

Status of Coral Reef Benthic Cover in the Gili Balu Marine Conservation Area, Sumbawa, West Nusa Tenggara

Mahardika Rizqi Himawan^{1*}, Lalu Bagus Santana¹, Wiwid Andriyani Lestariningsih¹, Rahmat Hidayatullah², Derta Prabuning³

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mataram, Indonesia

²Forum Ilmiah Pengelolaan Perikanan Berkelanjutan (FIP2B), Provinsi Nusa Tenggara Barat

³Yayasan Reef Check Indonesia

Article History

Received : October 10th, 2024

Revised : November 30th, 2024

Accepted : December 08th, 2024

*Corresponding Author:

Mahardika Rizqi Himawan,
Program Studi Ilmu Kelautan,
Jurusan Perikanan dan Ilmu
Kelautan, Universitas Mataram,
Indonesia;
Email: mahardika@unram.ac.id

Abstract: The coral reef ecosystem in Indonesia boasts the highest biodiversity and serves as the center of the Coral Triangle's diversity. Despite its richness, Indonesia's coral reefs face increasing threats from various factors, primarily anthropogenic. Regular biophysical surveys of coral reef ecosystems are therefore necessary to monitor their current conditions and guide management efforts. This study aimed to assess the condition of coral reefs by examining the percentage of coral cover in the Gili Balu Marine Conservation Area, Sumbawa NTB. The research was conducted in January, 2022, using the Point Intercept Transect (PIT) method at 10 observation points. The transects measured 50 meters in length and were repeated three times at each location. The results indicated that the coral reefs were in good condition at the South Belang Island Station (57%) and West Pasareang Island (69.67%), according to Kepmen LH No. 4/2001. However, moderately damaged reefs were observed at North Belang Station (38%), Kenawa Island (30%), East Belang Island (30%), and Mandiki Island (28.67%). Coral reefs classified as severely damaged were found at Southwest Namo Island Station (17.33%), North Pasareang (16.67%), South Kalong (11%), and North Namo (9.67%). Overall, the dominant condition of coral reefs in the Gili Balu Conservation Area was categorized as moderately to severely damaged. Conservation efforts, including protection in areas with good conditions and rehabilitation in damaged areas, are recommended as follow-up actions to support coral reef sustainability in Gili Balu.

Keywords: Coral reef, Gili Balu Marine Protected Area, Point Intercept Transect (PIT)

Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai pusat keanekaragaman hayati laut dunia, yang berada dalam wilayah segitiga terumbu karang (Coral Triangle). Perairan Indonesia merupakan pusat penyebaran terumbu karang dunia dan memiliki tingkat keanekaragaman hayati tertinggi di dunia (Laitupa et al., 2019). Menurut Normile., (2010) Kawasan Segitiga Terumbu Karang di Indonesia memiliki keanekaragaman biota laut terbesar di dunia, termasuk keanekaragaman hayati laut dalam dan gunung berapi baru. Kawasan ini mencakup enam negara dan menjadi rumah

bagi sekitar 76% spesies karang dunia, menjadikannya wilayah yang sangat penting secara ekologi dan ekonomi (Tapilatu dan Kusuma., 2022). (Ricardo et al., 2022). Kawasan Segitiga Terumbu Karang, yang meliputi Indonesia, Malaysia, Filipina, dan Papua Nugini, merupakan pusat keanekaragaman hayati laut yang maksimal (Hoeksema., 2007). Terumbu karang di Indonesia menyediakan habitat bagi ribuan spesies ikan, moluska, krustasea, dan invertebrata lainnya, sekaligus mendukung kehidupan masyarakat pesisir melalui sumber daya perikanan, pariwisata, dan perlindungan pantai. Namun, terlepas dari kekayaannya,

ekosistem ini berada di bawah ancaman yang semakin meningkat (Husein et al. 2004).

