

# Restorasi terumbu karang: upaya mempertahankan kesehatan ekosistem laut

DONAR SAGALA<sup>1\*</sup>, LISA MEIDIYANTI LAUTETU<sup>1</sup>, M. BAYU RIZKY PRAYOGA<sup>1</sup>,  
ROHADATUL AISY AFLA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia, Jakarta 10430, Indonesia;

\*Korespondensi: [donar.sagala@ui.ac.id](mailto:donar.sagala@ui.ac.id)

Diterima: 21 Desember 2023

Direvisi Akhir: 28 Januari 2024

Disetujui: 23 Februari 2024

## ABSTRAK

Terumbu karang memiliki peran vital dalam ekosistem laut, namun kerentanannya yang tinggi membuatnya rentan terhadap kerusakan. Proses pemulihan terumbu karang membutuhkan waktu yang lama dan kompleksitas yang tinggi. Kerusakan terumbu karang dapat menyebabkan penurunan kualitas ekosistem laut secara signifikan. Restorasi terumbu karang dapat dilakukan melalui berbagai metode fisik dan biologis. Tulisan ini membahas tentang berbagai upaya restorasi terumbu karang serta mengidentifikasi beberapa penyebab utama kerusakan ekosistem terumbu karang. Dengan pemahaman yang mendalam tentang masalah ini, diharapkan dapat membantu dalam meningkatkan kesadaran dan tindakan dalam menjaga dan memulihkan kesehatan terumbu karang untuk keberlangsungan ekosistem laut.

**KATA KUNCI:** terumbu karang; restorasi; kesehatan ekosistem; ekosistem laut.

## ABSTRACT

*Coral reefs play a crucial role in marine ecosystems, yet their high vulnerability renders them susceptible to damage. The process of coral reef recovery is time-consuming and highly complex. Coral reef degradation can significantly degrade the quality of marine ecosystems. Coral reef restoration can be achieved through various physical and biological methods. This paper discusses various coral reef restoration efforts and identifies several key causes of coral reef ecosystem damage. With a deeper understanding of these issues, it is hoped that awareness and action can be enhanced to preserve and restore coral reef health for the sustainability of marine ecosystems.*

**KEYWORDS:** coral reefs; restoration; ecosystem health; marine ecosystems.

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas perairan sebesar 5,1 juta km<sup>2</sup> dan garis pantai terpanjang di Asia hingga mencapai 108.920 km (Muhlis, 2011). Luasnya wilayah perairan di Indonesia juga menjadi tempat hidup bagi ekosistem terumbu karang. Bahkan ditaksirkan nilai ekonomi dari ± 51.000 km<sup>2</sup> luas total terumbu karang di Indonesia mencapai 4,2 milyar USD, baik itu dari aspek perikanan, wisata, maupun perlindungan laut (Arisandi *et al.*, 2018). Beberapa fungsi terumbu karang diantaranya adalah sebagai sumber nutrisi dan habitat bagi biota laut, pemecah gelombang

### Cara Pengutipan:

Sagala, D., Lautetau, L. M., Prayoga, M. B. R., & Afla, R. A. (2024). Restorasi terumbu karang: upaya mempertahankan kesehatan ekosistem laut. *Journal of Marine Problems and Threats*, 1(1), 1-9.  
<https://doi.org/10.61511/jmarpt.v1i1.2024.465>

**Copyright:** © 2024 dari Penulis. Dikirim untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan dari the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



di daerah pesisir, objek wisata, sumber pembuatan kapur, bahan untuk obat dan kosmetik, serta sebagai penunjang penelitian dan pendidikan (Ramadhan *et al.*, 2017).

Diperkirakan kerusakan terumbu karang Indonesia hingga tahun 2018 telah mencapai 36,18% dari total 1067 titik, di mana 6,56% dalam kondisi sangat baik, sebesar 22,96% dalam kondisi baik, dan 37,18% dalam kondisi cukup baik (Hadi *et al.*, 2009). Data ini menunjukkan adanya kenaikan kerusakan yang cukup signifikan, di mana kerusakan terumbu karang atau dalam kondisi buruk pada tahun 2013 adalah sebesar 30,4% (Ramadhan *et al.*, 2017). Sedangkan waktu pemulihan ataupun pembentukan koloni terumbu karang membutuhkan waktu yang sangat lama, bahkan untuk dapat membentuk suatu ekosistem diperlukan waktu hingga ribuan tahun (LIPI, 2020).

