kelas	Ground Truth						Total	User accuracy
	Karang Hidup	Karang Hidup + Rubble	Lamun	Pasir	Rubble	Pasir + Lamun		
Karang Hidup	8	4	1	0	0	0	13	61.54
Karang Hidup + Rubble	4	8	0	0	1	0	13	61.54
Lamun	4	0	27	2	4	0	37	72.97
Pasir	0	0	0	8	0	1	9	88.89
Rubble	0	1	4	1	10	1	17	58.82
Pasir + Lamun	0	3	0	4	3	8	18	44.44
Total	16	16	32	15	18	10	107	
<i>Producer accuracy</i>	50.00	50.00	84.38	53.33	55.56	80.00	<i>Overall accuracy</i>	64,5%

Tabel 5. *Matrix confusion* hasil klasifikasi habitat benthik perairan dangkal Pulau Barrang Lompo dengan penerapan koreksi kolom air

Kelas	Ground Truth						Total	User accuracy
	Karang Hidup	Karang Hidup + Rubble	Lamun	Pasir	Rubble	Pasir + Lamun		
Karang Hidup	8	5	1	0	2	0	16	50.00
Karang Hidup + Rubble	4	7	0	0	1	0	12	58.33
Lamun	4	0	26	1	3	0	34	76.47
Pasir	0	0	0	8	0	0	8	100.00
Rubble	0	1	5	2	9	1	18	50.00
Pasir + Lamun	0	3	0	4	3	9	19	47.37
Total	16	16	32	15	18	10	107	
<i>Producer accuracy</i>	50.00	43.75	81.25	53.33	50.00	90.00	<i>Overall accuracy</i>	62,6%

Perbedaan ini mengindikasikan bahwa penerapan koreksi kolom air pada citra SPOT-7 di Pulau Barrang Lompo menurunkan efektivitas klasifikasi berbasis algoritma *Maximum Likelihood*. Kondisi perairan yang cukup jernih di lokasi ini membuat koreksi kolom air menjadi kurang diperlukan, sehingga informasi spektral asli justru lebih representatif dalam menggambarkan karakteristik substrat dasar laut.

Pada citra tanpa koreksi kolom air, hasil klasifikasi menunjukkan pemisahan kelas yang relatif lebih konsisten, khususnya pada kelas pasir dan lamun. Karakteristik spektral dari pasir tampak lebih menonjol, sehingga dapat dibedakan secara spasial dari kelas bentik lainnya. Temuan ini mengindikasikan bahwa pada wilayah dengan visibilitas perairan yang tergolong sangat baik, seperti ditunjukkan oleh nilai kedalaman *secchi disk* sebesar 5 hingga 7 meter, pengaruh kolom air terhadap nilai spektral relatif kecil, sehingga tidak mengganggu proses klasifikasi secara signifikan.

Sebaliknya, pada citra yang telah dikoreksi kolom air, distribusi visual antar kelas terlihat lebih kontras, terutama pada area transisi antara pasir dan lamun. Akan tetapi, peningkatan kontras visual ini tidak diikuti oleh peningkatan akurasi klasifikasi. Hasil penelitian yang dilakukan [Barrera et al. \(2022\)](#), menunjukkan hasil yang serupa di mana citra tanpa koreksi kolom air menghasilkan akurasi yang lebih tinggi. Hal ini diduga disebabkan oleh meningkatnya *noise* spektral akibat transformasi DII yang menyebabkan *overlap* antar kelas justru semakin besar, terutama pada substrat yang memiliki nilai reflektansi yang saling berdekatan ([Mishra et al. 2006](#)). Efek ini menyebabkan beberapa piksel mengalami ambiguitas kelas, yang pada akhirnya menurunkan performa algoritma MLH dalam mengelompokkan objek secara optimal.

