

Percentage of Coral Reef Lifeforms Using Sentinel-2A at the Gili Air Dive Site

As'ad Humam A'zom^{1*}, Sitti Hilyana¹, Rhojim Wahyudi¹

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : October 18th, 2025

Revised : October 25th, 2025

Accepted : November 01th, 2025

*Corresponding Author: **Rhojim Wahyudi**, Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;
Email:
rhojim07009@unram.ac.id

Abstract: Indonesia possesses approximately 51,000 km² of coral reef ecosystems, yet their condition continues to decline due to both human activities and natural factors. One affected area is the Gili Matra Marine Tourism Park (TWP), particularly the Gili Air dive sites, where significant coral reef degradation has been observed. This study aims to determine the percentage of coral lifeforms and assess the accuracy of Sentinel-2A satellite imagery in mapping coral reefs in the area. Field data were collected using the Underwater Photo Transect (UPT) method and analyzed with CPCe software. Sentinel-2A imagery was processed through sunglint correction water column correction and unsupervised classification using ENVI 5.3 and ArcGIS 10.8. The results show coral reef conditions in Gili Air range from moderate to poor, with the highest live coral cover at Air Slove and the lowest at Hans Reef. A total of eleven coral lifeform types were identified. Image classification produced four benthic habitat classes with an overall accuracy of 60.5% and a Kappa index of 18.3%, meeting the minimum standard set by the Indonesian National Standard. The study demonstrates that integrating UPT data and Sentinel-2A imagery is effective for mapping coral reefs, although higher-resolution imagery is recommended for better substrate differentiation.

Keywords: Accuracy, Gili Matra, coral reefs, sentinel-2A, mapping.

Pendahuluan

Terumbu karang merupakan ekosistem khas wilayah tropis yang sangat beragam dan produktif. Indonesia, yang terletak di kawasan segitiga terumbu karang dunia, memiliki sekitar 2,5 juta hektar area terumbu karang dan menjadi habitat bagi 569 spesies karang, setara dengan 67% dari total spesies karang dunia (Kusuma et al., 2023). Ekosistem ini memiliki berbagai fungsi penting, seperti sarana wisata bahari, sumber bahan pangan dan biota hias (Arisandi et al., 2018), serta memberikan manfaat langsung bagi masyarakat pesisir berupa perlindungan pantai, sumber penghidupan, dan pendapatan dari sektor perikanan dan pariwisata (Maulana et al., 2016).

Sayangnya, kondisi terumbu karang di Indonesia terus mengalami penurunan. Menurut data LIPI (2016), dari 1.259 stasiun pemantauan, hanya 5% terumbu karang yang berada dalam

kondisi sangat baik, sementara sisanya tergolong baik (27,01%), buruk (39,97%), dan jelek (30,03%). Penyebab utamanya meliputi aktivitas manusia seperti penggunaan bom dan racun untuk penangkapan ikan, pembuangan limbah, reklamasi, pembangunan pesisir, serta pariwisata yang tidak berkelanjutan. Faktor alam seperti gelombang besar, pemutihan karang, gempa bumi, tsunami, dan perubahan salinitas turut memperburuk kondisi tersebut. Salah satu wilayah terdampak adalah Taman Wisata Perairan (TWP) Gili Matra di Provinsi Nusa Tenggara Barat.

TWP Gili Matra, yang meliputi Gili Trawangan, Gili Meno, dan Gili Air, merupakan kawasan konservasi perairan dengan luas total terumbu karang mencapai 236,25ha (Suryawati et al., 2018). Di Gili Air sendiri terdapat 76,84ha terumbu karang, namun sekitar 50% diantaranya telah mengalami pemutihan, yang menyebabkan penurunan tutupan karang secara signifikan

(Setiawan *et al.*, 2017). Kawasan ini berada di bawah pengelolaan Balai Kawasan Konservasi Perairan Nasional (BKKPN) Kupang, dengan pelaksanaan teknis di lapangan oleh satuan kerja Kecamatan Pemenang, Lombok Utara.

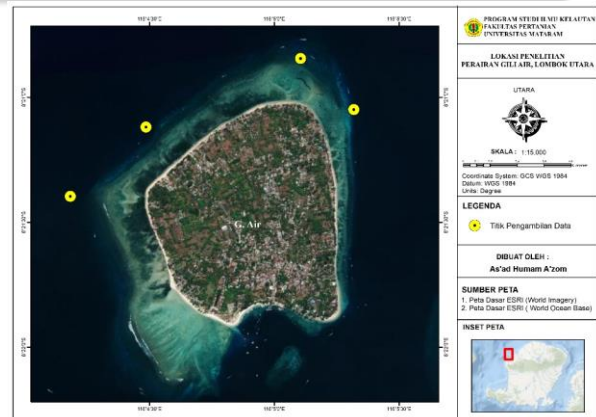
Sebagai upaya konservasi, pemantauan terumbu karang kini dapat dilakukan melalui pendekatan penginderaan jauh, yang dinilai efisien dan mampu mencakup wilayah yang luas. Salah satu teknologi yang digunakan adalah citra satelit Sentinel-2A milik *European Space Agency* (ESA), yang diluncurkan tahun 2015 dan memiliki 13 band spektral beresolusi tinggi (Azka, 2019; Putri *et al.*, 2018). Penelitian ini menggabungkan metode *Underwater Photo Transect* (UPT) dengan analisis citra Sentinel-2A untuk mengkaji persentase *lifeform* terumbu karang di Gili Air. Berbeda dari studi sebelumnya, penelitian ini mempertimbangkan bentuk pertumbuhan karang serta menerapkan koreksi *sunlint* dan kolom air guna meningkatkan akurasi klasifikasi. Tujuannya adalah untuk memperoleh informasi yang lebih detail mengenai kondisi dan sebaran *lifeform* terumbu karang sebagai dasar pengelolaan dan konservasi yang berkelanjutan di wilayah tersebut.

Bahan dan Metode

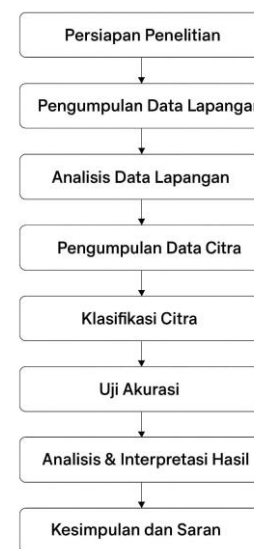
Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 22 hingga 25 Juni 2025 di lokasi penyelaman Gili Air, Kabupaten Lombok Utara, Nusa Tenggara Barat. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Pengambilan data terumbu karang dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Lokasi penelitian telah ditentukan sebelumnya, sesuai dengan site penyelaman yang ada di Gili Air.

Pengambilan data Underwater Photo Transect dilakukan di empat titik stasiun dengan menggunakan dua transek atau dua kali pengulangan pada setiap stasiun. Hasil pengambilan data berupa foto kemudian diolah menggunakan perangkat lunak komputer, yaitu CPCe (*Coral Point Count with Excel extension*) dan *Microsoft Excel*. Untuk lebih jelasnya, diagram alur penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

Alat dan Bahan

Alat beserta fungsinya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Fungsinya

No	Nama Alat	Fungsi
1	1 Set Alat <i>Scuba Diving</i>	Sebagai alat bantu untuk mengambil data terumbu karang
2	Roll Meter	Sebagai alat untuk menjadi transek ketika pengambilan data terumbu karang
3	Kamera GPS	Sebagai alat untuk mengambil foto terumbu karang
4	frame	Sebagai alat untuk menjadi sub transek ketika pengambilan data terumbu karang

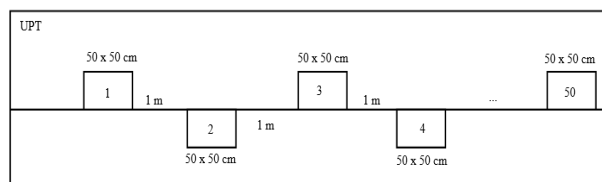
Bahan beserta fungsinya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Bahan dan fungsinya

No	Nama Alat	Fungsi
1	Arcgis 10.8	Perangkat lunak untuk mengolah data citra
2	Citra Sentinel-2A	Sumber acuan untuk memperoleh data tutupan dan sebaran terumbu karang
3	CPCe	Sebagai perangkat lunak untuk mengolah data hasil dari UPT
4	ENVI 5.3	Perangkat lunak untuk mengolah data citra
4	Ms. Excel	Perangkat lunak untuk mengolah data hasil dari CPCe

Pengambilan data menggunakan UPT (*Underwater Photo Transect*)

Underwater Photo Transect (UPT) merupakan metode atau teknik yang memanfaatkan kemajuan teknologi, baik dalam bidang kamera digital maupun perangkat lunak komputer. Pengumpulan data di lapangan dilakukan dengan mengambil foto bawah air menggunakan kamera yang dilengkapi dengan pelindung kedap air (*housing*) untuk memastikan keamanan dan kualitas gambar selama proses pemotretan. Setiap lokasi penelitian ditandai dengan garis transek sepanjang 50meter menggunakan roll meter. Penelitian ini mencakup delapan titik koordinat berbeda, dengan masing-masing titik menghasilkan 50 foto terumbu karang untuk dianalisis. Secara keseluruhan, jumlah foto yang akan dianalisis adalah 400. Foto-foto tersebut kemudian diproses menggunakan perangkat lunak *Coral Point Count with Excel extensions* (CPCe) guna memperoleh data kuantitatif (Daud *et al.*, 2021).



Gambar 3. Ilustrasi Pengambilan data

Setelah pengambilan data menggunakan metode UPT (*Underwater Photo Transect*) selanjutnya diolah menggunakan *Software*

CPCe, Dari hasil analisis foto, diperoleh persentase tutupan untuk setiap jenis substrat dalam ekosistem terumbu karang. Perhitungan persentase tersebut dilakukan menggunakan rumus ;

$$\text{Persentase tutupan terumbu karang} = \frac{\text{Jumlah Titik Kategori Tersebut}}{\text{Banyaknya Titik Acak}} \times 100$$

Status kerusakan terumbu karang ditentukan berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2001, yang menetapkan kriteria baku untuk menilai tingkat kerusakan ekosistem terumbu karang, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Baku Tutupan Terumbu Karang

	Baik Sekali	100%-75%
Baik	Baik	74,9%-50%
	Sedang	49,9%-25%
Rusak	Rusak	24,9%-0%

Akuisisi Citra Sentinel-2A

Data yang diperoleh di *website copernicus* adalah data citra atau data satelit Sentinel-2A yang sudah terkoreksi geometrik dan radiometrik. Citra satelit Sentinel-2A level L2A. Citra satelit Sentinel-2A dapat diakses dengan mengunduhnya melalui situs web (<https://scihub.copernicus.eu>). Sentinel-2A adalah satelit generasi terbaru yang dikembangkan oleh *European Space Agency* (ESA) untuk keperluan pemantauan bumi, dengan seluruh datanya tersedia secara gratis. Satelit ini memiliki resolusi temporal sebesar 10 hari untuk satu satelit dan 5 hari dalam konfigurasi konstelasi, serta dilengkapi dengan resolusi radiometrik 12 bit. (Dimara *et al.*, 2020).

Koreksi *Sunglint*

Metode koreksi *sunglint* yang didasarkan pada hubungan linier antara kanal NIR dan kanal-kanal tampak di wilayah pelatihan. Wilayah pelatihan yang dipilih terdiri dari satu atau lebih piksel yang terkena efek sun-glint, namun memiliki karakteristik kecerahan spektral yang seragam, biasanya berasal dari perairan dalam (Ginting & Arjakusuma, 2021).

$$R_i' = R_i - b_i(R_{NIR} - MinNIR)$$

Keterangan :

Ri	= Band yang ingin dikoreksi
Bi	= Slope dari regresi linear;
RNIR	= Band NIR
MinNIR	= Nilai Minimum area tanpa sunglint
Ri'	= Band terkoreksi

Koreksi Kolom Air

Koreksi kolom air diperlukan dalam pemetaan habitat dasar laut di perairan dangkal. Dalam penelitian ini, metode koreksi kolom air diterapkan dengan memodifikasi algoritma yang dikembangkan oleh Lyzenga (Hartono *et al.*, 2022). Biasanya, koreksi kolom air dilakukan dengan mengombinasikan band green dan blue. Algoritma yang dikembangkan oleh Lyzenga dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Index}_{ij} &= \ln B_i - ((k_i/k_j) \times \ln B_j) \\ k_i/k_j &= a + (a^2 + 1) \frac{1}{2} \\ a &= (\text{var } B_i - \text{var } B_j) / (2 * \text{cov } B_i B_j) \end{aligned}$$

Keterangan :

Index _{ij}	= water depth invariant bottom index
B _i	= saluran i
B _j	= saluran j
K _i /k _j	= rasio Koefisien pelemahan kolom air antara saluran i dan j

Klasifikasi Tidak Terbimbing (*unsupervised classification*)

Klasifikasi tak terbimbing adalah proses mengelompokkan piksel-piksel dalam citra ke dalam sejumlah kelas tertentu dengan memanfaatkan analisis kluster (*cluster analysis*) (Derajat *et al.*, 2020).

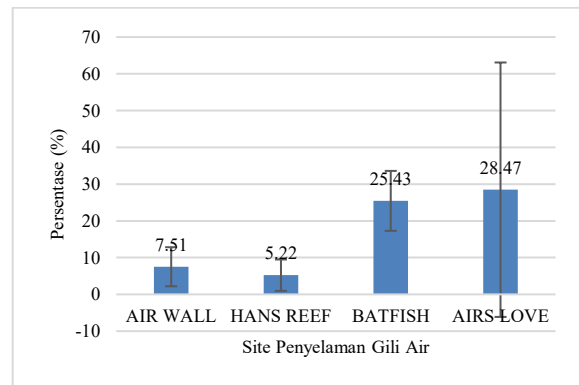
Uji Akurasi

Tujuan dari uji akurasi adalah untuk mengidentifikasi tingkat kesalahan yang terdapat pada hasil klasifikasi, sehingga dapat diketahui persentase ketelitian dalam proses pemetaan. Evaluasi dilakukan dengan menilai tingkat keakuratan hasil klasifikasi secara visual, khususnya pada klasifikasi terbimbing. Tingkat akurasi pemetaan diperoleh melalui penyusunan matriks kontingensi atau matriks kesalahan (*Confusion Matrix*) (Putra *et al.*, 2023).

Hasil dan Pembahasan

Persentase Tutupan Karang Hidup

Berdasarkan analisis *Software CPCe* (*Coral Point Count with Excel extensions*) didapatkan hasil yang tercantum pada Gambar 4. Berdasarkan grafik ini nilai site penyelaman di Gili Air mempunyai kriteria nilai baku kerusakan terumbu karang yang sedang hingga rusak (Berdasarkan kriteria persen tutupan karang tabel 3). Adapun Site yang mempunyai nilai baku sedang yaitu *Batfish* dengan tutupan karang hidup 25,43% dan *Air Slove* dengan tutupan karang hidup 28,47%. Kemudian site penyelaman yang mempunyai nilai baku rusak adalah *Hans reef* dengan tutupan karang hidup 5,22% dan *Air wall* dengan tutupan karang hidup 7,51%.



Gambar 4. Rerata Tutupan Karang Hidup di Site Penyelaman Gili Air

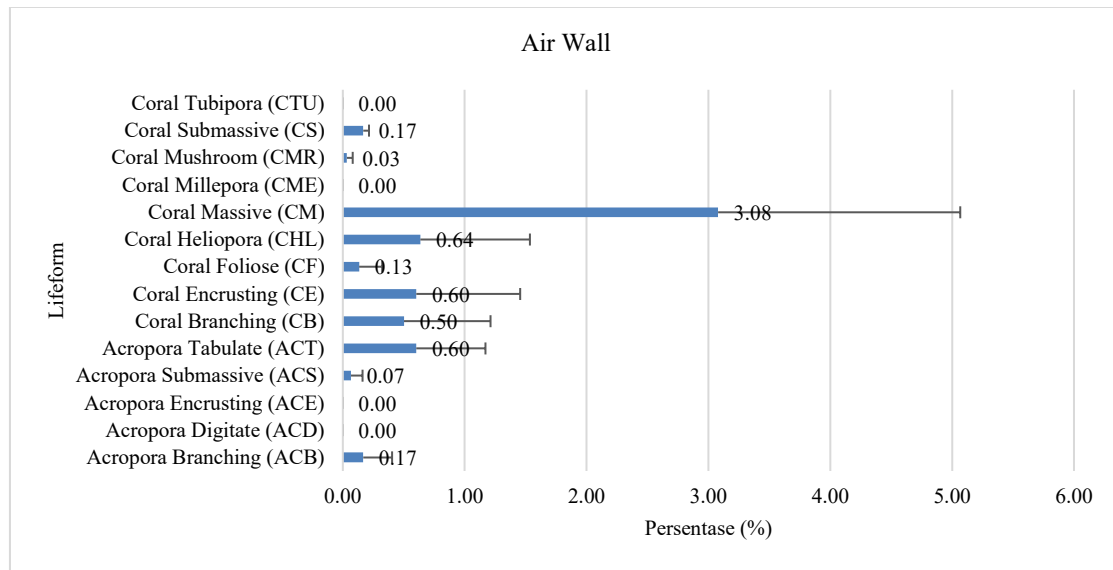
Berdasarkan rerata tutupan karang hidup di site penyelaman Gili Air menunjukkan bahwa kondisi terumbu karang di site-site penyelaman di Gili Air tergolong rusak, menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2001 kriteria baku persentase karang hidup dinyatakan baik jika persentasenya diatas 49,9% sedangkan semua site berada pada angka 25,43%, 28,47, 7,51% dan 5,22%, rata-rata di semua site di dominasi oleh rubble hal ini terjadi karena adanya gangguan, baik dari manusia maupun alam. Hal ini diperkuat oleh pendapat Prihananto *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa Persentase tutupan karang hidup yang rendah dan dominasi substrat abiotik berupa pecahan karang (rubble) di beberapa stasiun, serta kehadirannya yang cukup mencolok di stasiun lainnya, menunjukkan adanya indikasi aktivitas manusia yang merusak. Hal ini bisa disebabkan oleh praktik penangkapan ikan yang tidak ramah

lingkungan atau dampak dari aktivitas pariwisata. Disamping itu, faktor alami yang berlangsung dalam jangka panjang dan bersifat global, seperti pemanasan global atau perubahan iklim, juga berkontribusi terhadap kerusakan karang secara perlahan, yang pada akhirnya hanya menyisakan puing-puing karang.

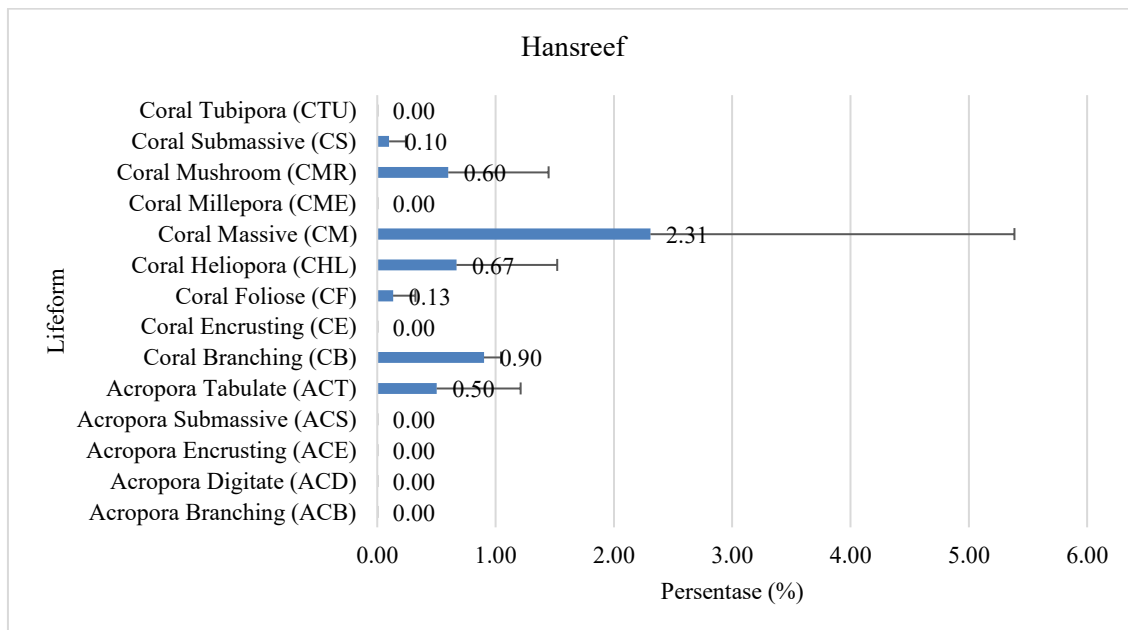
Persentase Lifeform Terumbu Karang

Hasil analisis *Software CPCe (Coral Point Count with Excel extensions)* diperoleh persentase *life form* terumbu karang di site

penyelaman, di sajikan pada gambar 2. Berdasarkan gambar 5, didapatkan 10 *lifeform* yang ditemukan di Site Penyelaman Air Wall yaitu, *Coral Mushroom* (0,03%), *Acropora Submassive* (0,07%), *Coral Foliose* (0,13%), *Coral Submassive* dan *Acropora Branching* (0,17%), *Coral Branching* (0,50%), *Coral Encrusting* dan *Acropora Tabulate* (0,60%), *Coral Heliopora* (0,64%), dan paling banyak ditemukan *Coral Massive* dengan 3,08% dari 7,51% karang hidup yang ditemukan di *Air Wall*.



Gambar 5. Persentase *Lifeform* Site Penyelaman Air Wall

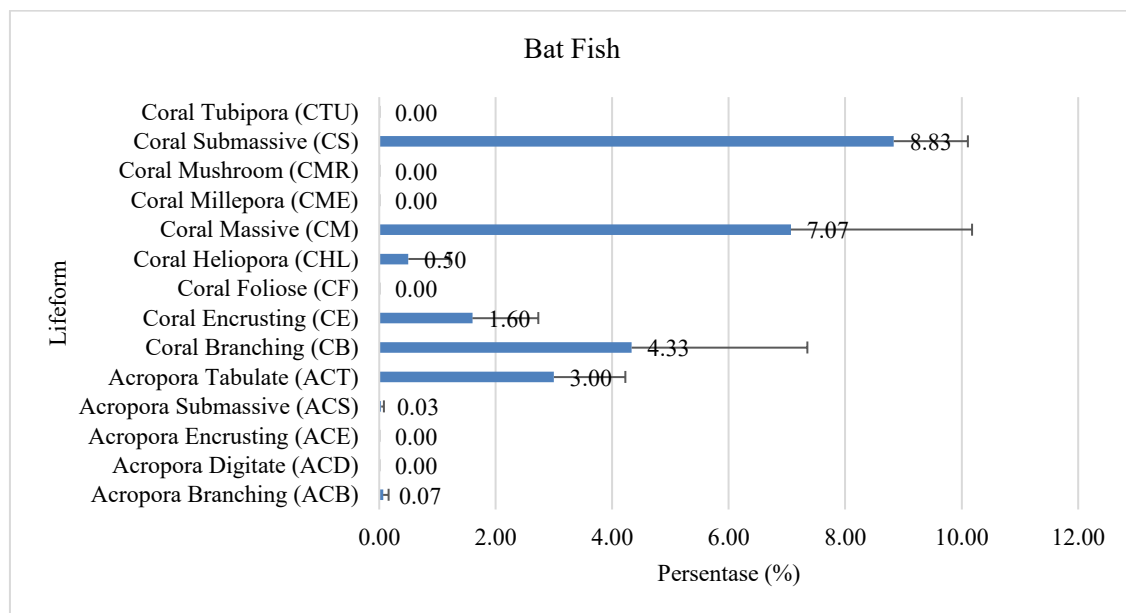


Gambar 6. Persentase *Lifeform* di Site Penyelaman Hansreef

Karang tipe massive merupakan lifeform yang paling banyak ditemukan di lokasi penyelaman ini, karena memiliki tingkat reproduksi yang tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Alam *et al.*, 2022) yang menyatakan bahwa Karang jenis massive diketahui memiliki kemampuan reproduksi yang relatif tinggi karena didukung oleh mekanisme khusus, yaitu brooding. Selain itu, jenis karang ini telah memiliki struktur septa serta mengandung endosimbion *zooxanthellae* yang berfungsi sebagai sumber energi bagi larva selama tahap penempelan. Proses ini memungkinkan larva planula menempel langsung pada substrat melalui mekanisme brooding, sehingga meningkatkan keberhasilan rekrutmen dan menjadikannya calon individu karang baru.

Berdasarkan gambar 6, terdapat 7 *lifeform* yang ditemukan di Site Penyelaman *Hans reef* yaitu, *Coral Submassive* (0,10%), *Coral Foliose* (0,13%), *Acropora Tabulate* (0,50%), *Coral*

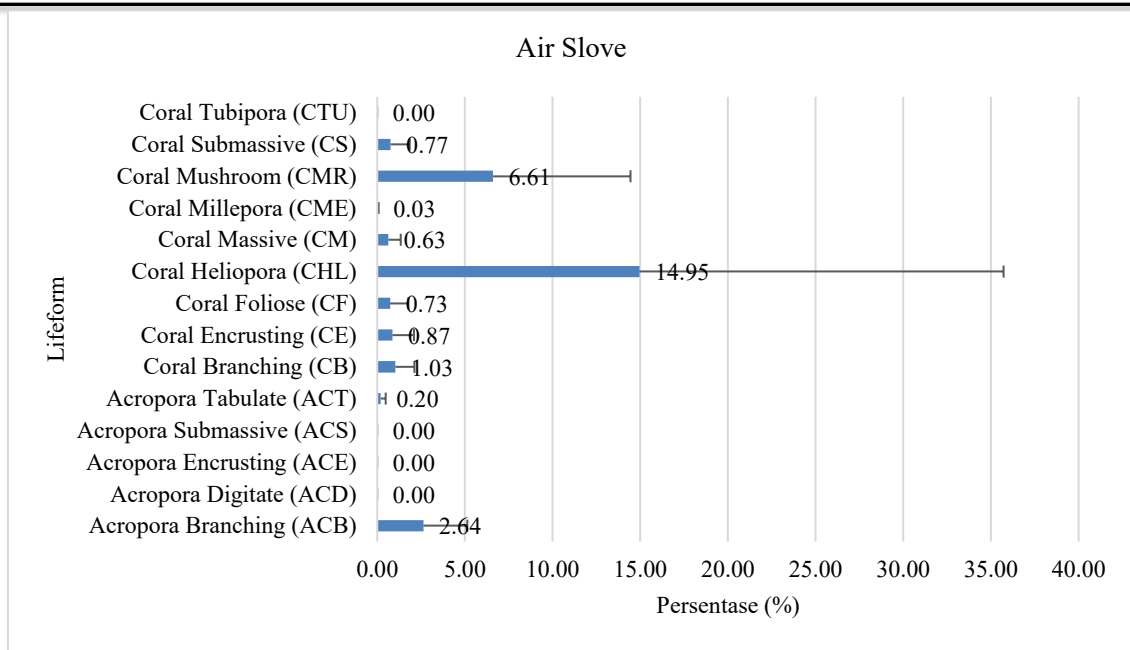
Mushroom (0,60%), *Coral Heliopora* (0,67%), *Coral Branching* (0,90%), dan lifeform yang paling banyak ditemukan adalah *Coral Massive* dengan 2,31% dari 5,22% karang hidup yang ditemukan di *Hans reef*. Di site penyelaman *Hans reef* dan *Air wall* yang paling banyak ditemukan adalah *Coral Massive*. Selain karena tingkat reproduksinya yang tinggi *Coral Massive* juga adalah karang yang kokoh sehingga walaupun berada pada site penyelaman yang cenderung memiliki kondisi yang ekstrim (ditandai dengan kurangnya tutupan karang hidup di site ini), karang ini masih bisa tumbuh, hal ini juga sejalan dengan pendapat Sigarlaki *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa Karang tipe massive memiliki struktur yang padat dan kuat, sehingga mampu bertahan terhadap tekanan lingkungan seperti arus dan gelombang kuat, tingkat sedimentasi yang tinggi, serta peningkatan suhu air laut.



Gambar 7. Persentase *Lifeform* di Site Penyelaman Batfish

Berdasarkan gambar 7, terdapat 8 *Lifeform* yang ditemukan di Site Penyelaman Batfish yaitu, *Acropora Submassive* (0,03%), *Acropora Branching* (0,07%), *Coral Heliopora* (0,50%), *Coral Encrusting* (1,60%), *Acropora Tabulate* (3%), *Coral Branching* (4,33%), *Coral Massive* (7,07%), dan lifeform yang paling banyak ditemukan adalah *Coral Submassive* dengan 8,82% dari 25,43% karang hidup yang ditemukan di *Batfish*. Di site penyelaman *Batfish lifeform*

yang paling banyak ditemukan adalah *Coral Submassive*. Di site ini terindikasi memiliki kalsium karbonat yang sedikit dimana kalsium ini sangat dibutuhkan oleh karang. Hal ini bisa terjadi karena *Coral Submassive* merupakan karang yang unik, selain kokoh, karang ini juga mampu hidup di substrat pasir dengan kandungan kalsium karbonat yang sedikit (Putra *et al.*, 2022).



Gambar 8. Persentase *Lifeform* di Site Penyelaman Air Slove

Berdasarkan gambar 8, terdapat 10 *Lifeform* yang ditemukan di Site Penyelaman *Air slope* yaitu, *Acropora Tabulate* (0,20%), dan *Coral Millepora* (0,03%), *Coral Massive* (0,63%), *Coral Foliose* (0,73%), *Coral Submassive* (0,77%), *Coral Encrusting* (0,87%), *Coral Branching* (1,03%), *Acropora Branching* (2,64%), *Coral Mushroom* (6,61%), dan *lifeform* yang paling banyak ditemukan adalah *Coral Heliopora* dengan 14,95% dari 28,47% karang hidup yang ditemukan di *Air slope*. *Coral Heliopora* paling banyak ditemukan di site penyelaman Air Slove. Karang ini memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap perubahan iklim dan mampu mengurangi tingkat kematian akibat pemutihan (bleaching). Selain itu, karang ini juga berperan sebagai pelindung pantai yang efektif dari dampak badai dan gelombang, bahkan lebih unggul dibandingkan jenis karang bercabang lainnya (Derksen *et al.*, 2024).

Hasil Koreksi Sunlint

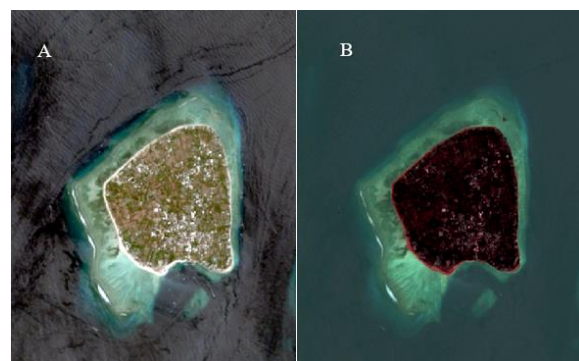
Setelah melakukan tahap *Composite Bands*, *Cropping* citra dan *Masking* menggunakan *Software Arcgis* 10.8, data citra kemudian diolah kembali dengan melakukan koreksi *Sunglint*, metode ini bergantung pada pemilihan sampel oleh pengguna, dimana dilakukan ekstraksi nilai dari setiap band pada area sampel yang mencakup bagian citra dengan pantulan sinar matahari (sunglint) serta bagian

yang diperkirakan memiliki nilai spektral yang homogen apabila tidak terdapat pantulan matahari (Saphira *et al.*, 2025). koreksi *Sunglint* ini lakukan di *software* ENVI 5.3. Adapun rumus algoritma Hedley sebagai berikut.

Tabel 4. Rumus Algoritma Hedley (2005)

Band	Algoritma
b1b4	$b1 - (0.535512 * (b4 - 1024))$
b2b4	$b2 - (0.487716 * (b4 - 1024))$
b3b4	$b3 - (0.355922 * (b4 - 1024))$

Algoritma digunakan pada proses koreksi *Sunglint*, kemudian hasil dari proses *Sunglint* ini akan digunakan untuk melakukan proses koreksi kolom air Lyzenga. Adapun hasil dari proses ini pada gambar 9.



Gambar 9. (A) Citra Sebelum koreksi *Sunglint*, (B) Citra Setelah Koreksi *Sunglint*

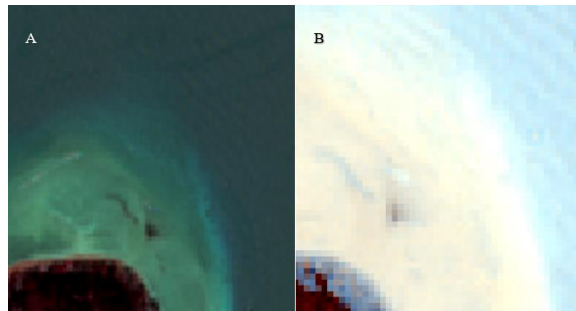
Koreksi Kolom Air (Lyzenga)

Data citra yang sudah terkoreksi *Sunglint* kemudian diolah lagi dengan melakukan koreksi kolom air menggunakan metode Lyzenga, penerapan metode ini bertujuan untuk memperoleh visualisasi yang lebih jelas terhadap objek-objek yang berada di bawah permukaan air (Rosalina *et al.*, 2022). Koreksi kolom air ini menggunakan Software ENVI 5.3. Adapun rumus Lyzenga adalah sebagai berikut.

Tabel 5. Rumus *Algoritma Lyzenga* (1981)

Band	Algoritma
b1b2	$(\log(b1)) - (0.976460 * (\log(b2)))$
b1b3	$(\log(b1)) - (0.897507 * (\log(b3)))$
b2b3	$(\log(b2)) - (0.897507 * (\log(b3)))$

Algoritma ini digunakan pada proses koreksi kolom air, kemudian hasil dari proses koreksi ini akan digunakan untuk melakukan proses klasifikasi secara tidak terbimbing (*unsupervised classification*). Adapun hasil dari proses ini pada gambar 10.

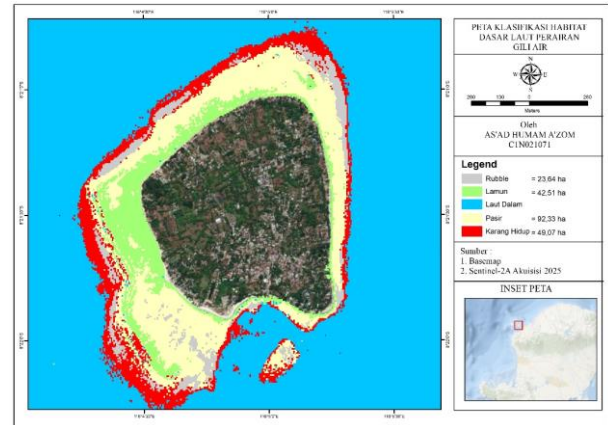


Gambar 10. (A) Citra Sebelum koreksi kolom air, (B) Citra Setelah Koreksi kolom air

Klasifikasi Tidak Terbimbing (*unsupervised classification*)

Hasil dari proses koreksi *Sunglint* dan koreksi kolom air, didapat kan peta hasil klasifikasi pada gambar 10. Klasifikasi adalah pengelompokan objek yang dipilih ke dalam kategori atau kelas tertentu (Yulaita *et al.*, 2022). Proses klasifikasi ini menghasilkan 4 kelas, karang hidup, lamun, pasir, dan *rubble*. Pasir merupakan kelas terluas dengan luas 92,33ha, dilanjutkan dengan karang hidup 49,07ha, lamun 42,51ha, dan *rubble* 23,64ha. Metode ini bekerja tanpa campur tangan manusia tetapi dengan cara

mengelompokkan nilai-nilai piksel ke dalam kelas spektral menggunakan algoritma klusterisasi secara komputerisasi. Pada tahap awal, biasanya ditentukan jumlah kelas (kluster) yang akan dibentuk. Setelah proses klasifikasi selesai, analis kemudian menetapkan label objek pada masing-masing kelas spektral yang dihasilkan. Beberapa kelas yang dianggap mewakili informasi serupa dapat digabungkan menjadi satu kelas.



Gambar 11. Hasil Klasifikasi Tidak Terbimbing (*unsupervised classification*)

Hasil Uji Akurasi (*Confusion Matrix*)

Uji akurasi digunakan untuk menilai tingkat kecocokan antara hasil klasifikasi citra satelit dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode *confusion matrix* (Siregar *et al.*, 2020) adapun hasil dari uji akurasi ini akan dicantumkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji *Confusion Matrix*

Kelas	KH	L	P	R	Jumlah	PA
KH	67	0	0	69	136	46,26
L	0	0	0	0	0	0
P	0	0	1	10	11	9,09
R	69	0	10	174	253	68,77
Jumlah	136	0	11	253	400	
UA	46,26	0	9,09	68,77		

Hasil uji *Confusion Matrix* ditabel 6, didapatkan nilai *Producer Accuracy* dan *User's Accuracy* KH (Karang Hidup) 46,26%, L (Lamun) 0%, P (Pasir) 9,09%, dan R (*Rubble*) 68,77%. Dari hasil *Confusion Matrix* ini juga dapat dihitung nilai *Overall Accuracy*, *Expected Accuracy* dan nilai Kappa (k), didapatkan hasil

yaitu *Overall Accuracy* (60,5%), *Expected Accuracy* (0,5164), dan Nilai Kappa (18,3%).

Setelah melakukan uji akurasi dapat disimpulkan bahwa data citra satelit Sentinel-2A level 2A dapat digunakan untuk memantau kondisi terumbu karang secara luas, meskipun dengan keterbatasan detail dibanding metode UPT. Hal ini dibuktikan dengan nilai uji akurasi keseluruhan mencapai nilai 60,5%, tingkat akurasi ini sudah masuk Standar Nasional Indonesia (SNI), SNI : 2011 yaitu sebesar $\geq 60\%$. Walaupun masuk ke nilai standar Indonesia tapi ada beberapa substrat yang tidak dapat diklasifikasikan dengan baik. Hal ini disebabkan oleh resolusi spasial citra, kompleksitas substrat dan akurasi GPS yang digunakan (syari & Syah, 2021).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di site penyelaman perairan Gili Air, TWP Gili Matra, Kabupaten Lombok Utara, di dapatkan kesimpulan bahwa kondisi terumbu karang di perairan Gili Air tergolong sedang hingga rusak dengan tutupan karang hidup antara 5,22%–28,47%. Ditemukan 11 tipe lifeform, dengan Coral Massive, Coral Submassive, dan Coral Heliopora sebagai bentuk dominan di tiap lokasi. Analisis citra Sentinel-2A menghasilkan empat kelas habitat bentik dengan akurasi 60,5% dan nilai Kappa 18,3%, memenuhi standar SNI. Temuan ini membuktikan bahwa integrasi metode UPT dan citra Sentinel-2A efektif untuk memetakan kondisi serta sebaran terumbu karang di Gili Air.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Oceans5 yang sudah memfasilitasi penelitian ini serta pihak-pihak yang ikut terlibat dalam penelitian ini.

Referensi

Arisandi, A., Tamam, B., & Fauzan, A. (2018). Profil Terumbu Karang Pulau Kangean, Kabupaten Sumenep, Indonesia [Coral Reef Profile of Kangean Island, Sumenep District, Indonesia]. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 10(2), 76-83.

<https://doi.org/10.20473/jipk.v10i2.10516>
Azka, L. M., Mustafa, L. D., & Mas'udia, P. E. (2019). Analisa Luasan Terumbu Karang Berdasarkan Pengolahan Data Citra Satelit Lansat 8 menggunakan Algoritma Lyzenga. *Jurnal Jartel: Jurnal Jaringan Telekomunikasi*, 8(1), 13.
Daud, D., Schadu, J. N., Sinjal, C. L., Kusen, J. D., Kaligis, E. Y., & Wantasen, A. S. (2021). Kondisi terumbu karang pada kawasan wisata pantai malalayang Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara dengan menggunakan metode Underwater Photo Transect. *Jurnal pesisir dan laut tropis*, 9(1), 44-52.
Derajat, R. M., Sopariah, Y., Aprilianti, S., Taruna, A. C., Tisna, H. A. R., Ridwana, R., & Sugandi, D. (2020). Klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra landsat 8 operational land imager (oli) di kecamatan pangandaran. *Jurnal Samudra Geografi*, 3(1), 1-10.
<https://doi.org/10.33059/jsg.v3i1.1985>
Derksen, E. N. S., Candri, D. A., Ahayadi, H., Virgota, A., & Setyaningrum, T. W. (2025). Analysis of Coral Condition at Kecinan Beach, North Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(1), 211-219.
<https://doi.org/10.29303/jbt.v25i1.7506>
Dimara, A., Hamuna, B., & Dimara, L. (2020). Pemanfaatan citra satelit Sentinel-2A untuk pemetaan habitat dasar perairan dangkal (Studi kasus: Teluk Humbolt, Kota Jayapura). *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Papua*, 3(1), 25-31.
<https://doi.org/10.31957/acr.v3i1.1213>
Ginting, D. N. B., & Arjasakusuma, S. (2021). Pemetaan Lamun Menggunakan Machine Learning Dengan Citra Planetscope Di Nusa Lembongan. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(3), 323-332.
<https://doi.org/10.14710/jkt.v24i3.11180>
Hartono, D., Zamdial, Z., Anggoro, A., Sugara, A., & Siregar, A. O. (2022). Pemetaan Sebaran dan Tutupan Lamun Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2 di Pulau Dua Kecamatan Enggano Provinsi Bengkulu. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 5(3), 125-137.
<http://jurnal.untan.ac.id/index.php/lk>
Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 4 Tahun 2001, Tentang : Kriteria

- Baku Kerusakan Terumbu Karang. Lampiran 1. Jakarta.
- Kusuma, A. H., Muhaemin, M., Mayaguezz, H., & Effendi, E. (2023). Rehabilitasi Ekosistem Terumbu Karang Menggunakan Terumbu Buatan Di Perairan Desa Kunjir, Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. *Jurnal Pengabdian Fakultas Pertanian Universitas Lampung*, 2(1), 280-293. <https://doi.org/10.23960/jpfp.v2i1.7216>
- LIPI. (2016). Kondisi Ekosistem Terumbu Karang Indonesia. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI
- Maulana, H., Anggoro, S., & Yulianto, B. (2016). Kajian Kondisi dan Nilai Ekonomi Manfaat Ekosistem Terumbu Karang di Pantai Wediombo, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 14(2), 82-87. <https://doi.org/10.14710/jil.14.2.82-87>
- Prihananto, D. P., Rachmad, B., & Rahardjo, P. (2025, March). Kajian Potensi Terumbu Karang Di Perairan Kawasan Konservasi Pulau Gili Matra Kabupaten Lombok Utara Prov. Nusa Tenggara Barat. In *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Kelautan Dan Perikanan* (Vol. 3, pp. 1-26). <https://semnas.bpfpunib.com/index.php/semnaskel/article/view/257>
- Putra, A., Nurma, N., Rauf, A., Yusuf, K., Larasati, R. F., Hawati, H., ... & Nurlaela, E. (2022). Identifikasi bentuk pertumbuhan karang keras (hard coral) di Perairan Pulau Jinato Kawasan Taman Nasional Taka Bonerate, Kepulauan Selayar. *Fisheries of Wallacea Journal*, 3(1), 1-13. <https://doi.org/10.23887/jjpg.v8i1.22752>
- Putra, M. A., Sasmito, B., & Hadi, F. (2023). Evaluasi perkembangan dan kesesuaian kawasan ruang terbuka hijau terhadap RTRW Kota Bekasi (Studi kasus: Kec. Jatisampurna, Kota Bekasi). *Jurnal Geodesi Undip*, 12(3), 291-300. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2023.39045>
- Putri, D. R., Sukmono, A., & Sudarsono, B. (2018). Analisis kombinasi citra sentinel-1a dan citra Sentinel-2a untuk klasifikasi tutupan lahan (Studi kasus: Kabupaten Demak, Jawa Tengah). *Jurnal geodesi undip*, 7(2), 85-96. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2018.20660>
- Rahardjo, C., & Arifin, M. R. F. (2023). Rekrutmen Karang Keras Di Pulau Tunda. *Jurnal Perikanan Unram*, 13(2), 520-530. <https://doi.org/10.29303/jp.v13i2.428>
- Rahmawan, A. D., Pawestri, D. A., Fakhriyah, R. A., Pasha, H. D. S., Ferryandy, M., Sugandi, D., ... & Somantri, L. (2020). Penggunaan metode unsupervised (iso data) untuk mengkaji kepadatan vegetasi di Kecamatan Pangandaran. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 8(1), 01-11.
- Rosalina, D., Rombe, K. H., & Hasnatang, H. (2022). Pemetaan sebaran lamun menggunakan metode lyzenga studi kasus Pulau Kapoposang, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal kelautan tropis*, 25(2), 169-178. <https://doi.org/10.14710/jkt.v25i2.13484>
- Saphira, S., Setyawan, F. O., Fuad, M. A. Z., & Rijal, S. S. (2025). Analisis Delineasi Garis Pantai dengan Metode Object-Based Image Analysis di Kabupaten Malang Menggunakan Citra Satelit PlanetScope: Analysis of Shoreline Delineation Using Object-Based Image Analysis Method in Malang Regency with PlanetScope Satellite Imagery. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 9(1), 20-34. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2025.009.01.3>
- Setiawan, F., Muttaqin, A., Tarigan, S. A., Muhidin, M., Hotmariyah, M., Sabi, A., & Pingkan, J. (2017). Pemutihan karang akibat pemanasan global tahun 2016 terhadap ekosistem terumbu karang: Studi kasus di twp gili matra (gili air, gili meno dan gili trawangan) provinsi NTB. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 1(2), 39-54. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2017.001.02.1>
- Sigarlaki, A., Nugraha, A., & Kurniawan, D. (2021). Tutupan dan Keanekaragaman Life form Karang Pada Zona Terumbu Berbeda

- di Perairan Kampung Baru Bintan. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*, 5(1), 28-35.
- Siregar, V. P., Agus, S. B., Sunuddin, A., Subarno, T., & Aziizah, 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. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i1.25528>
- Syari, C. A., & Syah, A. F. (2021). Pemetaan Habitat Benthik Pulau Salarangan Menggunakan Metode Object-Based Image Analysis. *Rekayasa*, 14(1), 128-136. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i1.7996>
- Yulaita, N., & Murdapa, F. (2022, November). Analisis metode IHS, brovey dan gram-schmidt pada teknik image fusion dalam pengolahan citra digital untuk pemetaan habitat dasar perairan laut dangkal. In *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Teknik Dan Aplikasi Industri Fakultas Teknik Universitas Lampung* (Vol. 5, pp. 163-171). <https://doi.org/10.23960/prosidingsinta.v5i.79>