Akibat dari kerusakan terumbu karang akan menyebabkan banyak kerugian yang mengacu pada PERMEN Lingkungan Hidup No 7 Tahun 2014 tentang Kerugian Lingkungan Hidup Akibat Pencemaran dan/ atau Kerusakan Lingkungan Hidup. Berdasarkan hasil analisis estimasi jumlah kerugian ekonomi rusaknya terumbu karang akibat tabrakan Kapal Pesiar Caledonian Sky di Raja Ampat sebesar 23 juta USD dengan luasan terdampak 18.882 m<sup>2</sup>. Kerugian Ekosistem seperti manfaat proteksi lingkungan pesisir, habitat sumberdaya ikan dan sosial budaya. Kerugian ekonomi masyarakat akibat kerusakan terumbu karang merupakan dampak ekonomi yang dirasakan oleh pemanfaat (masyarakat sekitar lokasi kejadian), berupa potensi hilangnya pendapatan masyarakat/ pemerintah dari aktivitas penangkapan ikan dan pariwisata (Witomo *et al.*, 2017)

Pada tulisan ini, Penulis mencoba memberikan gambaran mengenai berbagai metode dan teknik restorasi terumbu karang. Selain itu, akan dibahas pula secara singkat beberapa penyebab utama kerusakan terumbu karang yang telah diteliti pada penelitian-penelitian terdahulu.

## 2. Metode

Metode penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari beberapa studi terdahulu yang telah dipublikasikan mengenai kondisi terumbu karang. Data ini dikumpulkan dari berbagai sumber, termasuk jurnal ilmiah, laporan penelitian, dan basis data terkait terumbu karang.

### 2.1 Studi Literatur

Peneliti melakukan pencarian dan analisis terhadap literatur ilmiah yang relevan, seperti jurnal-jurnal ilmiah dan laporan penelitian, untuk mengumpulkan data yang telah dipublikasikan sebelumnya mengenai kerusakan terumbu karang, penyebabnya, dan upaya restorasinya.

### 2.2 Analisis Data Sekunder

Data sekunder yang terkumpul dari literatur ilmiah dan sumber-sumber lainnya kemudian dianalisis secara sistematis untuk mengidentifikasi pola dan tren terkait kondisi terumbu karang, serta faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan dan upaya restorasi yang telah dilakukan. Data yang didapatkan kemusian disajikan dalam bentuk deskriptif.

### 2.3 Interpretasi Data

Hasil analisis data sekunder tersebut diinterpretasikan untuk memahami hubungan antara berbagai faktor yang mempengaruhi kerusakan terumbu karang, seperti faktor lingkungan, aktivitas manusia, dan perubahan iklim, serta efektivitas berbagai metode restorasi yang telah diimplementasikan.

Dengan menggunakan data sekunder dari studi-studi terdahulu, peneliti dapat memperoleh pemahaman yang mendalam tentang kondisi terumbu karang dan faktor-

faktor yang mempengaruhi kerusakan serta upaya-upaya yang telah dilakukan untuk memulihkannya. Ini memungkinkan untuk mengevaluasi keberhasilan strategi restorasi yang ada dan merumuskan rekomendasi untuk perbaikan lebih lanjut dalam pemulihan terumbu karang.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Penyebab kerusakan terumbu karang

Kehidupan terumbu karang sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya. Terumbu karang akan terganggu apabila temperatur airnya berubah, perubahan pola sirkulasi laut, kenaikan permukaan air laut, ataupun masuknya zat asing yang dapat mencemari perairan laut (Westmacott et al., 2000b). Perubahan ini akan menuntun terjadinya fenomena pemutihan terumbu karang, akibat dari berpindahnya organisme *zooxanthellae* sebagai pemberi warna dan pendukung utama terumbu karang untuk bisa berfotosintesis untuk menghasilkan nutrisi (Jaksha, 2010). Secara umum, penyebab kerusakan terumbu karang dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu yang dipengaruhi oleh faktor alam dan ulah manusia.