Segitiga Terumbu Karang merupakan pusat keanekaragaman hayati laut dunia dan tempat bertelur yang kaya akan ikan tuna, tetapi tekanan manusia mengancam kesehatan dan keanekaragaman hayati yang berdampak pada ketahanan pangan dan mata pencaharian (Cabral et al., 2013). Ancaman terhadap terumbu karang di Indonesia mencakup berbagai faktor antropogenik, seperti penangkapan ikan yang tidak berkelanjutan, penggunaan bahan peledak atau racun dalam aktivitas perikanan, sedimentasi akibat deforestasi, polusi laut dari limbah domestik dan industri, hingga dampak perubahan iklim global yang menyebabkan pemutihan karang (bleaching) (Mangunjaya, 2006; Zamdial, 2013). Menurut Magfirah (2024), pemanasan suhu laut, kenaikan muka air laut, dan peningkatan keasaman laut juga memperburuk kerusakan terumbu karang, mengancam fungsinya sebagai penyedia jasa ekosistem penting.

Tekanan ekonomi, sosial, dan ekologi yang dihadapi terumbu karang di Indonesia secara keseluruhan mengindikasikan bahwa kondisi keberlanjutan ekosistem ini masih tergolong “kurang berkelanjutan.” (Haya dan Fujii, 2020). Menurut Magfirah et al. (2024); Muzahadah et al. (2024), hal ini mempertegas perlunya pendekatan yang lebih efektif dalam konservasi dan pengelolaan terumbu karang. Kerjasama antara berbagai pihak, seperti pemerintah, masyarakat lokal, akademisi, dan organisasi lingkungan, menjadi kunci untuk menjaga kelestarian terumbu karang agar tetap memberikan manfaat jangka panjang bagi ekosistem laut dan manusia. Di antara berbagai upaya perlindungan, survei biofisik yang dilakukan secara berkala menjadi langkah penting dalam memantau kondisi ekosistem terumbu karang. Survei ini tidak hanya bertujuan untuk mengetahui status kesehatan terumbu karang, tetapi juga untuk memahami dinamika ekologis di dalamnya, termasuk polautupan karang, distribusi biota bentik, dan dampak aktivitas manusia terhadap ekosistem tersebut. Data hasil survei ini sangat penting sebagai dasar dalam penyusunan kebijakan pengelolaan berbasis bukti ilmiah yang berkelanjutan.

Kawasan Konservasi Perairan (KKP) Gili Balu, yang terletak di Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat, merupakan salah satu wilayah dengan potensi ekosistem terumbu karang yang tinggi. Kawasan ini memiliki keindahan bawah laut yang luar biasa, dengan berbagai jenis karang dan biota laut yang menjadi daya tarik wisata bahari. Namun, seperti kawasan lainnya, menurut Sahetapy et al. (2017); Suryatini dan Rai (2020); Himawan et al. (2024) ekosistem terumbu karang di Gili Balu juga menghadapi berbagai tantangan, termasuk tekanan dari aktivitas manusia seperti perikanan, pariwisata yang tidak berkelanjutan, serta dampak perubahan iklim. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai kondisi ekosistem di kawasan ini menjadi sangat penting.

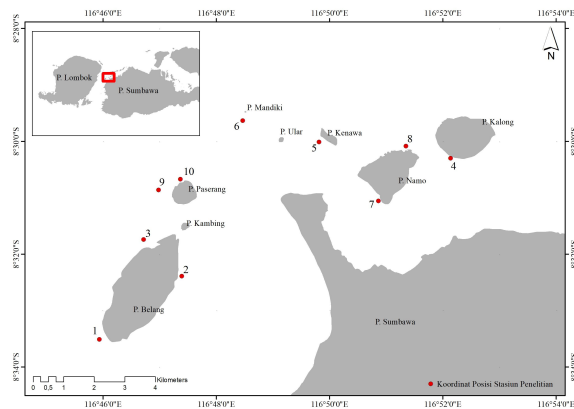
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi bentik dan kondisi kesehatan terumbu karang di Kawasan Konservasi Perairan Gili Balu melalui pendekatan pengukuran persentaseutupan karang. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan data terkini yang relevan untuk mendukung pengelolaan kawasan konservasi ini. Data tersebut tidak hanya akan bermanfaat dalam mengevaluasi keberhasilan langkah-langkah konservasi yang telah dilakukan, tetapi juga dapat menjadi landasan dalam merancang strategi pengelolaan yang lebih efektif dan berkelanjutan di masa depan. Dengan adanya informasi yang komprehensif mengenai kondisi ekosistem terumbu karang di Gili Balu, langkah-langkah yang lebih strategis dapat diambil untuk melindungi keanekaragaman hayati yang ada. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat mendorong partisipasi masyarakat lokal dalam menjaga ekosistem terumbu karang sebagai aset yang sangat berharga, baik dari segi ekologis maupun ekonomis. Dengan demikian, KKP Gili Balu dapat terus berfungsi sebagai kawasan konservasi yang mendukung keberlanjutan ekosistem laut Indonesia dan menjadi warisan alam bagi generasi mendatang.

