

## Rehabilitasi Sebagai Upaya Pelesterian Terumbu Karang di Wilayah Konservasi Perairan Indonesia

Rehabilitation as an effort to preserve coral reefs in Indonesian Marine Conservation Areas

Yora Arungla'bi<sup>1</sup>, Eni Kamal<sup>1\*</sup>, Harfiandri Damanhuri<sup>1</sup>, Selvi Tebay<sup>2</sup>, Dwieke Putri Wulandari<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Sumberdaya Perairan, Pesisir, dan Laut, Universitas Bung Hatta, Kota Padang, Sumatera Barat, 25133, Indonesia

<sup>2</sup> Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Papua, Jalan Gunung Salju, Amban, Manokwari, Papua Barat, 98312, Indonesia

<sup>3</sup> Operasional Pelabuhan Perikanan Samudera Bungus, Pelabuhan Perikanan Samudera Bungus, Jalan Raya Padang-Painan KM.16, Kota Padang, Sumatera Barat, 25245, Indonesia

\*Korespondensi: ekamal898@bunghatta.ac.id

Disubmit: 28 November 2024, Direvisi: 14 Mei 2025, Diterima: 28 Mei 2025

### ABSTRAK

Ekosistem terumbu karang rentan terhadap kerusakan. Ekosistem ini ditemukan di laut tropis dan subtropis dan terdiri dari terumbu (struktur kapur) yang berasal dari hewan karang dan biota lain. Dengan mempertimbangkan masalah-masalah ini, perlu dilakukan upaya tambahan untuk meningkatkan eksplorasi sumber daya laut tanpa mengorbankan lingkungan atau meningkatkan produktivitasnya. Penelitian ini menggunakan metode *literatur review*. Menurut hasil pencarian artikel dalam database yang dimaksud, berbagai faktor dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan terumbu karang di pesisir pantai ada dua yaitu faktor manusia (*antropogenik*) termasuk pembuangan sampah ke laut, penggunaan alat tangkap ikan yang merusak, penambangan karang untuk dimakan, dan faktor alam yaitu perubahan suhu, kecerahan, dan pemangsa karang. Kerusakan ekosistem terumbu karang disebabkan oleh faktor manusia sebesar (80,98 %) dibandingkan dengan faktor alam sebesar (58,09 %). Mengatasi masalah ini, terumbu karang di Indonesia telah diselamatkan melalui rehabilitasi dan transplantasi dengan menggunakan teknik seperti spider web, transplantasi dengan metode hybrid rak dan cor, juga mengembangkan CMRIS (*Coral Reef Management Information System*) dan COREMAP (*Coral Reef Rehabilitation and Management Program*) sebagai sistem teknologi.

**Kata kunci:** Konservasi, Rehabilitasi, Terumbu Karang,

### ABSTRACT

Coral reef ecosystems are vulnerable to damage. This ecosystem is found in tropical and subtropical seas and consists of reefs (calcareous structures) derived from coral animals and other biota. Considering these issues, efforts are needed to find other ways to enhance the exploration of marine resources without causing damage or increasing environmental productivity. This research employs the process of literature review. The results of article searches in the identified databases show that there are various factors that cause damage to the coastal coral reef ecosystem. There are two human (anthropogenic) factors, including the dumping of garbage into the sea, the use of destructive fishing tools, the mining of corals for consumption, and the temperature, brightness, and predators of coral. The damage to the coral reef ecosystem is caused by the human factor (80.98%) compared to

the natural factor (58.09%). Addressing this problem, coral reefs in Indonesia have been saved through rehabilitation and conservation using techniques such as spider web transplantation and hybrid shelves and cor, as well as developing CMRIS (Coral Reef Management Information System) and COREMAP (Coral Reef Rehabilitation and Management Programme) as technology systems.

**Keywords:** Conservation, Coral Reef, Rehabilitation.

## PENDAHULUAN

Terumbu karang adalah ekosistem laut tropis dan subtropis yang terdiri dari terumbu (struktur kapur) yang berasal dari hewan karang dan biota lainnya. Walaupun hanya mencakup kurang dari 1% dasar laut, terumbu karang mendukung lebih dari 25% spesies laut. Ekosistem ini berperan sebagai habitat, tempat pemijahan, sumber makanan, serta perlindungan bagi berbagai organisme laut serta mampu meningkatkan produktivitas ekosistem pesisir (Bellwood *et al.*, 2024). Lebih dari itu, terumbu karang berfungsi sebagai pelindung alami pantai dari gelombang laut yang kuat serta menjadi daya tarik kegiatan wisata bahari (Putri *et al.*, 2023).

Terumbu karang ada di hampir semua perairan pesisir, terutama di Indonesia dan pulau-pulau kecilnya. Habitat terumbu karang dapat ditemukan pada kedalaman lebih dari lima puluh meter. Sebagian besar wilayah perlindungan laut Indonesia terdiri dari ekosistem terumbu karang di 409 lokasi dengan luas kurang lebih 28,9 juta ha (Subhan *et al.*, 2023). Dengan luas 39.538 kilometer persegi, Indonesia Coral Reef adalah salah satu habitat karang paling beragam di Bumi dan mencakup 16% dari total area karang global.

Hampir seperempat dari 270 juta orang Indonesia tinggal di pantai-pantai, yang tidak lebih dari 30 km dari terumbu karang, yang merupakan karang terbesar di dunia. Akibatnya,

lebih dari 95% terumbu karang di Indonesia berada dalam bahaya (Razak *et al.*, 2022). Ekosistem terumbu karang di Indonesia sangat berisiko mudah terkena kerusakan akibat beberapa tindakan manusia yang melakukan aktivitas yang tergolong tidak ramah lingkungan tidak hanya itu terumbu karang juga rentan terhadap perubahan iklim yang terjadi diperairan pesisir dan laut. Faktanya saat ini di sekitar pesisir pantai dan laut banyak ditemukan peningkatan kerusakan pada terumbu karang dibandingkan dengan tutupan karang yang hidup dengan baik (Pascoe *et al.*, 2024). Barisan karang dapat terancam oleh kegiatan manusia yang tidak ramah lingkungan seperti melakukan penangkapan ikan dengan bom dan kalium cyanide, aktivitas pembangunan dan pengembangan sektor penunjang pariwisata seperti tempat makan, hotel, dan kolam pelabuhan. Faktor-faktor alam seperti terjadinya perubahan suhu yang signifikan, tsunami dan bencana gempa bumi juga merupakan ancaman bagi keberlanjutan (Efendi, 2020 ; Kusuma *et al.*, 2023).

RCO (*Reef Check Organization*) melakukan survei terhadap setiap tahunnya terhadap terumbu karang yang tersebar di seluruh wilayah pesisir Indonesia, dalam survei yang telah dilakukan didapatkan bahwa kategori untuk Kesehatan terumbu karang menunjukkan bahwa 33,8% terumbu karang dalam kondisi buruk, 37,4% terumbu karang dalam kondisi sedang, 22,4% terumbu karang dalam

kondisi baik, dan 6,4% terumbu karang dalam kondisi luar biasa (Ginting, 2023). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Ririe *et al* (2023) menyatakan bahwa kesehatan terumbu karang berkaitan erat dengan keseimbangan keanekaragaman laut. Semakin baik kondisi terumbu karang maka semakin tinggi pula biodiversitas spesies biota laut yang dijumpai.

Kondisi kesehatan terumbu karang yang baik tidak hanya bermanfaat dari aspek ekologi melainkan dari aspek ekonomi yang ditandai dengan adanya kontribusi terhadap peningkatan kesejahteraan masyarakat lokal. Hasil studi literatur menunjukkan bahwa dukungan kesehatan terumbu karang memiliki kontribusi terhadap nilai ekonomi masyarakat lokal, dengan mendapatkan manfaat langsung dari aktivitas dari sektor perikanan dan sektor pariwisata yang mampu menarik wisatawan domestik dan luar negeri (Irwansyah *et al.*, 2020 ; Putri *et al.*, 2023).

Mengingat ekosistem terumbu karang memberikan masukan baik ekologi maupun ekonomi, upaya diperlukan untuk menemukan cara dalam mengatasi pemanfaatan terhadap sumber daya laut tanpa mempengaruhi lingkungan dan produktivitas ekosistem lainnya, Terutama pada terumbu karang karena apabila karang telah mengalami kerusakan maka untuk proses pemulihannya juga tergolong lambat dan perlu bantuan dengan upaya rehabilitasi dalam memulihkan fungsi ekosistem terumbu karang. Karena tingkat pemulihan yang sangat lambat dari kondisi karang, intervensi rehabilitasi diperlukan untuk memulihkan fungsi ekosistem karang.

Sebagai contoh kerusakan terumbu karang dapat dijumpai di Taman Nasional Bunaken dikarenakan aktivitas pariwisata yang tidak terkendali. Upaya rehabilitasi terumbu karang dilakukan dengan transplantasi sejak tahun 2018. Karang yang telah ditransplantasi berhasil hidup sampai dengan tahun 2023 dengan presentase mencapai 98% (Karauwan *et al.*, 2023).

Selain itu, kerusakan terumbu karang sebesar 15% akibat dari aktivitas manusia yang merusak seperti penggunaan bom dan penggunaan alat tangkap yang tidak selektif terjadi di Taman Nasional Teluk Cenderawasih (TNTC). Di samping kegiatan transplantasi, dilakukan pula edukasi dan sosialisasi mengenai urgensi pelestarian terumbu karang sebagai upaya rehabilitasi (Sala *et al.*, 2021).

Berdasarkan hal tersebut maka perlu adanya penjelasan terkait terumbu karang dengan adanya literatur review yang bertujuan untuk mengkaji faktor-faktor kerusakan terumbu karang di Indonesia baik yang bersifat alami maupun antropogenik, upaya apa saja yang dilakukan dalam rehabilitasi karang di kawasan konservasi Indonesia, menganalisis metodologi atau pendekatan yang digunakan dalam rehabilitasi terumbu karang, serta mengkaji salah satu sistem sosial ekologi sebagai pendekatan dalam upaya rehabilitasi terumbu karang di wilayah konservasi perairan di Indonesia.

Dalam kerangka kebijakan nasional, rehabilitasi terumbu karang sejalan dengan peraturan dan agenda strategis yang tertuang dalam Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2014 dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2024 yang mengamanatkan upaya

perlindungan, pelestarian, dan rehabilitasi ekosistem pesisir sebagai bagian dari pengelolaan wilayah pesisir secara terpadu dan berkelanjutan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode review literatur, yang bertujuan untuk menemukan, mengevaluasi, dan menafsirkan temuan penelitian yang berkaitan dengan subjek atau fenomena tertentu. Ini terdiri dari empat tahap: identifikasi, pemeriksaan, kelayakan, dan persetujuan. Pada tahap identifikasi, artikel dicari di Internet atau dalam literatur lainnya. Selanjutnya, pada tahap pemeriksaan, artikel duplikat difilter, dan informasi diambil dari judul dan artikel abstrak untuk menilai validitas. Dalam ulasan penelitian sastra ini, sebuah artikel yang layak dianggap sama dengan pertanyaan dan tujuan penelitian. Artikel yang memenuhi kriteria inklusi dipilih pada tahap penerimaan (Arianti & Atifah, 2023). Kriteria inklusi merujuk pada seperangkat persyaratan yang ditetapkan untuk menegaskan bahwa suatu sumber pustaka relevan dan memenuhi syarat untuk dianalisis dalam tinjauan literatur. Sedangkan untuk menolak artikel yang tidak memenuhi relevansi dengan fokus kajian maupun metodologi dalam tinjauan pustaka.

Pemilihan sumber pustaka yang relevan menggunakan empat kriteria inklusi meliputi artikel yang ditulis dalam bahasa Inggris atau Indonesia yang terkait dengan rehabilitasi terumbu karang dan penyebab terjadinya kerusakan terumbu Karang, dan penelitian yang dilakukan selama lima tahun terakhir. Data yang dicari merupakan artikel dari 2020–2024. Kata kunci berikut digunakan dalam

pencarian literatur: terumbu karang, rehabilitasi, upaya, dan konservasi. Jenis publikasi yang dipilih sebagai referensi yaitu *Google Scholar*, *Science Direct*, dan *Pubmed* sebagai sumber data base. Sedangkan penggunaan kriteria eksklusi dalam penelitian ini yaitu untuk meyarang referensi yang tidak sesuai dengan topik dan tidak menjelaskan metode rehabilitasi secara sistematis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Didasarkan pada informasi yang ditemukan dalam database yang telah ditentukan, judul dan abstrak dari setiap artikel yang ditemukan diperiksa. Hasilnya menunjukkan bahwa artikel-artikel tersebut relevan dan memenuhi kriteria inklusi yang ditetapkan. Hasil peninjauan literatur diuraikan dalam beberapa bagian.

### Faktor-Faktor Kerusakan Terumbu Karang

Kerusakan pada ekosistem terumbu karang telah menjadi isu lingkungan global. Secara konseptual, penyebab kerusakan terumbu karang dikelompokkan dalam 2 (dua) kategori utama yaitu faktor antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia dan faktor nonantropogenik yang bersumber dari proses alami. Kedua faktor ini tidak berkontribusi secara terpisah, namun seringkali saling memperkuat dampak yang ditimbulkan. Kondisi demikian dapat mempercepat laju kerusakan terumbu karang secara menyeluruh.

Dalam beberapa dekade terakhir, tekanan yang ditimbulkan oleh aktivitas manusia telah menjadi penyebab dominan dalam degradasi terumbu karang. Beberapa aktivitas manusia yang berdampak pada kerusakan terumbu karang antara lain

pencemaran laut (pembuangan limbah domestik, limbah industri serta limpasan pertanian yang mengandung zat hara berlebih). Lebih lanjut, terjadinya sedimentasi akibat kegiatan pembukaan lahan dan deforestasi di wilayah hulu sehingga endapan sedimen ini menutupi permukaan karang dan menghalangi proses fotosintesis. Selain itu, praktik perikanan destruktif seperti penggunaan alat tangkap yang tidak ramah lingkungan (Cardenas *et al.*, 2024; Edwards *et al.*, 2024). Praktik-praktik ini secara langsung merusak struktur fisik karang dan mengganggu keseimbangan ekosistem. Berdasarkan hasil studi literatur, sekitar 80,98% kerusakan terumbu karang di Indonesia disebabkan oleh kegiatan manusia (Kalauw *et al.*, 2023).

Meskipun tekanan antropogenik sering menjadi penyebab utama kerusakan terumbu karang, proses alami juga memiliki kontribusi terhadap penurunan kualitas dan keberlanjutan terumbu karang baik itu yang bersifat periodik maupun ekstrem. Kerusakan terumbu karang yang disebabkan oleh faktor alami mencakup perubahan iklim global dan pemangsa alami karang. Salah satu tanda utama dari perubahan iklim adalah peningkatan suhu permukaan laut, yang dapat memicu terjadinya fenomena gelombang panas laut (*marine heatwaves*), termasuk kejadian El Niño yang bersifat periodik namun berdampak luas. Peningkatan suhu yang ekstrem ini sering kali menyebabkan pemutihan karang (*coral bleaching*), yaitu kondisi di mana karang kehilangan simbiosis alga zooxanthellae yang sangat penting bagi proses fotosintesis dan kelangsungan hidupnya. Selain itu, perubahan iklim juga memengaruhi pola cuaca ekstrem, seperti

peningkatan frekuensi dan intensitas siklon tropis, yang membawa angin kencang dan curah hujan tinggi. Sistem badai tersebut dapat merusak struktur fisik terumbu karang, meningkatkan sedimentasi, serta mengganggu kestabilan habitat laut (Cardenas *et al.*, 2024; Edwards *et al.*, 2024).

Selain perubahan iklim, pemangsa alami juga dapat memainkan peran penting dalam kerusakan ekosistem terumbu karang. Beberapa spesies pemangsa karang, seperti bintang laut (*Acanthaster planci*) yang memiliki kemampuan untuk memakan jaringan karang secara langsung sehingga dapat menyebabkan degradasi signifikan pada struktur terumbu. Bila dalam jumlah besar, dapat mengakibatkan kematian karang yang meluas dan memperburuk kondisi ekosistem secara keseluruhan. Selain *Acanthaster planci*, predator lain seperti ikan herbivora tertentu dan spesies moluska, meskipun berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem, dalam kondisi tertentu juga dapat mengancam kelangsungan hidup karang jika populasinya tidak dikendalikan. Ketidakseimbangan antara populasi pemangsa dan terumbu karang yang sehat sering kali terjadi akibat perubahan lingkungan atau penurunan jumlah spesies pemangsa alami lainnya, yang membuat ekosistem terumbu karang semakin rentan terhadap kerusakan.

Hasil kajian yang dilakukan oleh Kalauw *et al* (2023) menunjukkan bahwa degradasi ekosistem terumbu karang di Indonesia didominasi oleh tekanan yang berasal dari aktivitas manusia (faktor antropogenik), jika dibandingkan dengan kerusakan yang diakibatkan oleh faktor-faktor alami (nonantropogenik). Aktivitas manusia

seperti penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan, pencemaran laut oleh limbah domestik dan industri, serta penggundulan kawasan pesisir telah memberikan tekanan berkelanjutan terhadap kelangsungan ekosistem terumbu karang. Meskipun faktor alami seperti fluktuasi suhu laut, badai tropis, dan predasi oleh spesies tertentu juga berkontribusi terhadap kerusakan, proporsinya relatif lebih kecil.

Dengan mempertimbangkan berbagai dampak tersebut, pelestarian dan rehabilitasi ekosistem terumbu karang tidak hanya penting dari sisi ekologi, tetapi juga merupakan investasi strategis untuk menjamin keberlanjutan ekonomi dan sosial masyarakat pesisir. Oleh karena itu, pendekatan konservasi yang holistik, berbasis ekosistem, dan melibatkan berbagai pemangku kepentingan sangat dibutuhkan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan membangun ketahanan ekosistem laut di masa depan.

### **Rehabilitasi Terumbu Karang di Wilayah Konservasi Perairan Indonesia**

Strategi yang dapat dilakukan dalam pemulihan terumbu karang yang diakibatkan oleh manusia adalah dengan rehabilitasi. Rehabilitasi adalah salah satu upaya perbaikan kesehatan Terumbu Karang sedangkan Konservasi adalah upaya untuk perlindungan terhadap tekanan kerusakan terumbu karang.

Biotransplantasi terumbu karang adalah salah satu cara untuk memperbaiki terumbu karang. Ini dilakukan melalui proses biologis aktif dan menggunakan berbagai jenis terumbu masif, seperti *Dead Coral* (DC) dan *Dead Coral with Algae* (DCA), sebagai substrat untuk

transplantasi fragmentasi terumbu karang. Rehabilitasi terumbu karang dengan sistem ini dilakukan di Pulau Tunda, Desa Warga, Kabupaten Serang, Provinsi Banten (Mujiyanto *et al.*, 2023).

Pembuatan karang buatan adalah tahap rehabilitasi ekosistem terumbu karang dalam penelitian lain. Karang imitasi dibangun dengan desain konstruksi beton balok atau kotak persegi panjang. Untuk membuat material tersusun lebih padat dan masif, terumbu buatan yang sudah dibuat didiamkan selama beberapa hari ( $\pm 15$  hari). Selanjutnya, balok beton diangkut menggunakan perahu motor, yang jumlah balok disesuaikan dengan daya dukung perahu motor, dan lokasi terumbu buatan diidentifikasi dengan menggunakan sistem pengawasan GPS (*Global Positioning System*). Terumbu karang buatan kemudian dipelihara dan dipantau (Suaib & Nadir, 2023).

Sementara itu, program rehabilitasi dan pengelolaan terumbu karang yang berbasis teknologi, CRMIS (*Coral Reef Management Information System*), berasal dari Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Salah satu dari program COREMAP (*Coral Reef Rehabilitation and Management Program*), CRMIS bertujuan untuk menyediakan sistem berbasis komputer yang terintegrasi, praktis, mudah digunakan, dan bermanfaat untuk mendukung pengelolaan terumbu karang secara keseluruhan (Swasti *et al.*, 2020).

Dalam rehabilitasi dan konservasi terumbu karang, pendekatan komprehensif dan holistik melalui "Sistem Sosial-Ekologis" (SES) merupakan salah satu tools dalam upaya rehabilitasi dan konservasi terumbu karang dengan

cara pendekatan kepada masyarakat lokal tentang cara transplantasi karang dengan metode spider. Metode ini menggunakan struktur yang menyerupai jaring laba-laba yang terbuat dari bahan seperti tali atau kawat yang diikat di dasar laut (Setia *et al.*, 2023). Transplantasi karang dengan metode spider mempunyai tingkat kelangsungan hidup 92% asalkan penentuan lokasi dan kemampuan jenis karang dipilih dengan tepat dan mampu beradaptasi dengan kondisi perairan tersebut (Paulangan *et al.*, 2023). Transplantasi terumbu karang adalah Teknik yang umum digunakan salah satunya yaitu dengan, teknik transplantasi ini menggunakan sistem yang menggabungkan rak dan cor, dengan satu rak yang panjangnya dua meter dan lebarnya satu meter, terbuat dari pipa PVC dengan diameter setengah inchi dan mengandung cor semen di dalamnya. Metode ini digunakan pada kondisi perairan yang tenang (Saputra *et al.*, 2022) ; (Manurung *et al.*, 2023).



Gambar 1. Metode Hybrid rak dan cor

Metode rangka besi SPIDER digunakan untuk transplantasi. Transplantasi dilakukan dalam dua tahap. Karang ditempelkan pada struktur laba-laba dalam tahap pertama, dan struktur laba-laba diatur dan dilayout di lokasi rehabilitasi. Untuk membuat ikatan karang lebih mudah dan mendorong komunitas, karang diikat pada struktur laba-laba di atas rakit gabus. Setelah semua karang terikat, struktur laba-laba

diletakkan di bawah air sebelum diangkut ke tempat rehabilitasi untuk mencegah karang tersingkap di udara selama waktu yang lama, yang dapat menyebabkan kematian karang.

## KESIMPULAN

Ekosistem terumbu karang berfungsi sebagai habitat biota laut, melindungi pantai dari gelombang laut, dan menjadi daya tarik bagi pengunjung ke laut. Seluas 39.538 km<sup>2</sup>, terumbu karang Indonesia mencakup 16% dari total luas terumbu dunia, tetapi jumlah penduduk yang tinggal di sekitar pantai menyebabkan 95% terumbu karang di Indonesia rusak. Mengatasi masalah ini, terumbu karang di Indonesia telah diselamatkan melalui rehabilitasi dan konservasi dengan menggunakan teknik seperti spider web transplantasi dan hybrid rak dan cor. Selain itu, mereka mengembangkan sistem teknologi yang dikenal sebagai Sistem Informasi Manajemen Coral Reef (CRMIS).

## DAFTAR PUSTAKA

- Arianti, R. P., & Atifah, Y. (2023). Pengaruh Pencemaran Air Terhadap Histopatologi Insang Ikan : Literature Review Abstrak Pendahuluan. 8(2), 138–151.
- Bellwood, D. R., Brandl, S. J., McWilliam, M., Streit, R. P., Yan, H. F., & Tebbett, S. B. (2024). Studying functions on coral reefs: past perspective, current conundrums, and future potential. *Coral Reefs*, 43, 281-297.  
<http://doi.org/10.1007/s00338-024-02474-z>
- Cardenas, J. A., Samadikhoshkho, Z., Rehman, A. U., Valle-Pérez, A.

- U., de León, E. H. P., Hauser, C. A. E., Feron, E. M., & Ahmad, R. (2024). A systematic review of robotic efficacy in coral reef monitoring techniques. *Marine Pollution Bulletin*, 202(March), 1–9.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116273>
- Edwards, A., Guest, J., & Humanes, A. (2024). Rehabilitating coral reefs in the Anthropocene. *Current Biology*, 34(9), R399–R406.  
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.12.054>
- Efendi, E. (2020). Rehabilitasi Terumbu Karang dengan Aplikasi Teknik Propagasi di Desa Pagar Jaya Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Sinergi*, 1(1), 41–49.  
<https://doi.org/10.23960/jsi.v1i1.7>
- Ginting, J. (2023). Analisis Kerusakan Terumbu Karang Dan Upaya Pengelolaannya. *Jurnal Kelautan Dan Perikanan Terapan (JKPT)*, 1(1), 53–59.  
<https://doi.org/10.15578/jkpt.v1i0.12066>
- Irwansyah, Massieng, A. N. A., Ghurdi, A. B. (2020) Valuasi Ekonomi Terumbu Karang di Pulau Bontosua Kabupaten Pangkep. *Jurnal Agrisains*, 21(3), 147-157.  
<http://doi.org/10.1016/j.tmp.2019.04.004>
- Kalauw, S. A., Sihalale, D. A., & Manakane, S. E. (2023). Kajian Faktor Faktor Penyebab Kerusakan Ekosistem Terumbu Karang Pada Wilayah Pesisir Pantai Negeri Assilulu Kecamatan Leihitu Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Pendidikan Geografi UNPATTI*, 2(April), 123–130.
- Karauwan, M. A. J., & Solang, J. A. (2023). Analysis of the Success Level of Transplant Coral Life in the Seventh Year at the Tawara Dive Point in the Bunaken National Park Area, North Sulawesi. *International Journal of Multidisciplinary research and Analysis*, 7(12), 5523-5528.  
<http://doi.org/10.47191/ijmra/v7-i12-20>
- 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.  
<https://doi.org/10.23960/jpfp.v2i1.7216>
- Manurung, V. R., Susetya, I. E., Husaini, H., Arinah, H., & Nazara, W. (2023). Upaya transplantasi terumbu karang (*Acropora* sp.) sebagai rehabilitasi fungsi kawasan ekosistem terumbu karang terdampak tumpahan minyak aspal di desa afulu kabupaten nias utara. *Jurnal Abdi Insani*, 10(3), 1526–1535.  
<https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v10i3.1062>
- Mujiyanto, M., Syam, A. R., & Sugianti, Y. (2023). Reef rehabilitation method uses bio transplants model in Tunda Island Banten Province, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental*

- Science*, 1251(1).  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1251/1/012001>
- Pascoe, S., Anthony, K., Scheufele, G., & Pears, R. J. (2024). Identifying coral reef restoration objectives: A framework. *Ocean and Coastal Management*, 251(March).<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107081>
- Paulangan, Y. P., Yusuf, S., Barapadang, B., Hamuna, B., Rumbiak, K., Ayer, P. I. L., Mandey, V. K., Wanimbo, E., & Baransano, N. (2023). Transplantasi Karang dengan Metode SPIDER di Pantai Harlen Kampung Tablasupa Kabupaten Jayapura Provinsi Papua. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 8(3), 633–642.  
<https://doi.org/10.30653/jppm.v8i3.359>
- Polapa, F., & Suharto, S. (2023). Coral Reef Transplant Success Rate in Bonetambu Island, Spermonde Archipelago. *Jurnal Ilmu Kelautan SPERMONDE*, 9(August 2022), 9–13.  
<https://doi.org/10.20956/jiks.v9i2.26776>
- Putri, P. I. D., Sudiarta, I. K., Prasetijo, R., & Prasetya, I. N. D. (2023). Indonesia Coral Reef Garden Sanur Bali: Pemulihan Ekonomi Nasional melalui Restorasi Terumbu Karang. *International Journal of Community Service Learning*, 7(2), 168–177.  
<https://doi.org/10.23887/ijcsl.v7i2.56525>
- Razak, T. B., Boström-Einarsson, L., Alisa, C. A. G., Vida, R. T., & Lamont, T. A. C. (2022). Coral reef restoration in Indonesia: A review of policies and projects. *Marine Policy*, 137(1), 1–9.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104940>
- Ririe, M., Berotabui, A., Dimara, Y., & Rahandra, R. (2023). Dampak Terumbu Karang terhadap Kelimpahan dan Keragaman Biota Laut di Pulau Dua, Kampung Sarawandori, Kabupaten Kepulauan Yapen. *UNES Journal of Scientech Research*, 7(2), 178–184.
- Sala, R., Bawole, R., Biloro, R. H. H., & Mudjirahayu. (2021). Distribusi Spasial Tutupan Karang di Taman Nasional Teluk Cenderawasih, Papua Spatial Distribution of Coral Cover in Cenderawasih Bay Marine Park, Papua. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 5(2), 201–212.
- Saputra, A., Dasa Permana, D., Dwi Cahyo, F., Arif Wijonarko, dan E., Ahli Usaha Perikanan, P., AUP Pasar Minggu, J., Selatan, J., Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut, L., Raya Carita Km, J., Labuan, C., Pandeglang, K., Alam Bawah Laut, K., Sanghiang Rt, K., & Pandeglang, C. (2022). Coral Reef Transplantation Acropora Spp, For Coral Reef Rehabilitation On Panjang Isl And Teluk Banten. *Jurnal Kelautan Dan Perikanan Terapan*, 4(2), 105–115.  
<http://ejournalbalitbang.kkp.go.id/index.php/jkpt>
- Setia, T. M., Azis, P. B. S., Putra, N. F. X. A. C., Effendi, A. N., & Saribanon, N. (2023). Developing A Coral Reef Conservation Model by Involving Local Communities on Soop Island, Southwest Papua. *Journal of Social Political*

*Sciences JSPS*, 4(3), 313–321.

- Suaib, S., & Nadir, M. (2023). Study of Exploitation of Marine Ornamental Fish by Utilizing Artificial Reefs as A Solution for Coral Reef Rehabilitation in Barru Regency. *Indonesian Journal of Contemporary Multidisciplinary Research (MODERN)*, 2(3), 515–524.
- Subhan, B., Arafat, D., Sari, P. F. P., Khairud, D., & Aisyah, S. Z. (2023). Upaya Meningkatkan Keberhasilan Rehabilitasi Terumbu Karang yang Berkelanjutan di Kawasan Konservasi Laut. *Pertanian, Kelautan, dan Biosains Tropika*, 5(3), 1–7.
- Swasti, P., Prayudha, B., & Susetiono. (2020). *Coral Reef Management Information System (CRMIS) for the Sustainable Management of Coral Reef in Indonesia*. 154(AICoBPA 2019), 65–68. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.201116.013>