**Faktor alam** sebagai penyebab kerusakan karang yaitu adanya pemangsa karang yang ganas seperti *Acanthaster planci* atau ikan bulu seribu (*Acanthaster spp.*) adalah hama yang menyerang di antara banyak terumbu karang Indo-Pasifik yang menyebabkan kerusakan ekologi dan ekonomi yang substansial. (MacNeil et al., 2016), Peningkatan suhu global sebesar 2 °C sebagai respons terhadap El Niño Pasifik dapat menyebabkan *bleaching* pada terumbu karang (DeCarlo et al., 2017).

Kerusakan terumbu karang juga bisa dikarenakan **kegiatan manusia** seperti risiko dan tingkat keparahan dampak dari pengerukan (dan gangguan sedimen lainnya) pada karang terutama terkait dengan intensitas, durasi dan frekuensi paparan terhadap peningkatan kekeruhan dan sedimentasi (Erftemeijer et al., 2012), juga disebabkan oleh sebagian besar alat tangkap yang hilang terbuat dari plastik non-biodegradable yang tenggelam ke dasar laut atau terbawa arus. Karang berbatu memiliki kerangka dan jaringan lunak yang rapuh yang dapat dengan mudah rusak jika bersentuhan dengan alat tangkap yang hilang (Valderrama Ballesteros et al., 2018), kerusakan parah juga bisa disebabkan oleh akibat tabrakan kapal, seperti tabrakan kapal Caledonian Sky di Raja Ampat (Witomo et al., 2017). Hasil dan pembahasan memuat hasil-hasil yang diperoleh penulis selama melakukan penelitian. Hasil penelitian disampaikan terlebih dahulu secara keseluruhan, kemudian dilanjutkan dengan bagian diskusi/pembahasan. Hasil dan pembahasan naskah Anda juga berkaitan dengan teori yang Anda gunakan. Pembahasan disajikan secara sistematis, yaitu dari **yang umum kemudian mengarah ke yang khusus**. Penyajian hasil penelitian dapat dilakukan dengan bantuan tabel, gambar/grafik, peta/rencana, dan skema.

#### 3.2 Upaya pemulihan terumbu karang

Pentingnya peran terumbu karang dalam biota laut perlu mendapat perhatian. Berbagai potensi kerusakan pada ekosistem terumbu karang menjadikan studi upaya-upaya pemulihan menjadi

penting. Sebuah penelitian yang dilakukan Ladd et al. (2020) menunjukkan bahwa kajian mengenai terumbu karang terus meningkat pada kurun waktu 1901-2019. Pada konsep restorasi terumbu karang, penelitian mengenai metode yang digunakan dan dampak ekologi yang ditimbulkan lebih dominan dibandingkan kajian mengenai dampak lainnya seperti finansial dan sosial. Selain itu, metode mengenai restorasi terumbu karang yang sering dikaji dalam penelitian lebih banyak bersifat eksperimental dan *review*.

Beberapa teknik mengenai restorasi terumbu karang memiliki tingkat kesulitan dan keberhasilannya masing-masing. Studi yang dilakukan oleh Boström-Einarsson et al.

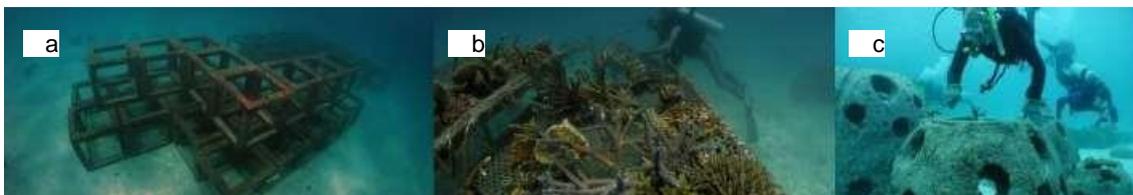
(2020) membantu menjelaskan bahwa teknik restorasi terumbu karang harus dilakukan sesuai dengan karakteristik wilayah target serta permasalahan atau penyebab kerusakan utama yang dihadapi. Metode pada kegiatan restorasi terumbu karang sangat beragam. Namun demikian, berdasarkan objektivitas dari tujuan teknik dan metode restorasi tersebut dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua), yaitu restorasi fisik dan restorasi biologis.