Bahan dan Metode

Waktu dan Lokasi Penelitian

Pengamatan ekosistem terumbu karang di KKP

Gili Balu telah dilakukan di 10 lokasi (Tabel 1 dan Gambar 1) pada bulan Januari 2022.



Gambar 1. Lokasi penelitian. (●) = Titik stasiun pengambilan data ekosistem terumbu karang (Himawan et al., 2024)

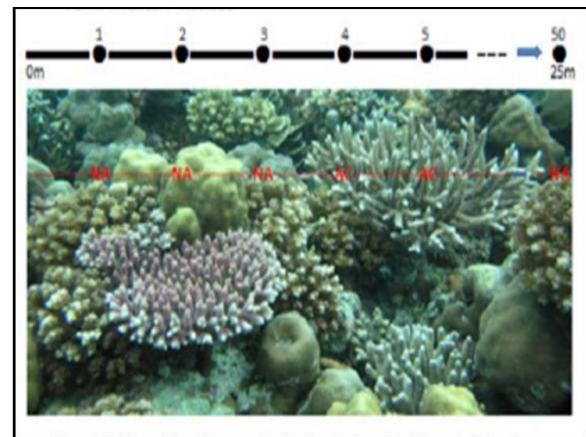
Tabel 1. Koordinat Posisi pada setiap Stasiun Terumbu Karang (Himawan et al., 2024)

No	Pulau	Lintang	Bujur
1	Belang (Selatan)	-8.55853 ⁰	116.76557 ⁰
2	Belang (Timur)	-8.53982 ⁰	116.78985 ⁰
3	Belang (Utara)	-8.52902 ⁰	116.778633 ⁰
4	Kalong (Selatan)	-8,50498 ⁰	116.86898 ⁰
5	Kenawa	-8.50022 ⁰	116.83022 ⁰
6	Mandiki	-8.4939 ⁰	116.807817 ⁰
7	Namo (Barat Daya)	-8.51764 ⁰	116.847701 ⁰
8	Namo (Utara)	-8.50143 ⁰	116.855817 ⁰
9	Pasareang (Barat)	-8.5144 ⁰	116.783 ⁰
10	Pasareang (Utara)	-8.511179 ⁰	116.789461 ⁰

Metode Pendataan Ekosistem Terumbu Karang

Survey ekosistem terumbu karang dilakukan menggunakan metode Point Intercept Transek (PIT) (Erdana et al. 2022) dengan tujuan utama survei terumbu karang adalah untuk mendapatkan kondisi terumbu karang di KKP Gili Balu, yang ditunjukkan dengan persentase tutupan karang keras (hard coral) dan komposisi taksa karang. Lokasi pengamatan dipilih berdasarkan kriteria keterwakilan semua tipe habitat terumbu karang dan keterwakilan zona pengelolaan, seperti zona inti, zona pemanfaatan, dan perikanan tradisional. Pendataan dilakukan pada kedalaman 7-8 meter dengan menggunakan transek sepanjang 50 m dengan 3 kali ulangan.

Kategori bentik dikelompokkan menjadi karang keras, karang lunak, alga, patahan karang, substrat tersedia, dan kategori lainnya, yang diidentifikasi dan dicatat di setiap titik (Hill dan willkinson, 2004; Lutfhfi et al. 2019). Kategori karang lunak merupakan kompilasi dari karang lunak dan karang lunak jenis *Xenia*, sedangkan substrat tersedia adalah kompilasi dari karang mati, bebatuan dan CCA (Crustose Coralline Algae). Komposisi genera karang keras diidentifikasi menggunakan pedoman dari Coral Finder 2.0 (Kelley, 2011). Pengamatan komposisi bentik perairan dilakukan pada transek sepanjang 50 meter dengan tiga kali pengulangan. Jarak antar pengulangan adalah 5 m (Gambar 2).