Hasil ini menguatkan temuan bahwa efektivitas koreksi kolom air sangat bergantung pada kondisi optik perairan setempat. Pada kawasan dengan kolom air yang relatif jernih dan kedalaman yang dangkal, seperti di Pulau Barrang Lompo, pendekatan klasifikasi tanpa koreksi justru dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan efisien. Dengan demikian, penerapan koreksi kolom air tidak selalu menjadi prasyarat utama untuk klasifikasi habitat bentik, terutama jika kualitas citra dan kondisi perairan mendukung identifikasi substrat secara langsung.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma *Maximum Likelihood* efektif digunakan untuk memetakan distribusi spasial habitat bentik di perairan dangkal Pulau Barrang Lompo menggunakan citra SPOT-7. Enam kelas habitat utama berhasil diidentifikasi, yaitu Karang Hidup, Karang Hidup + *Rubble*, Lamun, Pasir, Pasir + Lamun, dan *Rubble*. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa citra tanpa koreksi kolom air menghasilkan akurasi yang lebih tinggi (64,5%) dibandingkan dengan citra yang telah dikoreksi menggunakan *Depth Invariant Index* (62,6%). Temuan ini mengindikasikan bahwa pada wilayah dengan kejernihan perairan yang tinggi, koreksi kolom air tidak selalu meningkatkan akurasi klasifikasi. Oleh karena itu, pemilihan metode pengolahan citra sebaiknya disesuaikan dengan karakteristik optik perairan dan tujuan analisis yang diinginkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

Akhlaq, M & Winarso, G. (2020). Comparative Analysis of Object-Based and Pixel-Based Classification of High-Resolution Remote Sensing Images for Mapping Coral Reef Geomorphic Zones. *Proceedings of the 1st Borobudur International Symposium on*

- Humanities, Economics and Social Sciences*, 436, 992-996.
<https://doi.org/10.2991/assehr.k.200529.208>
- Astaman, I. D. M. K. P., Karang, I. W. G. A., Hendrawan, I. G., & Setiawan, K. T. (2021). Pemetaan habitat dasar perairan dangkal menggunakan citra satelit SPOT-7 di Pulau Nusa Lembongan, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 7(2), 184–195.
<https://doi.org/10.24843/jmas.2021.v07.i02.p07>
- Barrera, A.M., Marcello, J., Eugenio, F., Hernández, E. (2022). Seagrass mapping using high resolution multispectral satellite imagery: A comparison of water column correction models. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 113.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102990>.
- Benfield SL, Guzman HM, Mai JM, Young JT. (2007). Mapping the distribution of coral reefs and associated sublittoral habitats in Pacific Panama: a comparison of optical satellite sensors and classification methodologies. *International Journal of Remote Sensing*, 28: 5047-5070. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/01431160701258062>.
- Chavez P, Berlin G, Mitchell W. (1977). Computer Enhancement Techniques of Landsat MSS Digital Images for Landuse/Landcover Assessments. *Remote Sensing of Earth Resources*, 6: 259.
- Congalton RG, Green K. (2009). Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. *In The Photogrammetric Record*, 25(130). <https://doi.org/10.1111/j.1477-9730.2010.00574.2.x>
- Duarte, C. M., et al. (2005). Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.5194/bg-2-1-2005>
- Erftemeijer, P.L.A., & Lewis III, R.R. (2006). Environmental impacts of dredging on seagrasses: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 52(12), 1553–1572.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.09.006>
- Estradivari, Indah Kartika, Dedi S. Adhuri, Luky Adrianto, Firdaus Agung, Gabby N. Ahmadi, Sonia Bejarano, Stuart J. Campbell, Faridz Rizal Fachri, Hari Kushardanto, Cliff Marlessy, Beby Pane, Oscar Puebla, Ray Chandra Purnama, I Wayan Veda Santiadji, Wahid Suherfian, Mardha Tillah, Hesti Widodo, Christian Wild, Sebastian C.A. Ferse. (2024). Prospective ecological contributions of potential marine OECMs and MPAs to enhance marine conservation in Indonesia. *Ocean & Coastal Management*, 258.
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107411>.
- Hedley, J. D., Harborne, A. R., & Mumby, P. J. (2005). Simple and robust removal of sun glint for mapping shallow-water benthos. *International Journal of Remote Sensing*, 26(10), 2107–2112. <https://doi.org/10.1080/01431160500034086>
- Hedley, J. D., Roelfsema, C. M., Chollett, I., Harborne, A. R., Heron, S. F., Weeks, S., Skirving, W. J., Strong, A. E., Eakin, C. M., Christensen, T. R. L., Ticzon, V., Bejarano, S., & Mumby, P. J. (2016). *Remote Sensing of Coral Reefs for Monitoring and Management: A Review*. *Remote Sensing*, 8(2), 118. <https://doi.org/10.3390/rs8020118>
- Kartika, I., Siregar V.P., Nurdin, N. Panjaitan, J.P. (2022). Klasifikasi habitat bentik perairan laut dangkal di Pulau Barrang Caddi dengan pendekatan OBIA menggunakan citra Sentinel-2 dan SPOT-7 dengan penerapan algoritma Bayesian dan K-Nearest Neighbor. *Jurnal Kelautan Tropis*, 10(1), 56–66.
- Menandro P.S., Lavagnino A.C., Vieira F.V., Boni G.C., Franco T., Bastos A.C. (2022). The role of benthic habitat mapping for science and managers: A multi-design approach in the Southeast Brazilian Shelf after a major man-induced disaster. *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1004083>

- Mumby P.J. Skirving W.J. Strong A. Hardy J. LeDrew E. & Hochberg E. Stumpf R. David L. (2004). Remote sensing of coral reefs and their physical environment. *Marine pollution bulletin*. 48. 219-28. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.10.031>
- Li, J., & Asner, G. P. (2023). Global analysis of benthic complexity in shallow coral reefs. *Environmental Research Letters*, 18(2), 024038. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acb3e6>
- Lyzenga, D. R. (1981). Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data. *International Journal of Remote Sensing*, 2(1), 71–82. <https://doi.org/10.1080/01431168108948342>
- Mather, P., & Tso, B. (2009). *Classification Methods for Remotely Sensed Data* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420090741>
- Mishra, D., Narumalani, S., Rundquist, D., & Lawson, M. (2005). Characterizing the vertical diffuse attenuation coefficient for downwelling irradiance in coastal waters: Implications for water penetration by high resolution satellite data. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing - ISPRS J PHOTOGRAMM.* 60. 48-64. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2005.09.003>
- Mishra, D., Narumalani, S., Rundquist, D., & Lawson, M. (2006). Benthic habitat mapping in tropical marine environments using QuickBird multispectral data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(9), 1037–1048. <https://doi.org/10.14358/PERS.72.9.1037>
- Mederos-Barrera, A., Marcello, J., Eugenio, F., & Hernández, E. (2022). Seagrass mapping using high resolution multispectral satellite imagery: A comparison of water column correction models. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102990>
- Nurdin, N., Prasyad, H., Rani, C., Al Azizi, S. Q., Pulubuhu, D. A. T., Aris, A., Aushaf, S. T., Nurdin, N., & Komatsu, T. (2023). Tracking coral loss in the Spermonde Archipelago of Indonesia: 32 years of satellite monitoring from 1990 to 2022. *International Journal of Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1080/01431161.2023.2268823>
- Prabowo NC, Siregar VP, Agus SB. (2018). Klasifikasi Habitat Benthik Berbasis Objek Dengan Algoritma Support Vector Machines dan Decision Tree Menggunakan Citra Multispektral SPOT-7 di Pulau Harapan dan Pulau Kelapa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10, 123-134. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i1.21670>
- Roelfsema C, Phinn S. (2008). Evaluating eight field and remote sensing approaches for mapping the benthos of three different coral reef environments in Fiji. *Remote Sensing of Inland, Coastal, and Oceanic Waters*, 7150 (January), 71500F. <https://doi.org/10.1117/12.804806>
- Shaw BH, Mechenich C, Klessig L. (2002). Understanding Lake Data (G3582), RP-03.
- Siregar VP. (2010). Pemetaan Substrat Dasar Perairan Dangkal Karang Congkak dan Lebar Kepulauan Seribu Menggunakan Citra Satelit Quick Bird. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2(1), 19–30. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/53408>
- Setiawan, K.T., Winarso, G., Ibrahim, A., Purwanto, A.D., Parsa, I.M. (2022). Comparative Analysis of Classification Methods for Mapping Shallow Water Habitats Using Spot-7 Satellite Imagery in Nusa Lembongan Island, Bali. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*. 19. 10-20. <https://doi.org/10.30536/ijreses.2022.v19.a3748>
- Unsworth, R.K.F., Collier, C.J., Waycott, M., McKenzie, L.J., & Cullen-Unsworth, L.C. (2018). A framework for the resilience of seagrass ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 134, 146–155. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.08.016>

- Wicaksono P. (2016). Improving the accuracy of Multispectral-based benthic habitats mapping using image rotations: the application of Principle Component Analysis and Independent Component Analysis. *European Journal of Remote Sensing*, 49, 433-463. <https://doi.org/10.5721/EuJRS20164924>
- Yiqiong Li, Junwu Bai, Shiquan Chen, Bowei Chen, Li Zhang. (2023). Mapping seagrasses on the basis of Sentinel-2 images under tidal change. *Marine Environmental Research*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.105880>