### 3.3 Restorasi fisik

Restorasi fisik lebih menekankan kepada perbaikan terumbu karang melalui pendekatan teknik. Restorasi fisik biasanya digunakan untuk membantu memulihkan ekosistem terumbu karang yang rusak secara cukup luas, seperti yang diakibatkan oleh kandasnya perahu, pengeboman ikan, hingga penambangan karang. Cara restorasi ini juga dilakukan secara struktural dengan memanfaatkan media seperti bangkai kapal yang ditenggelamkan, atau relokasi bebatuan/gumpalan karang mati. Tujuannya adalah untuk meningkatkan jumlah struktur dan habitat terumbu yang tersedia bagi terumbu karang dan organisme terumbu lainnya untuk tumbuh. Restorasi fisik dilakukan untuk mempermudah proses restorasi biologis yang diharapkan berlangsung setelahnya.

Selain karena sasarannya adalah wilayah yang cukup luas serta membutuhkan waktu yang tidak sebentar, penggunaan media sebagai sarana restorasi secara fisik menyebabkan metode ini memerlukan biaya yang sangat besar. Edwards *et al.* (2007) memberikan estimasi biaya yang dikeluarkan untuk restorasi fisik terumbu karang yaitu berkisar US\$ 100.000-1.000.000 per-hektar. Studi lain yang dilakukan oleh Salvat *et al.* (2002) juga menggambarkan mahalnya biaya restorasi fisik yang dilakukan untuk memulihkan terumbu karang di Bora-Bora (French Polynesia) yang memakan biaya hingga US\$ 1.601.000. Dikarenakan biaya yang dibutuhkan untuk restorasi fisik tidak sedikit, maka restorasi fisik perlu melibatkan banyak tim ahli dari berbagai disiplin ilmu terkait seperti oseanografi, biologi, dan teknik sipil.

Orientasi restorasi fisik adalah menyediakan media untuk tumbuh dan habitat yang sesuai untuk terumbu karang bisa tumbuh melalui pendekatan teknik. Teknik yang umum digunakan adalah melalui **karang buatan (*artificial reefs*)**. *Artificial reefs* sederhana dapat diterapkan dengan menenggelamkan bahan-bahan seperti bongkahan batu karang atau beton untuk media tumbuh terumbu karang di wilayah yang ingin direstorasi (Gambar 1a). Teknik ini memakan waktu cukup lama untuk dapat dilihat hasilnya, meskipun demikian keberhasilannya cukup menjanjikan. Studi yang dilakukan oleh Hammond *et al.* (2020) menunjukkan bahwa pada wilayah yang diberi perlakuan restorasi melalui *artificial reefs*, dapat meningkatkan tingkat keberagaman ikan yang ada di wilayah Port Coogee Marina, Western Australia.



Gambar 1. (a) Konstruksi *artificial reef*; (b) Teknik *biorock*; (c) *Reefball*  
(Goreau & Hilbertz, 2005; Harris et al., 2007; New Heaven Reef Conservation Program, 2016)

Pengembangan lebih lanjut dari *artificial reefs* sederhana sebagai habitat terumbu karang salah satunya melalui teknik **Biorock**. Teknik ini memodifikasi struktur karang buatan dengan menggunakan arus listrik bertegangan rendah untuk memperbaiki kondisi pertumbuhan terumbu karang dan organisme terumbu lainnya (Gambar 1b). Goreau *et al.* (2005) menyatakan bahwa teknik ini akan mempengaruhi karang, kerang, dan organisme lain yang mensekresi kalsium karbonat, dapat tumbuh rata-rata 3 hingga 5 kali lebih cepat. Teknik lainnya dalam pengembangan *artificial reefs* yaitu *Reefball* dan *EcoReef* (Gambar 1c).