Gambar 2. Ilustrasi pengambilan data ekosistem karang

Persentase tutupan bentik perairan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{Tutupan} = \frac{(\text{Jumlah Titik Per Kategori})}{(\text{Jumlah Total titik suatu Transek})} \times 100\%$$

Penyajian kategori bentik dikelompokkan kedalam karang keras, karang lunak, alga, substrat tersedia (kompilasi dari bebatuan, karang mati, dan CCA), patahan karang, kategori lainnya, dan karang memutih (jika ada). Kategori karang memutih ditambahkan untuk merekam.

Hasil dan Pembahasan

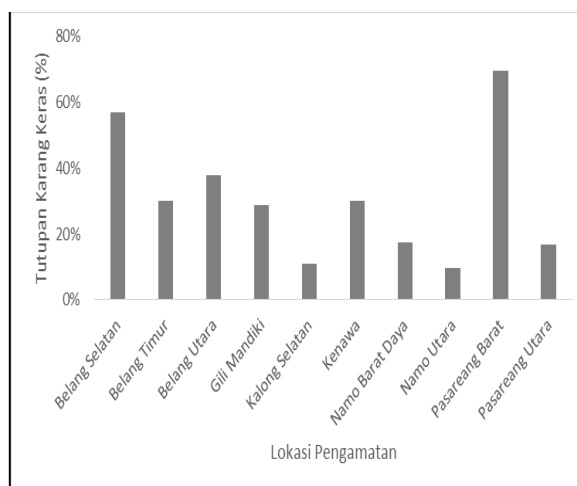
Kawasan Konservasi Perairan Gili Baru telah ditetapkan oleh Menteri Kelautan dan Perikanan dengan terbitnya Keputusan Nomor 74 Tahun 2021 sebagai Taman Wisata Perairan. Gili Balu merupakan sebuah gugusan pulau-pulau kecil yang terdiri dari 8 (delapan) pulau kecil

yaitu Pulau Kalong, Pulau Namo, Pulau Kenawa, Pulau Ular, Pulau Mandiki, Pulau Paserang, Pulau Kambing dan Pulau Belang. Kawasan Konservasi Perairan Taman Pulau kecil Gili Balu mempunyai potensi sumberdaya alam dan biota laut yang dapat dikembangkan untuk pemanfaatan perikanan dan wisata bahari antara lain; hamparan terumbu karang, ikan terumbu, padang lamun, mangrove, perikanan pelagis kecil, pantai pasir putih, dan perairan yang jernih. Potensi kawasan hutan mangrove seluas 687 ha, ekosistem lamun mencapai 651 Ha, dan ekosistem terumbu karang mencapai seluas 6.954 ha.

KKP Gili Balu memiliki ekosistem yang beragam antara lain mangrove, lamun, dan terumbu karang. Berdasarkan analisis citra, luas ekosistem mangrove di Gugusan Gili Balu' seluas 604,8 ha, padang lamun seluas 130,5 ha, dan terumbu karang seluas 665,5 ha. Gili Balu yang merupakan salah satu destinasi wisata memiliki tingkat kesehatan terumbu karang yang cukup baik karena saat ini diketahui bahwa tutupan terumbu karang di Gili Balu mencapai lebih dari 50%. Menurut Mutahari *et al.* (2019), keberadaan terumbu karang yang sangat baik dan diikuti keanekaragamannya hayati yang mempesona merupakan potensi Gili Balu dalam mengembangkan pariwisata berkelanjutan dengan kawasan konservasi sebagai kerangka dalam pengembangannya. Keberadaan pelabuhan daerah serta berada pada jalur wisata Lombok-Komodo menguatkan potensi pengembangan pariwisata berkelanjutan di Gili Balu.

Tutupan karang keras tertinggi di Gili Balu ditemukan di Pasareang Barat sebesar 69,67% dan Belang Selatan sebesar 57,00%, sedangkan 4 lokasi dalam kondisi Sedang (25-50%), yaitu Belang Timur, Belang Utara, Mandiki, dan Kenawa (Gambar 3). Mobile-sub tidak banyak ditemukan di Gili Balu, kecuali di Mandiki dan Pasareang Utara dengan tutupan lebih dari 20% (Tabel 2). Kegiatan restorasi dapat dilakukan dalam mendorong stabilitas substrat yang ada. Kestabilan substrat dapat mendukung pertumbuhan anakan karang. Selain itu, Avail-sub juga tidak banyak ditemukan. Karang Lunak (SC: Soft Coral) banyak ditemukan di KKP Gili Balu. Hampir semua lokasi, kecuali Belang Timur, memiliki tutupan karang lunak lebih dari 20%. Kenawa dan

Pasareang Utara merupakan yang tertinggi yaitu berurutan 53,67% dan 43,33%. Berdasarkan pengamatan di lapangan, jenis karang lunak yang ditemukan merupakan campuran jenis xenia dan non-xenia. Menurut Unhas dan Rahmadani (2023), keberadaan karang lunak merupakan catatan keanekaragaman biodiversitas di KKP Gili Balu. Di aspek pemanfaatan, kategori bentik ini merupakan atraksi tersendiri bagi para wisatawan. Catatan untuk karang lunak jenis xenia, yang memiliki tentakel aktif. Melimpahnya jenis ini dikhawatirkan dapat menghambat perkembangbiakan karang keras. Telur dan larva karang keras (dan juga ikan) dikhawatirkan banyak yang tertangkap oleh tentakel xenia sebelum menemukan substrat penempelan.



Gambar 3. Tutupan karang keras di lokasi pengamatan di Gili Balu

Berdasarkan data tutupan karang keras di berbagai lokasi pengamatan di Kawasan Konservasi Perairan Gili Balu, terdapat variasi signifikan antar lokasi. Lokasi dengan tutupan karang keras tertinggi adalah Belang Selatan dan Pasareang Barat, masing-masing mencapai lebih dari 60%. Menurut Fauzanabri *et al.* (2021), tingginya tutupan karang di kedua lokasi ini mengindikasikan kondisi lingkungan yang relatif baik, seperti kejernihan air, rendahnya tingkat sedimentasi, serta minimnya tekanan antropogenik yang memungkinkan pertumbuhan karang secara optimal. Sebaliknya, beberapa lokasi seperti Kalong Selatan, Namo Utara, dan Pasareang Utara menunjukkan tutupan karang yang sangat rendah, berada di bawah 10%. Kondisi ini dapat disebabkan oleh berbagai

tekanan lingkungan, termasuk aktivitas destruktif seperti penggunaan bahan peledak, sedimentasi tinggi, aliran limbah, atau dampak perubahan iklim yang menyebabkan pemutihan karang.

Lokasi dengan tutupan sedang, seperti Belang Timur, Belang Utara, dan Gili Mandiki, menunjukkan kondisi yang memerlukan perhatian khusus. Tutupan karang di lokasi-lokasi ini dapat mengindikasikan tingkat tekanan lingkungan yang lebih besar dibandingkan lokasi dengan tutupan tinggi (Nurrahman dan Faizal, 2020), namun masih memiliki potensi untuk pemulihan jika dikelola dengan baik. Untuk menjaga dan memulihkan ekosistem terumbu karang di Gili Balu, direkomendasikan beberapa langkah pengelolaan. Lokasi dengan tutupan tinggi perlu dipertahankan melalui pengawasan ketat terhadap aktivitas manusia, seperti pembatasan penangkapan ikan, pengelolaan pariwisata yang berkelanjutan, dan edukasi masyarakat tentang pentingnya ekosistem karang. Di sisi lain, lokasi dengan tutupan rendah memerlukan upaya restorasi, seperti transplantasi karang, monitoring kualitas air, serta pengurangan aktivitas destruktif.

Kondisi ini juga menunjukkan pentingnya pengelolaan berbasis bukti ilmiah untuk menjaga keberlanjutan ekosistem karang di kawasan ini. Lokasi dengan tutupan tinggi berpotensi menjadi kawasan sumber larva karang yang dapat mendukung pemulihan lokasi-lokasi lain yang mengalami degradasi (McLeod et al., 2019; Adriman et al., 2012). Dengan demikian, pengelolaan yang tepat dapat memastikan ekosistem terumbu karang di Gili Balu tetap memberikan manfaat ekologis, ekonomis, dan sosial bagi masyarakat sekitar.

Tabel 2. Komposisi Benthik di KKP Gili Balu

Lokasi Pengamatan	HC (%)	SC (%)	OT (%)	Mobile Sub (%)	Avail-Sub (%)
Belang Selatan	57	33	8	1	1
Belang Timur	30	16	10.67	6.33	3.67
Belang Utara	38	39.33	6	15.33	1.33
Gili Mandiki	28.67	23.67	3	23	5
Kalong Selatan	11	30	2.67	18.67	4.33
Kenawa	30	53.67	4.33	9.67	2.33
Namo Barat Daya	17.33	36	1.33	10.67	2
Namo Utara	9.67	31	0.33	8.67	0.33
Pasareang Barat	69.67	24	1.33	2.33	2.67
Pasareang Utara	16.67	43.33	4	26.33	9.67

Keterangan: HC (Hard Coral); SC: Soft Coral; Mobile sub: Mobile substrate; Avail sub: Available substrate

Tabel 2 menunjukkan komposisi benthik di Kawasan Konservasi Perairan (KKP) Gili Balu berdasarkan lima kategori substrat utama, yaitu Hard Coral (HC), Soft Coral (SC), Other Substrate (OT), Mobile Substrate, dan Available Substrate (Avail-Sub). Lokasi Pasareang Barat memiliki tutupan Hard Coral tertinggi sebesar 69,67%, menjadikannya area dengan ekosistem karang keras yang sangat sehat, sementara lokasi Belang Selatan juga menunjukkan dominasi karang keras sebesar 57%, diikuti dengan Soft Coral sebesar 33%, mencerminkan habitat benthik yang stabil. Sebaliknya, Kenawa dan Pasareang Utara memiliki dominasi Soft Coral, masing-masing sebesar 53,67% dan 43,33%, menunjukkan kawasan dengan habitat yang lebih spesifik, seperti mendukung pertumbuhan karang lunak dan organisme benthik lainnya.

Beberapa lokasi, seperti Pasareang Utara (26,33%), Gili Mandiki (23%), dan Kalong Selatan (18,67%), menunjukkan persentase substrat bergerak (Mobile Substrate) yang signifikan, menandakan kawasan dengan tingkat dinamika substrat yang tinggi akibat pengaruh arus dan gelombang. Hal ini memberikan peluang penelitian terkait dinamika oseanografi dan substrat di kawasan tersebut. Selain itu, lokasi dengan substrat kosong yang cukup tinggi, seperti Pasareang Utara (Avail-Sub, 9,67%), menunjukkan potensi untuk kegiatan rehabilitasi atau rekolonisasi habitat benthik. Di sisi lain, Gili Mandiki juga memiliki komposisi substrat yang cukup beragam, dengan Hard Coral (28,67%), Soft Coral (23,67%), dan Mobile Substrate (23%), mencerminkan dinamika ekosistem yang kompleks dan berpotensi menarik untuk penelitian interaksi antara arus, substrat, dan organisme benthik.

Lokasi-lokasi lain seperti Belang Timur dan Namu Barat Daya memiliki distribusi substrat yang lebih merata, dengan Hard Coral dan Soft Coral sebagai komponen utama, disertai substrat bergerak yang cukup signifikan, menunjukkan habitat yang lebih dinamis. Lokasi seperti Namu Utara, dengan persentase Hard Coral (9,67%) yang sangat rendah dan dominasi Soft Coral (31%), mengindikasikan area ini mungkin mengalami tekanan lingkungan atau berada pada tahap awal pemulihan. Secara keseluruhan, data ini memberikan gambaran penting tentang variasi kondisi habitat di KKP Gili Balu, mulai dari lokasi dengan ekosistem

yang stabil hingga yang lebih dinamis, sekaligus mengidentifikasi potensi untuk konservasi, rehabilitasi, dan penelitian lebih lanjut.

Kawasan Konservasi Perairan Taman Pulau kecil Gili Balu mempunyai potensi sumber daya alam dan biota laut yang dapat dikembangkan untuk pemanfaatan perikanan dan wisata bahari antara lain; hamparan terumbu karang, ikan terumbu, padang lamun, mangrove, perikanan pelagis kecil, pantai pasir putih, dan perairan yang jernih. Potensi kawasan hutan mangrove dapat dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan ekowisata seperti mangrove trekking, birdwatching, dan educational tours. Selain itu, keberadaan terumbu karang yang luas juga memberikan peluang untuk pengembangan kegiatan snorkeling dan diving yang ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam yang ada, kawasan ini dapat menjadi destinasi wisata yang menarik dan berkelanjutan bagi para pengunjung yang mencintai keindahan alam bawah laut.

Kesimpulan

Analisis komposisi benthik dan kondisi kesehatan terumbu karang di KKP Gili Balu menunjukkan variasi tutupan karang, dengan Pasareang Barat dan Belang Selatan memiliki tutupan tertinggi (69,67% dan 57%), sedangkan Namo Utara dan Kalong Selatan menunjukkan tutupan rendah (<10%) akibat tekanan lingkungan. Dominasi soft coral di beberapa lokasi mencerminkan keanekaragaman hayati tetapi memerlukan pengelolaan untuk menjaga keseimbangan ekosistem. Hasil ini menegaskan perlunya pengelolaan berbasis bukti melalui pengawasan, restorasi, dan pemanfaatan berkelanjutan untuk mendukung kesehatan terumbu karang di kawasan ini.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih atas pendanaan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini kepada ICCTF- Bappenas melalui Proyek COREMAP-CTI ADB: *Consulting Services for GRANT-0379 INO: Coral Reef Rehabilitation and Management Program - CTIProject - GP-7 (46421-001) kontrak No. 007/SPK.ADB/PPK-06-14/JKP.PHLN-ICCTF/1 0/2021.*

Referensi

- Adriman., Purbayanti, A., Budiharso, S., & Damar, A. (2012). Analisis Keberlanjutan Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang di Kawasan Konservasi Laut Daerah Bintan Timur Kepulauan Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 17 (1): 1-15.
- Cabral, R., Cruz-Trinidad, A., Geronimo, R., Napitupulu, L., Lokani, P., Boso, D., Casal, C., Fatan, N., & Aliño, P. (2013). Crisis sentinel indicators: Averting a potential meltdown in the Coral Triangle. *Marine Policy*, 39, 241-247.
- Erdana, R., Pratikto, I., Suryono, C. A., & Suryono (2022). Hubungan Persentase Tutupan Karang Hidup dan Kelimpahan Ikan di Kawasan Konservasi Perairan Pulau Koon, Kabupaten Seram Bagian Timur, Provinsi Maluku. *Journal of Marine Research*, 11 (2), 145-155.
- Fauzanabri, R., Menembu, I.S., Schadu, J.N.W., Manengkey, H.W.K., Sinjai, C.A.L., & Ngangi, L.A. (2021). Status Terumbu Karang di Perairan Pulau Tidung Kepulauan Seribu Provinsi DKI Jakarta berbasis Analisis Underwater Photo Transect. *Jurnal Ilmiah Platax*, 9 (2), 247-261. DOI: 10.35800/jip.9.2.2021.34902.
- Flat Di Perairan Pulau Kapota, Taman Nasional Wakatobi. *Sapa Laut*, 8 (4), 235-243.
- Haya, L., & Fujii, M. (2020). Assessment of coral reef ecosystem status in the Pangkajene and Kepulauan Regency, Spermonde Archipelago, Indonesia, using the rapid appraisal for fisheries and the analytic hierarchy process. *Marine Policy*.
- Hill, J & Wilkinson, C. (2004). Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs.
- Himawan, M.R., Hidayatullah, R., Prabuning, D., & Lestariningsih, W.A. (2024). Kelimpahan dan Biomassa Ikan Karang di Kawasan Konservasi Perairan Gili Balu, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan* 10 (2), 389-405.
- Hoeksema, B. (2007). Delineation of the Indo-Malayan Centre of Maximum Marine Biodiversity: The Coral Triangle, 117-178.
- Husein, O.O., Abdullah, N., Farastuti, E.R.,