### 3.4 Restorasi biologis

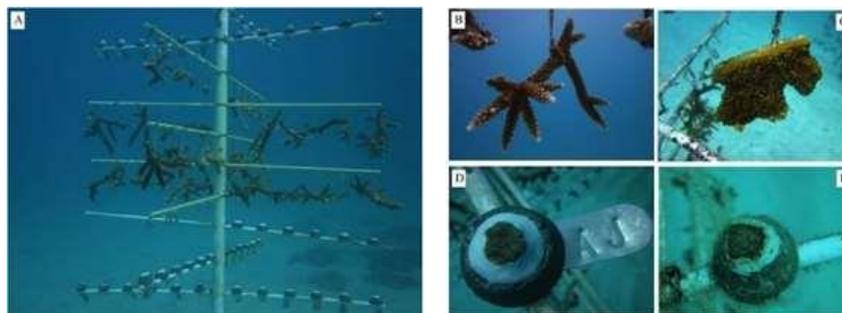
Pemulihan karang secara biologis merupakan salah satu upaya pemulihan karang yang dilakukan secara aktif seperti transplantasi dan budidaya karang atau biota lainnya pada kawasan yang sudah rusak (Edwards & Gomez, 2007). Selain kedua upaya tersebut, restorasi biologis terumbu karang juga dapat dilakukan cara *coral gardening*, serta pemantauan dan perawatan untuk karang yang masih sehat. Menurut Hein *et al.*, (2020) keberhasilan restorasi dapat didefinisikan sebagai peningkatan fungsi terumbu yang mengarah pada peningkatan jasa ekosistem, dengan banyak manfaat pada skala sosio-ekologis. Sehingga, proses restorasi terumbu karang selain untuk upaya mengembalikan kondisinya, juga dapat meningkatkan nilai sosial masyarakat dan ini tentu akan berdampak pada perekonomian juga.

**Transplantasi Karang.** Untuk proses transplantasi karang, harus dilakukan dengan mempertimbangkan manfaat, kecepatan pemulihan, dan meningkatkan persepektif visual (Jaap, 2020). Selain itu, proses restorasi dengan transplantasi harus melihat sumber bibit yang akan digunakan untuk transplantasi. Menurut Westmacott *et al.*, (2000) sumber untuk transplantasi karang harus dipilih secara hati-hati guna menghindari kerusakan bagi terumbu lainnya. Secara biaya, proses transplantasi jauh lebih murah dibandingkan dengan proses budidaya terumbu karang, namun menurut (Westmacott *et al.*, (2000) tingkat kesuksesannya rendah, karena karang yang ditransplantasi cenderung lebih rentan terhadap tekanan. Proses transplantasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Transplantasi karang  
(Edwards & Gomez, 2007)

**Coral Gardening.** Upaya pemulihan ini adalah upaya baru dengan memadukan pendekatan teknik dan restorasi ekologi sehingga memberikan nilai tambah pada sejumlah karang yang ditanam di pembibitan ke substrat yang direhabilitasi (Lirman & Schopmeyer, 2016). Didalam penelitian mereka di Karibia, Lirman & Schopmeyer, (2016) menemukan bahwa pendekatan teknik masih diperlukan dalam kasus di mana substrat tetap tidak stabil sehingga tidak memadai untuk transplantasi yang berhasil atau rekrutmen karang alami atau bantuan.



Gambar 3. *Coral gardening*  
(Lirman & Schopmeyer, 2016)

**Budidaya Karang.** Upaya pemulihan terumbu karang dengan cara budidaya dapat dibedakan menjadi budidaya aseksual dan seksual. Menurut Edwards & Gomez, (2007) Budidaya aseksual bertujuan untuk (1) memaksimalkan manfaat dari sejumlah bahan dasar dan meminimalkan kerusakan kawasan donor, (2) untuk menumbuhkan fragmen menjadi koloni kecil dengan kesintasan yang lebih tinggi jika dibandingkan fragmen kecil yang ditransplantasi langsung ke terumbu, dan (3) untuk menyediakan stok karang-karang kecil yang siap ditransplantasi jika terjadi kerusakan mendadak seperti dampak tertabrak kapal. Sedangkan untuk budidaya aseksual, memiliki dua keunggulan utama yaitu minimnya fragmen yang dibutuhkan sehingga mengurangi efek samping ke terumbu donor, dan keragaman genetik lebih terjamin karena bukan klon.

#### 4. Kesimpulan

Peran penting terumbu karang dalam biota laut perlu dijaga keberlangsungannya. Ekosistem terumbu karang merupakan salah satu ekosistem dengan kerentanan yang tinggi. Apabila telah rusak, maka membutuhkan waktu yang tidak sebentar untuk pemulihannya. Potensi kerusakan terumbu karang mayoritas berasal dari ulah manusia, meskipun juga dapat dipicu pula oleh bencana alam. Kegiatan restorasi terhadap terumbu karang bisa ditempuh melalui dua pendekatan, yaitu restorasi fisik dan restorasi biologi. Masing-masing pendekatan tersebut memiliki pengembangan teknik yang beragam dengan tujuan utama untuk pemulihan ekosistem terumbu karang.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim IASSSF karena telah mendukung penulisan penelitian ini

#### Kontribusi Penulis

Semua penulis berkontribusi penuh atas penulisan artikel ini

#### Pendanaan

Penelitian ini tidak menggunakan pendanaan eksternal.

#### Pernyataan Dewan Peninjau Etis

Tidak berlaku.

#### Pernyataan *Informed Consent*

Tidak berlaku.

#### Pernyataan Ketersediaan Data

Tidak berlaku.

#### Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan

#### Akses Terbuka

©2024. Artikel ini dilisensikan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution 4.0, yang mengizinkan penggunaan, berbagi, adaptasi, distribusi, dan reproduksi dalam media atau format apa pun. selama Anda memberikan kredit yang sesuai kepada

penulis asli dan sumbernya, berikan tautan ke lisensi Creative Commons, dan tunjukkan jika ada perubahan. Gambar atau materi pihak ketiga lainnya dalam artikel ini termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel tersebut, kecuali dinyatakan lain dalam batas kredit materi tersebut. Jika materi tidak termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel dan tujuan penggunaan Anda tidak diizinkan oleh peraturan perundang-undangan atau melebihi penggunaan yang diizinkan, Anda harus mendapatkan izin langsung dari pemegang hak cipta. Untuk melihat salinan lisensi ini, kunjungi: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Daftar Pustaka

- 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. <https://doi.org/10.20473/jipk.v10i2.10516>
- Boström-Einarsson, L. (2020). Coral restoration – A systematic review of current methods, successes, failures and future directions Lisa. *PLoS ONE*, 13(7), 1–24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226631>
- DeCarlo, T. M., Cohen, A. L., Wong, G. T. F., Davis, K. A., Lohmann, P., & Soong, K. (2017). Mass coral mortality under local amplification of 2 °c ocean warming. *Scientific Reports*, 7, 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep44586>
- Edwards, A., & Gomez, E. (2007). Restoration and Remediation Concepts and Guidelines: Making sensible management choices in the face of uncertainty. In *Gef. The Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management (CRTR) Program*. <https://webcat.niwa.co.nz/documents/9781921317002.pdf>
- Erftemeijer, P. L. A., Riegl, B., Hoeksema, B. W., & Todd, P. A. (2012). Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 64(9), 1737–1765. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.05.008>
- Goreau, T., & Hilbertz, W. (2005). Marine ecosystem restoration: costs and benefits for coral reefs. *World Resource Review*, 17(3), 375–409. [https://globalcoral.org/\\_oldgcr/WRR%20Goreau%20&%20Hilbertz%202005.pdf](https://globalcoral.org/_oldgcr/WRR%20Goreau%20&%20Hilbertz%202005.pdf)
- Hadi, T. ., Giyanto, Prayudha, B., Hafizt, M., Budiyanto, A., & Suharsono. (2009). *Terumbu Karang Indonesia*. 39.
- Hammond, M., Bond, T., Prince, J., Hovey, R. K., & McLean, D. L. (2020). An assessment of change to fish and benthic communities following installation of an artificial reef. *Regional Studies in Marine Science*, 39, 101408. <https://doi.org/10.1016/j.risma.2020.101408>
- Harris, L. E., & Ph, D. (2007). *Designed Reefs for Reef and Coastal Restoration and Erosion Potential Applications for the City of Herzlia , Israel*.
- Hein, M. Y., Beeden, R., Birtles, A., Gardiner, N. M., Berre, T. Le, Levy, J., Marshall, N., Scott, C. M., Terry, L., & Willis, B. L. (2020). Coral Restoration Effectiveness: Multiregional Snapshots of the Long-Term Responses of Coral Assemblages to Restoration. *Diversity*, 12, 1–22. <https://doi.org/10.3390/d12040153>
- Jaap, W. C. (2020). *Coral Reef Restoration*. 15. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00085-9](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00085-9)
- Jaksha, A. P. (2010). Biodiversity in the Ocean. *National Geographic: One Ocean*, 42–63. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00085-9](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00085-9)
- Ladd, M. C., & Shantz, A. A. (2020). Trophic interactions in coral reef restoration: A review. *Food Webs*, 24, e00149. <https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2020.e00149>
- Lirman, D., & Schopmeyer, S. (2016). Ecological solutions to reef degradation : optimizing coral reef restoration in the Caribbean and Western Atlantic. *PeerJ*, 1–20. <https://doi.org/10.7717/peerj.2597>
- MacNeil, M. A., Mellin, C., Pratchett, M. S., Hoey, J., Anthony, K. R. N., Cheal, A. J., Miller, I., Sweatman, H., Cowan, Z. L., Taylor, S., Moon, S., & Fongnesbeck, C. J. (2016). Joint