- Rumondang, A., Huda, M.M., Gaffar, S., Rombe, K.H., Rosalina, D., Rachman, R.M., Kartini, N., & Irawan, H. (2004). Potensi dan Pengelolaan Sumber Daya Kelautan Indonesia. PT. Kamiya Jaya Aquatic: Ternate. 292 hal.
- Laitupa, S., Noor, S., Manuputty, A., & Hendrapati, M. (2019). The Protection of Biological Diversity in Convention on Biological Diversity Framework. Research on Humanities and Social Sciences. <https://doi.org/10.7176/rhss/9-13-08>.
- Luthfi, O.M., Yulianto, F., Pangaribuan, S.P.C., Putranto, D.B.D., Alim, D., & Sasmita, R.D. (2019). Kondisi Substrat Dasar Perairan Cagar Alam Pulau Semu Kabupaten Malang. *Journal of Marine Aquatic Science*, 5 (1): 77-83. <https://doi.org/10.24843/jmas.2019.v05.i01.p09>.
- Magfirah, S. (2024). Kenaikan Suhu Laut dan Kerusakan Karang: Analisis Dampak Jangka Panjang Terhadap Ekosistem Terumbu Karang. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 3 (8), 1195-1203.
- Magfirah, S. (2024). Kenaikan Suhu Laut dan Kerusakan Terumbu Karang: Analisis Dampak Jangka Panjang terhadap Ekosistem Terumbu Karang. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 3 (08): 1195-1203.
- Mangunjaya, F. M. (2006). Hidup harmonis dengan alam: Esai-esai pembangunan lingkungan, konservasi, dan keanekaragaman hayati Indonesia. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Mcleod, E., Anthony, K. R.N., Mumby, P.J., Maynard, F., Beeden, R., Graham, N.A.L., Heron, S.F., Hoegh-Guldberg, O., Jupiter, S., MacGowan, P., Mangubhai, S., Marshall, N., Marshall, P.A., McClanahan, T.R., Mcleod, K., Nyström, M., Obura, D., Parker, B., Possingham, H.P., Salm, R.V., & Tamelander, J. (2019). The Future of Resilience-Based Management in Coral Reef Ecosystems, *Journal of Environmental Management*, 233 (2019): 291-301. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.034>.
- Mutahari, A., Riyantini, I., Yuliadi, L.P.S., & Pamungkas, W. (2019). Analisis Kondisi Terumbu Karang Kawasan Pariwisata dan Non Pariwisata Di Perairan Gugus Pulau Kelapa Kecamatan Kepulauan Seribu Utara. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10 (2), 43-49.
- Muzahadah, F., Shafira, F.G., & Faishal, M. (2024). Rusaknya Ekosistem Terumbu Karang Akibat Pemanasan Global dalam Perspektif Hukum Laut. *Jurnal Lese Supresna*, 6 (1): 138-154.
- Normile, D. (2010). Biodiversity. Joint expedition discovers deep-sea biodiversity, new volcanoes. *Science*, 329 5997, 1270-1. <https://doi.org/10.1126/science.329.5997.1270-a>.
- Nurrahman, Y. A., & Faizal, I. (2020). Kondisi Tutupan Terumbu Karang di Pulau Panjang Taman Nasional Kepulauan Seribu DKI Jakarta. *Jurnal Akuatika Indonesia*. 5 (17): 27-32.
- Preacher, K. J., & Kelley, K. (2011). Effect Size Measures for Mediation Models: Quantitative Strategies for Communicating Indirect Effects. *Psychological Methods*, 16, 93-115. <https://doi.apa.org/doi/10.1037/a0022658>
- Sahetapy, Y., Nursyamsi, D., & Gunawan, T. (2019). Keanekaragaman dan Distribusi Ikan Karang di Wilayah Pasifik. *Pacific Marine Science*, 19(2), 150-167.
- Suryatini, D., & Rai, M. Pemantauan Ekologis Terumbu Karang di Indonesia. *Indonesian Journal of Marine Studies*, 6(3), 89-104.
- Tapilatu, R. F., & Kusuma, A. B. (2022). Biodiversitas Ikan Ekonomis Penting Papua Barat. Dalam B. Pranata (Ed.), Semarang: Cahya Ghani Recovery.
- Unhas, F & Rahmadani, B.D. (2023). Biodiversitas Karang Lunak (Soft Coral) pada Daerah Reef
- Zamdial (2013). Struktur Komunitas Karang di Perairan Sekunyit Kecamatan Kaur Selatan Kabupaten Kaur. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 7 (2): 21-26.