- estimation of crown of thorns (*Acanthaster planci*) densities on the Great Barrier Reef. *PeerJ*, 2016(8), 1–18. <https://doi.org/10.7717/peerj.2310>
- Muhlis, M. (2011). Ekosistem Terumbu Karang Dan Kondisi Oseanografi Perairan Kawasan Wisata Bahari Lombok. *Berkala Penelitian Hayati*, 16(2), 111–118. <https://doi.org/10.23869/bphjbr.16.2.20112>
- Ramadhan, A., Lindawati, L., & Kurniasari, N. (2017). Nilai Ekonomi Ekosistem Terumbu Karang Di Kabupaten Wakatobi. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 11(2), 133. <https://doi.org/10.15578/jsekp.v11i2.3834>
- Salvat, B., Chancerelle, Y., Schrimm, M., Morancy, R., Porcher, M., & Aubanel, A. (2002). Restauration d'une zone corallienne dégradée et implantation d'un jardin corallien. *Rev. Ecol. Supp*, 9, 81–96. <https://hal.science/hal-03529942/document>
- Valderrama Ballesteros, L., Matthews, J. L., & Hoeksema, B. W. (2018). Pollution and coral damage caused by derelict fishing gear on coral reefs around Koh Tao, Gulf of Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, 135(March), 1107–1116. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.033>
- Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S., & West, J. (2000a). *Pengelolaan Terumbu Karang yang Telah Kritis*. IUCN The World Conversation Union.
- Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S., & West, J. (2000b). *Pengelolaan Terumbu Karang yang Telah Memutih dan Rusak Kritis*. IUCN.
- Witomo, C. M., Firdaus, M., Soejarwo, P. A., Muawanah, U., Ramadhan, A., Pramoda, R., & Koeshendrajana, S. (2017). *Estimated Economic Loss Of Coral Reefs Due To Ship Caledonian Sky Shipping In King Ampat*. 021.

**Biografi Penulis**

**DONAR SAGALA** , Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia .

- Email: [donar.sagala@ui.ac.id](mailto:donar.sagala@ui.ac.id)
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

**LISA MEIDIYANTI LAUTETU** , Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia

- Email: [lisa.meidiyanti@ui.ac.id](mailto:lisa.meidiyanti@ui.ac.id)
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

**M. BAYU RIZKY PRAYOGA** , Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia

- Email: [m.bayu01@ui.ac.id](mailto:m.bayu01@ui.ac.id)
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

**ROHADATUL AISY AFLA** , Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia

- Email: [rohadatul.aisy01@ui.ac.id](mailto:rohadatul.aisy01@ui.ac.id)
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -