

MODUL PELATIHAN PEMULIHAN TERUMBU KARANG

di Perairan Oesina, Desa Lifuleo, Kecamatan Kupang Barat,
Kabupaten Kupang

Tahun 2024



MODUL PELATIHAN

PEMULIHAN TERUMBU KARANG

**di Perairan Oesina, Desa Lifuleo, Kecamatan Kupang Barat,
Kabupaten Kupang**

Modul Pemulihan Terumbu Karang ini Merupakan Panduan bagi Pemerintahan Desa/Kampung agar dapat Merencanakan, Menganggarkan, dan Melaksanakan Pemulihan Terumbu Karang dengan Berorientasi bagi Kesejahteraan Masyarakat Pesisir Laut dan Pengelolaan Wilayah Pesisir Laut Secara Lestari dan Berkelanjutan sesuai dengan SDGs Desa dan Mengacu pada Sistem Keuangan Desa

DITERBITKAN OLEH

YAPEKA

Jl. Kresna Raya no. 56, Perum Bumi
Indraprasta,
Bantarjati, Bogor Utara, Kota Bogor,
Jawa Barat 16153

Email: yapeka@yapeka.or.id

www.yapeka.or.id

Cetakan pertama

Foto sampul: YAPEKA/Elisabeth Astari

MODUL PELATIHAN

PEMULIHAN TERUMBU KARANG DI PERAIRAN OESINA, DESA LIFULEO, KECAMATAN KUPANG BARAT, KABUPATEN KUPANG

PENYUSUN

Muhammad Hilmi
Rafella Dorcas Dyah Magdhalena
Lenni Maretta Sitingjak

EDITOR

Elisabeth Astari
Picessylia Anakay
Faldy Pinto

KONTRIBUTOR

BKKPN Kupang
Fredik Ngili
Akbar A Digdo
Agustinus Wijayanto
Ma'ruf Erawan
Topan Cahyono,

DOKUMENTASI

YAPEKA
BKKPN Kupang

TATA LETAK

Langgeng Arief Utomo

SAMBUTAN

Ekosistem terumbu karang Indonesia telah diakui sebagai salah satu ekosistem paling beragam di dunia. Ekosistem ini turut menunjang kehidupan masyarakat dalam pemenuhan kebutuhan ekonomi dan memiliki fungsi fisik sebagai pelindung pantai dari abrasi dari gelombang pasang. Akan tetapi, tingginya keragaman aktifitas pemanfaatan oleh manusia dan perubahan iklim yang terjadi membuat ekosistem ini mengalami kerentanan kerusakan di berbagai daerah.

Dalam beberapa dekade terakhir, berbagai kegiatan restorasi dengan menggunakan beragam metode telah dilakukan di perairan pesisir Indonesia. Metode dan bahan yang digunakan dalam kegiatan ini sangat bervariasi mengikuti keadaan dan kebutuhan lokasi restorasi. Berbagai inisiatif pemerintah, LSM lokal dan internasional, perusahaan swasta, dan masyarakat pesisir juga telah memulai kegiatan perbaikan kerusakan terumbu karang atau restorasi dengan menyertakan berbagai pihak yang berkaitan langsung pada pelestarian terumbu karang.

Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) serta Pemerintah Daerah hingga saat ini telah mengaplikasikan fungsi konservasi dalam perlindungan dan pelestarian khususnya di area kawasan konservasi Taman Nasional Perairan (TNP) Laut Sawu. Kawasan Konservasi ini memiliki peran penting bagi kehidupan biota di lautnya dan kemanfaatan yang nyata untuk masyarakat sekitar. Berbagai program kegiatan, kolaborasi, dan inovasi telah banyak dilakukan guna pemulihan ekosistem terumbu karang, salah satunya dengan pembuatan modul Pemulihan Terumbu Karang di Perairan Oesina Desa Lifuleo Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang.

Modul ini disusun sebagai upaya berbagai pihak pelestari alam laut yang dapat digunakan sebagai acuan dalam peningkatan kualitas dan pemanfaatan alam di Desa Lifuleo. Secara khusus, modul ini disusun untuk kemudahan melakukan restorasi terumbu karang, meningkatkan partisipatif masyarakat, dan meningkatkan kesadaran masyarakat di perairan Desa Lifuleo dalam menjaga kelestarian alam di ekosistem terumbu karang.

Kupang, Januari 2024

Kepala BKKPN Kupang

Imam Fauzi, S.Si., M.Eng.

KATA PENGANTAR

Dengan rendah hati, YAPEKA mempersembahkan Modul Pemulihan Terumbu Karang sebagai bagian integral dari inisiatif Proyek “Penguatan Komunitas Lokal dalam Restorasi Terumbu Karang Desa Lifuleo, Kabupaten Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur, Indonesia”. Dalam perjalanan yang disokong oleh dana Hibah Proyek Blue Partnership Action Fund, upaya kolaboratif antara YAPEKA dan BKKPN Kupang mewujudkan modul ini sebagai suatu alat bantu yang berharga untuk mendukung komunitas lokal Desa Lifuleo dalam menjalankan upaya pemulihan terumbu karang di wilayah Perairan Taman Nasional Laut Sawu, terutama di sekitar Perairan Oesina.

Modul ini disusun dengan tujuan untuk memberikan panduan yang komprehensif dan praktis bagi para pelaku lokal yang terlibat dalam upaya pemulihan terumbu karang. Melalui pengetahuan yang terperinci, panduan praktis, dan informasi terkini yang disajikan di dalamnya, kami berharap modul ini dapat memberikan landasan yang kokoh bagi komunitas Desa Lifuleo dan desa-desa pesisir lain dalam melanjutkan dan meningkatkan prakarsa mereka dalam memulihkan ekosistem terumbu karang yang berharga.

Kami berharap modul ini akan menjadi sumber inspirasi, pengetahuan, dan panduan yang berharga bagi para pelaku konservasi terumbu karang lokal. Semoga langkah kecil ini dapat mengawali perjalanan yang lebih luas dan berkelanjutan dalam memperkuat keberlanjutan ekosistem terumbu karang serta melindungi kekayaan alam yang menjadi warisan kita bersama. Atas nama tim penyusun, kami mengucapkan terima kasih atas dukungan dan kerjasama semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan modul ini.

Bogor, Januari 2024

Hormat kami,
CEO YAPEKA

Akbar A. Digdo, S.Si., M.Sc.

DAFTAR ISI

SAMBUTAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	1
1.3 Sasaran	2
BIOEKOLOGI TERUMBU KARANG	3
2.1 Ekosistem Terumbu Karang	3
2.1.1 Reproduksi	3
2.1.2 Habitat dan Sebaran	6
2.1.3 Asosiasi Karang dengan Zooxanthellae	6
2.1.4 Pertumbuhan Karang	7
2.2 Peran dan Fungsi Ekosistem Terumbu Karang	10
2.3 Ancaman Terhadap Ekosistem Terumbu Karang	10
TEKNIK PEMULIHAN (RESTORASI) TERUMBU KARANG	11
3.1 Transplantasi Karang Metode Spider-web	11
3.1.1 Alat dan Bahan	11
3.1.2 Pembuatan Rangka Spider-web	17
3.1.3 Pembuatan Larutan Resin dan Pelapisan pada Rangka Spider-web	20
3.1.4 Pemilihan dan Pengambilan Bibit.....	21
3.1.5 Pengikatan Bibit dan Penurunan Rangka Spider-web	21
3.1.6 Pemantauan dan Perawatan Transplantasi Karang	23
3.2 Pemulihan Terumbu Karang Metode Bioreeftek.....	24
3.2.1 Alat dan Bahan	24
3.2.2 Pembuatan Media Bioreeftek	29
3.2.3 Peletakan Media Bioreeftek.....	30
3.2.4 Pemantauan dan Perawatan	31
3.2.5 Pemindahan Media Bioreeftek	32
PELAKSANAAN KEGIATAN	33

4.1 Sosialisasi	33
4.2 Bimbingan Teknis (Bimtek) Pemulihan Terumbu Karang.....	33
4.3 Persiapan Alat dan Bahan.....	33
4.4 Praktek Merangkai Alat dan Bahan.....	33
4.5 Pengambilan Bibit dan Pemotongan Fragmen Karang.....	34
PENUTUP.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ilustrasi Polip Karang.....	3
Gambar 2. Ilustrasi Pertunasan Karang	4
Gambar 3. Ilustrasi Fragmentasi Karang.....	4
Gambar 4. Ilustrasi Reproduksi Seksual Spawning	5
Gambar 5. Segitiga Karang Dunia.....	6
Gambar 6. Predator Karang, Keong Drupella	8
Gambar 7. Bentuk Koloni Karang	9
Gambar 8. Proses pemotongan besi menjadi beberapa ukuran berbeda	18
Gambar 9. Proses pembengkokan rangka besi utama.....	18
Gambar 10. Proses perakitan dan pengelasan besi	19
Gambar 11. Ilustrasi Rangka <i>Spider-web</i>	19
Gambar 12. Pembuatan larutan resin untuk melapisi rangka <i>spider-web</i>	20
Gambar 13. Pengikatan fragmen karang pada rangka <i>spider-web</i> sebelum diturunkan.....	21
Gambar 14. Pemotongan kabel ties yang berlebih untuk merapikan ikatan fragmen karang .	22
Gambar 15. Ilustrasi Cetakan Semen Bioreeftek	29
Gambar 16. Ilustrasi Media Bioreeftek.....	30
Gambar 17. Proses Pembuatan Media Bioreeftek.....	31

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Taman Nasional Perairan (TNP) Laut Sawu memiliki ekosistem terumbu karang dengan luas 15.555,9 Ha yang berperan penting bagi kehidupan biota di laut. Ekosistem ini menunjang kehidupan masyarakat untuk pemenuhan kebutuhan ekonomi dan memiliki fungsi fisik sebagai pelindung pantai dari abrasi dan ancaman gelombang pasang. Perairan Oesina terletak di Desa Lifuleo, Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang merupakan salah satu perairan dalam kawasan TNP Laut Sawu memiliki ekosistem terumbu karang yang telah dimanfaatkan oleh masyarakat pesisir Oesina Desa Lifuleo untuk pemenuhan kebutuhan ekonomi dengan melakukan kegiatan penangkapan ikan dan biota laut lainnya. Ekosistem terumbu karang ini juga telah memberikan perlindungan fisik bagi pantai Oesina sehingga potensi pantai berpasir putih dapat dipertahankan dan menjadi icon wisata pantai yang berkembang dengan baik.

Berdasarkan hasil monitoring BKKPN Kupang sebagai pengelola TNP Laut Sawu yang dilakukan pada tahun 2018-2022, kondisi ekosistem terumbu karang di perairan ini memiliki tutupan karang yang bervariasi mulai dari 3,1% sampai dengan 43,8% berada dalam kondisi buruk sampai sedang (BKKPN Kupang, 2022; YAPEKA, 2023). Buruknya tutupan karang pada beberapa stasiun pengamatan lebih disebabkan karena praktek penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan sehingga menyebabkan kerusakan ekosistem terumbu karang (BKKPN Kupang, 2018). Untuk memulihkan kondisi ekosistem terumbu karang di perairan Oesina, Desa Lifuleo, BKKPN Kupang telah bekerjasama dengan PLN dan YAPEKA melakukan kegiatan transplantasi karang sejak tahun 2022 (Wijayanto, 2022) menggunakan metode spider-web, dan pada tahun 2023 YAPEKA menginisiasi program Penguatan Komunitas Lokal dalam Restorasi Ekosistem Terumbu Karang dimana salah satu keluaran dari program ini adalah tersedianya modul restorasi atau pemulihan ekosistem terumbu karang yang dapat dijadikan rujukan masyarakat dalam melakukan pemulihan ekosistem terumbu karang dengan metode sederhana dan aplikatif di kawasan konservasi TNP Laut Sawu.

1.2 Tujuan

Tujuan penyusunan modul pemulihan ekosistem terumbu karang ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai panduan untuk melakukan restorasi terumbu karang di perairan Desa Lifuleo, Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang;
2. Meningkatkan partisipasi aktif masyarakat dalam kegiatan restorasi ekosistem terumbu karang;
3. Meningkatkan kesadaran masyarakat untuk menjaga kelestarian ekosistem terumbu karang.

1.3 Sasaran

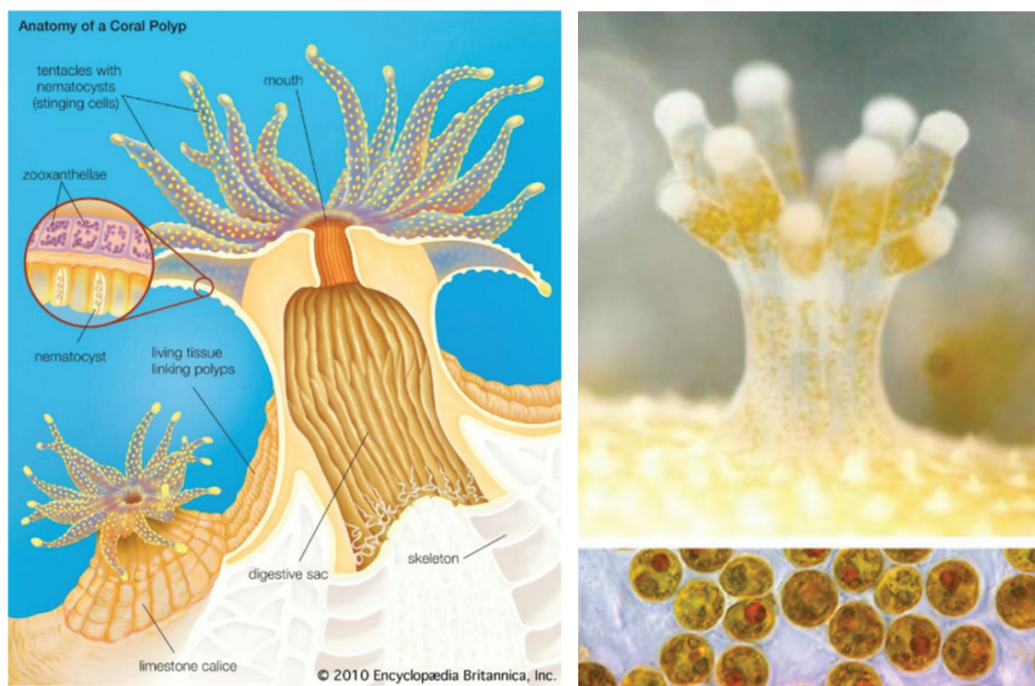
Sasaran penyusunan modul pemulihan ekosistem terumbu karang ini adalah tersusunnya modul yang dapat digunakan oleh masyarakat sebagai panduan dalam melakukan restorasi ekosistem terumbu karang di Desa Lifuleo, Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang.



BIOEKOLOGI TERUMBU KARANG

2.1 Ekosistem Terumbu Karang

Karang adalah hewan yang dikenal sebagai hewan kecil yang hidup dalam koloni (polip) yang termasuk dalam filum *Cnidaria* (Reid *et al.* 2009). Dalam bentuk sederhana karang dapat terdiri dari satu polip saja, dalam banyak spesies karang, individu karang berkembang menjadi banyak individu yang disebut dengan koloni karang. Setiap polip memiliki bentuk tubuh seperti kantung berserat dengan cincin tentakel yang mengelilingi mulutnya, dan tampak seperti anemon kecil. Terumbu karang merupakan ekosistem yang dibangun oleh biota laut penghasil kapur, terutama oleh hewan karang, bersama-sama dengan biota lain yang hidup di dasar laut maupun kolom air (Allen & Steene, 1994 dalam Lalamentik & Rembet, 2018).



Gambar 1. Ilustrasi Polip Karang (Sumber: MARRS, 2020)

2.1.1 Reproduksi

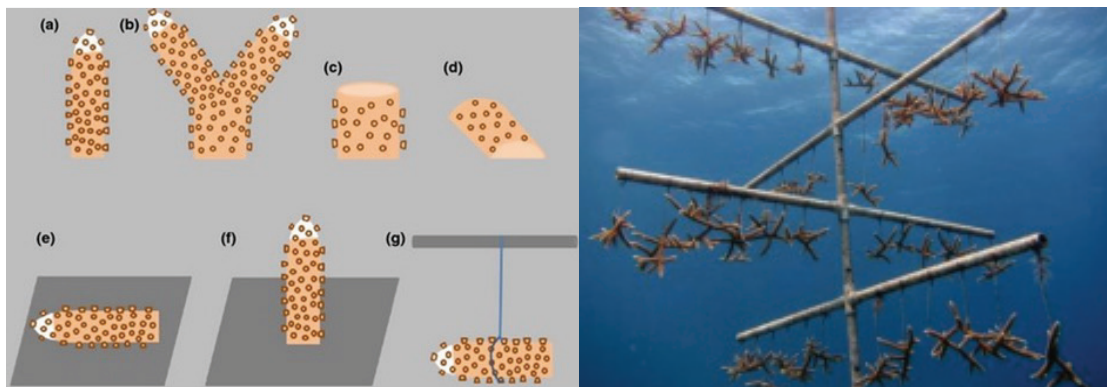
Reproduksi karang dapat terjadi secara seksual dan asexual. Reproduksi asexual terjadi melalui berbagai cara, yang diuraikan sebagai berikut (Sadili, dkk., 2015):

- a. **Pertunasan intratentakular dan esktratentakular.** Pertunasan secara intratentakular adalah satu polip membelah menjadi dua polip, polip yang baru tumbuh dari polip yang lama. Pertunasan ekstratentakular, yaitu tumbuhnya polip baru di antara polip-polip lama.



Gambar 2. Ilustrasi Pertunasan Karang: (No. 1 dan 2) Pertunasan intratentakular; (No.3) Pertunasan ekstrasentakular (Sumber: MARRS, 2020)

- b. Fragmentasi.** Fragmentasi yaitu koloni baru terbentuk oleh patahan karang. Patahan karang yang lepas dapat menempel di dasar perairan dan membentuk tunas, serta koloni baru. Proses ini pada umumnya terjadi pada karang bercabang (*branching coral*) yang mudah sekali patah, namun laju pertumbuhannya sangat cepat.



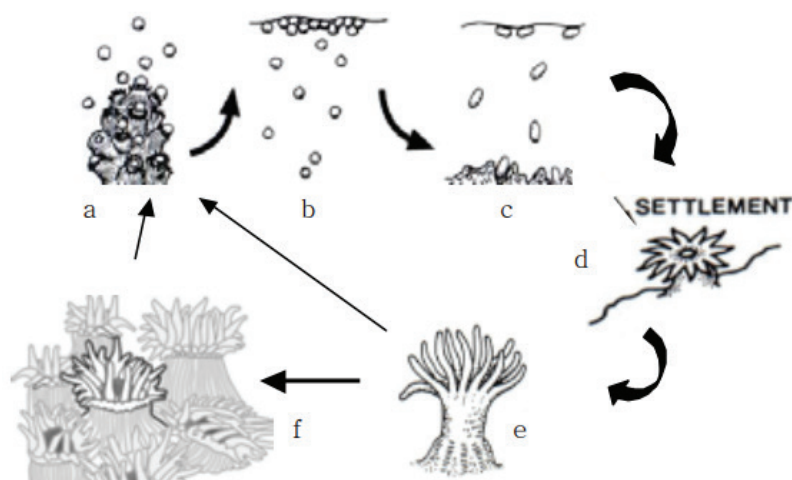
Gambar 3. Ilustrasi Fragmentasi Karang (Sumber: MARRS, 2020)

- c. Polip Bail-Out.** *Polip bail-out* adalah pembentukan polip dari koloni karang mati. Pada karang yang mati, kadang kala jaringan-jaringan yang masih hidup dapat meninggalkan skeletonya dan terbawa oleh air. Jika jaringan hidup tersebut menempel pada substrat yang sesuai, maka jaringan tersebut dapat tumbuh dan membentuk polip, serta koloni baru. Pada karang *Seriatopora hystrix*, proses *polip bail-out* ini merupakan respon terhadap stres sekaligus sebagai proses reproduksi. Individu polip awalnya menempel pada rangka kapur yang lama, lalu terbawa oleh arus air, kemudian melekat pada substrat yang baru.

- d. **Partogenesis.** Partenogenesis adalah pertumbuhan larva karang dari sel telur yang tidak terbuahi. Proses pembentukan ini dimungkinkan karena bahan aktivator yang digunakan untuk mengaktivasi sel telur (oosit) mampu memicu oosit untuk menyelesaikan fase-fase dalam pembelahannya.

Sementara, berdasarkan mekanisme reproduksi seksual pada karang, dibagi menjadi dua jenis pembuahan, antara lain:

- a. **Tipe brooding** (pembuahan internal), sel telur dan sperma tidak dilepaskan ke kolom air, kemudian zigot berkembang menjadi larva planula dalam tubuh polip induk, selanjutnya planula dilepaskan ke kolom air.
- b. **Tipe spawning** (pembuahan eksternal), karang melepaskan sel telur dan sperma ke dalam kolom air dan pembuahan terjadi beberapa jam setelah sel telur dan sperma dilepaskan.



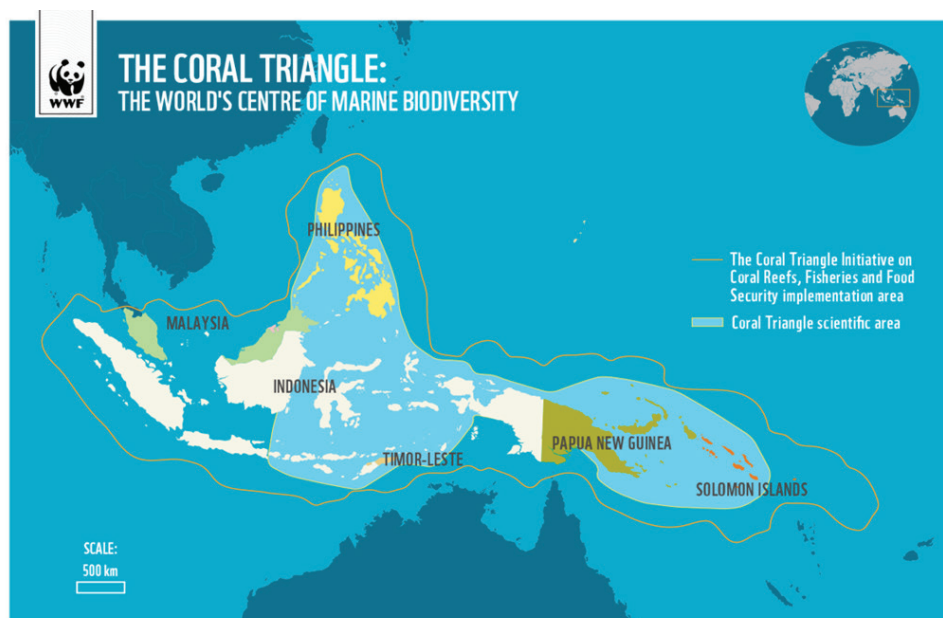
Gambar 4. Ilustrasi Reproduksi Seksual Spawning
(Sumber: Richmond, 2001)

Siklus reproduksi seksual *spawning* karang secara umum (lihat Gambar 4) dijelaskan sebagai berikut (Richmond, 2001):

- Sel telur dan sperma dilepaskan ke kolom air
- Fertilisasi menjadi zigot terjadi di permukaan air
- Zigot berkembang menjadi larva planula yang kemudian mengikuti pergerakan air. Bila menemukan dasar yang sesuai, maka planula akan menempel di dasar
- Planula akan tumbuh menjadi polip
- Terjadi kalsifikasi (proses yang menghasilkan kapur dan pembentukan rangka karang)
- Membentuk koloni karang

2.1.2 Habitat dan Sebaran

Terumbu karang tersebar di laut dangkal di daerah tropis hingga subtropis, yaitu 32°LU hingga 32°LS mengelilingi bumi. Garis lintang tersebut merupakan batas maksimum dimana karang dapat tumbuh. Ekosistem terumbu karang sebagian besar terdapat di perairan tropis, umumnya karang hidup di pinggir pantai atau daerah yang masih terkena cahaya matahari kurang lebih 50m di bawah permukaan laut. Karang pembentuk terumbu hanya dapat tumbuh dengan baik pada daerah tertentu, seperti pulau-pulau yang sedikit mengalami sedimentasi atau di sebelah barat benua yang umumnya tidak terpengaruh oleh adanya arus dingin yang berasal dari kutub selatan (Suharsono, 2008). Bahkan, Indonesia masuk ke dalam wilayah segitiga terumbu karang dunia, yakni merupakan kawasan dengan jenis terumbu karang terkaya di dunia dan menjadi prioritas konservasi maritim (lihat Gambar 5).



Gambar 5. Segitiga Karang Dunia
(Sumber: WWF, 2018).

2.1.3 Asosiasi Karang dengan *Zooxanthellae*

Terumbu karang hidup bersama *zooxanthellae*, melalui sebuah simbiosis yang menguntungkan satu sama lain. *Zooxanthellae* adalah alga yang bersimbiosis pada hewan, seperti karang, anemon, moluska dan lainnya. Meski dapat hidup tidak terikat induk, sebagian besar *zooxanthellae* melakukan simbiosis. Dalam asosiasi ini, karang mendapatkan sejumlah keuntungan berupa:

- Hasil fotosintesis, seperti oksigen dan zat makanan lainnya.
- Mempercepat proses kalsifikasi (pembentukan kapur).

Bagi *zooxanthellae*, karang adalah habitat yang baik karena merupakan penyuplai terbesar zat anorganik untuk fotosintesis. *Zooxanthellae* dapat berada dalam karang melalui beberapa mekanisme terkait dengan reproduksi karang. Dari reproduksi secara seksual, karang akan mendapatkan *zooxanthellae* langsung dari induk atau secara tidak langsung dari lingkungan sekitar. Sementara, dalam reproduksi aseksual, *zooxanthellae* akan langsung dipindahkan ke koloni baru atau ikut bersama potongan koloni karang yang lepas. Mekanisme reproduksi lebih lanjut telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya (Tomascik *et al*, 1997).

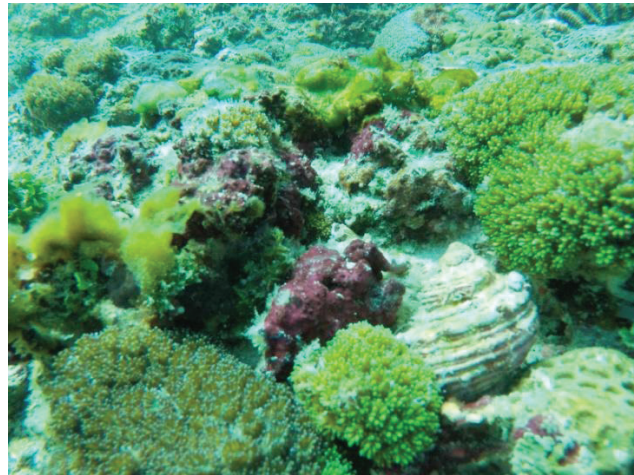
2.1.4 Pertumbuhan Karang

Pertumbuhan karang dipengaruhi oleh faktor abiotik dan biotik. Faktor abiotik dapat berupa intensitas cahaya (dan kedalaman), salinitas, lama penyinaran, suhu (iklim), nutrisi, gelombang, arus, dan sedimentasi. Jumlah atau lama penyinaran adalah faktor yang sangat mempengaruhi pertumbuhan karang (Wood, 1983). Faktor abiotik yang mempengaruhi pertumbuhan karang diuraikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor Abiotik yang Mempengaruhi Pertumbuhan Karang

Faktor	Deskripsi
Suhu (musim/ iklim)	Suhu optimal yang sesuai untuk pertumbuhan 25 -29°C, suhu minimum 16 -17°C dan maksimum 36 - 40°C
Salinitas	Salinitas yang baik $\pm$ 34-36 ‰
Cahaya dan kedalaman	Berperan pada proses fotosintesis oleh <i>zooxanthellae</i> dalam jaringan karang. Baik pada kedalaman di bawah 50m, namun masih ditemukan beberapa jenis 50-70m.
Kecerahan (intensitas cahaya)	Berhubungan dengan penetrasi cahaya, yakni pada proses fotosintesis
Gelombang	Merupakan faktor pembatas, dimana gelombang terlalu besar dapat merusak struktur terumbu karang. Namun, di sisi lain, gelombang juga membawa dampak positif, yakni memberikan pasokan air, oksigen, plankton, dan mencegah terjadinya pengendapan
Arus	Sama seperti gelombang, membawa nutrisi dan bahan organik yang diperlukan untuk fotosintesis, namun jika membawa sedimen maka akan menutupi permukaan karang dan menghambat pertumbuhan karang.
Sedimen	Sedimentasi yang tinggi akan mengurangi kecerahan, dan menutup permukaan karang yang berakibat kematian

Karang memiliki kemampuan hidup dalam perairan miskin nutrisi dan mampu beradaptasi terhadap kenaikan nutrisi yang bersifat berkala (tidak mendadak). Karang tidak dapat beradaptasi terhadap kenaikan nutrisi secara mendadak dalam jumlah besar. Faktor biotik meliputi predasi (pemangsaan), kompetisi (perebutan ruang), dan lainnya (Wood, 1983). Salah satu predator karang adalah moluska (keong *Drupella*).



Gambar 6. Predator Karang, Keong *Drupella*
(Sumber: BKKPN Kupang)

Adapun hama terkenal lainnya adalah bintang laut mahkota duri/bulu seribu (*Acanthaster planci*). *A. planci* atau yang dikenal sebagai *Crown Of Thorns Starfish*. Hewan ini merupakan salah satu jenis bintang laut pemakan karang yang berukuran relatif besar dan berduri banyak. Lokasinya tersebar di berbagai perairan yang ditumbuhi oleh beberapa jenis karang. Kerusakan karang sebagai akibat dari aktivitas makan *A. Planci* merupakan salah satu masalah paling penting serius dalam upaya konservasi terumbu karang.

Akresi adalah pertumbuhan koloni dan terumbu ke arah vertikal maupun horizontal. Karang melalui reproduksi aseksualnya menghasilkan karang-karang baru yang berhubungan satu dengan lainnya. Karang-karang tersebut membentuk koloni, yang kemudian tumbuh menjadi bentuk yang khas. Ragam bentuk pertumbuhan koloni tersebut meliputi (Wood, 1983):

a. Bercabang

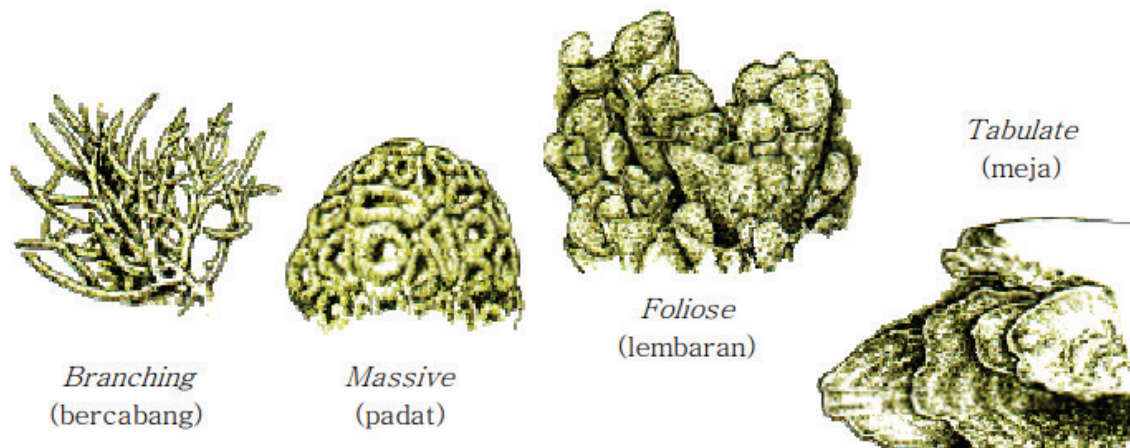
Koloni ini tumbuh ke arah vertikal maupun horizontal, dengan arah vertikal lebih dominan. Percabangan dapat memanjang atau melebar, sementara bentuk cabang dapat halus atau tebal. Karang bercabang memiliki tingkat pertumbuhan yang paling cepat, yaitu bisa mencapai 20 cm/tahun. Bentuk koloni seperti ini, banyak terdapat di sepanjang tepi terumbu dan bagian atas lereng, terutama yang terlindungi atau setengah terbuka.

b. Padat

Pertumbuhan koloni lebih dominan ke arah horisontal daripada vertikal. Karang ini memiliki permukaan yang halus dan padat; bentuk yang bervariasi, seperti setengah bola, bongkahan batu, dan lainnya; dengan ukuran yang juga beragam. Dengan pertumbuhan < 1 cm/tahun, koloni tergolong paling lambat tumbuh. Meski demikian, di alam banyak dijumpai karang ini dengan ukuran yang sangat besar. Umumnya ditemukan di sepanjang tepi terumbu karang dan bagian atas lereng terumbu.

c. Lembaran

Pertumbuhan koloni terutama ke arah horisontal, dengan bentuk lembaran yang pipih. Umumnya terdapat di lereng terumbu dan daerah terlindung.



Gambar 7. Bentuk Koloni Karang

d. Tabular (seperti meja)

Bentuk bercabang dengan arah horizontal dan rata seperti meja. Karang ini ditopang dengan batang yang berpusat atau bertumpu pada satu sisi membentuk sudut atau datar.

Laju pertumbuhan karang secara umum berhubungan dengan rasio luas permukaan terhadap volume, dimana tingkat pertumbuhan karang bersifat kompetitif. Tingkat dan ukuran pertumbuhan karang juga terkait dengan potensi reproduksi (MARRS, 2020).

2.2 Peran dan Fungsi Ekosistem Terumbu Karang

Terumbu karang memiliki fungsi ekologis dan manfaat ekonomis. Fungsi ekologis terumbu karang, antara lain (Sadili, dkk., 2015):

- a. Sumber keanekaragaman hayati (plasma nutfah);
- b. Tempat berlangsungnya siklus biologi, kimiawi, dan fisik secara global yang mempunyai tingkat produktivitas yang sangat tinggi;
- c. Penyedia pangan melalui stok perikanan karang;
- d. Pelindung pantai sebagai pemecah gelombang;
- e. Tempat hidup dan berkembangbiak berbagai biota laut; dan
- f. Sebagai bahan baku obat-obatan.

Sementara, manfaat ekonomi terumbu karang diantaranya adalah:

- a. Sumber pendapatan masyarakat pesisir melalui perikanan tangkap, khususnya perikanan karang;
- b. Atraksi wisata, *spot* penyelaman wisata bahari, serta mendukung pariwisata minat khusus;
- c. Mendukung penelitian dan pendidikan.

2.3 Ancaman Terhadap Ekosistem Terumbu Karang

Penyebab utama atau ancaman kerusakan ekosistem terumbu karang secara garis besar disebabkan oleh 2 faktor utama (Uar, dkk., 2016), yaitu:

- a. Kerusakan antropogenik, merupakan kerusakan yang disebabkan oleh aktivitas manusia, yang pada dasarnya dapat dicegah atau diminimalisir. Kerusakan ini mencakup:
 - 1). Penangkapan ikan secara berlebihan (*overfishing*).
 - 2). Penangkapan ikan dengan teknologi tidak ramah lingkungan.
 - 3). Pembangunan wilayah pesisir yang tidak memperhatikan daya dukung dan daya tampung ekosistem.
 - 4). Pencemaran akibat aktivitas manusia, baik dari darat, maupun kegiatan di perairan itu sendiri.
- b. Kerusakan alami, merupakan kerusakan yang disebabkan oleh alam, dan tidak dapat dihindari, berupa peningkatan suhu permukaan air laut akibat pemanasan global, pengasaman air laut, predator, kompetisi, dan bencana alam.

TEKNIK PEMULIHAN (RESTORASI) TERUMBU KARANG

3.1 Transplantasi Karang Metode *Spider-web*

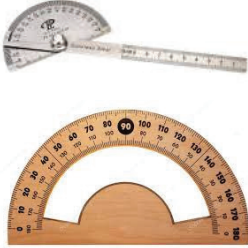
Media yang digunakan berbentuk menyerupai jaring laba-laba yang terbuat dari besi yang dilapisi pasir sebagai substrat untuk memudahkan planula-planula karang menempel. Peletakkan media tersebut menjadi satu kesatuan yang tidak terpisahkan sehingga memiliki kekuatan untuk menahan hempasan gelombang.

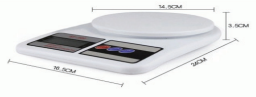
3.1.1 Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang diperlukan untuk melakukan transplantasi karang dengan menggunakan rangka *spider-web* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat Transplantasi Karang dengan Metode *Spider-web*

No.	Alat	Jumlah	Spesifikasi	Kegunaan	Gambar
A. Pembuatan Rangka <i>Spider-web</i>					
1.	Peralatan las listrik	1 unit	mesin las inverter 450 watt	mesin las rangka besi baja 10 mm	
2.	Kaca mata las	1 unit	anti-ultraviolet, anti radiasi inframerah, anti-glare (cahaya silau)	sebagai alat pelindung mata saat melakukan pengelasan rangka <i>spider-web</i>	
3.	Sarung tangan pelindung diri	1 pasang	berbahan kulit kombinasi	sebagai alat pelindung tangan saat melakukan pengelasan maupun pemotongan besi	

No.	Alat	Jumlah	Spesifikasi	Kegunaan	Gambar
4.	Alat pembengkok besi	1 unit	berupa besi ulir yang berukuran 6 mm, 8 mm, 10 mm, dan 12 mm	sebagai alat bantu pembengkok besi untuk membentuk rangka <i>spider-web</i>	
5.	Busur derajat	1 unit	terbuat dari kayu/plastik/besi dengan sudut 180°	digunakan untuk mengukur sudut rangka <i>spider-web</i>	
6.	Meteran jahit dan meteran mekanik	1 unit	- meteran jahit terbuat dari plastik dengan panjang 150 cm - meteran mekanik umum	sebagai alat ukur rangka besi	
7.	Gerinda	1 unit	gerinda tangan berukuran 4 inch	sebagai alat pemotong besi baja	
B. Pembuatan Larutan Resin dan Pelapisan Rangka <i>Spider-web</i>					
8.	Kuas	1 unit	- kuas dengan panjang minimal 4 cm - gagang kayu berbahan bulu hewan dan polyester	sebagai alat untuk melapiskan resin ke rangka <i>spideweb</i>	

No.	Alat	Jumlah	Spesifikasi	Kegunaan	Gambar
9.	Terpal	1 unit	ukuran 3x4 m ²	digunakan sebagai wadah penampung pasir	
10.	Timbangan	1 unit	digital, memiliki satuan terkecil 1 gr dan menggunakan baterai	untuk menimbang bahan yang digunakan	
11.	Gelas ukur	1 unit	terbuat dari plastik, dengan satuan terkecil 10 mL	untuk menakar bahan yang berbentuk cair	
12.	Spatula	1 unit	terbuat dari besi/kayu dengan panjang menyesuaikan kebutuhan	digunakan sebagai pengaduk untuk mencampurkan bahan pembuatan larutan resin	

C. Pengambilan dan Pengikatan Bibit Karang

13.	Palu (Hammer)	sesuai kebutuhan (1 unit per orang)	dengan bahan yang tahan karat, tidak terlalu berat, berbahan <i>stainless</i>	membantu memukul pahat untuk memotong bibit karang diambil dari suatu koloni	
14.	Pahat	sesuai kebutuhan (1 unit per orang)	terbuat dari sebilah besi dengan gagang kayu atau karet	memotong bibit karang, jika bibit diambil dari suatu koloni	
15.	Keranjang	sesuai kebutuhan	ukuran sedang	menampung bibit karang selama di dalam air saat pengambilan bibit karang	

No.	Alat	Jumlah	Spesifikasi	Kegunaan	Gambar
16.	Baskom	sesuai kebutuhan	ukuran sedang	untuk menampung sementara bibit karang	
D. Peletakan Spider-web					
17.	Global Positioning System (GPS) atau aplikasi GPS berbasis android	1 unit	memiliki sistem penandaan koordinat	untuk menandai lokasi transplantasi	
18.	Sarung tangan kain	1 pasang	material kain	sebagai pelindung tangan	
19.	Alat selam dasar dan/atau SCUBA	sesuai kebutuhan (setiap orang yang turun ke air)	alat selam dasar dengan kondisi layak	alat bantu untuk beraktivitas di air	 atau 
E. Pemantauan dan Perawatan Transplantasi					
20.	Sikat gigi	sesuai kebutuhan (1 sikat per orang)	sikat gigi pada umumnya, berupa serat sintetik, dengan gagang plastik	untuk membersihkan rangka spider-web	

No.	Alat	Jumlah	Spesifikasi	Kegunaan	Gambar
21.	Pensil dan papan jalan	sesuai kebutuhan (setiap pencatat)	- pensil kayu tebal - papan jalan plastik	sebagai alat bantu pencatatan	
22.	Penggaris/ mistar	sesuai kebutuhan	berbahan plastik dan tebal, dengan panjang minimal 20 cm	mengukur pertumbuhan terumbu karang	
23.	Kamera bawah air	1 unit, jika ada	kompatibel untuk dokumentasi bawah air	mendokumentasikan hasil pemantauan di lapangan	

Sementara, bahan yang diperlukan untuk pembuatan *spider-web* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Bahan Transplantasi Karang dengan Metode *Spider-web*

No.	Bahan	Jumlah	Spesifikasi	Kegunaan	Gambar
A. Pembuatan Kerangka <i>Spider-web</i>					
1.	Besi baja	1 buah (untuk 2 rangka <i>spider-web</i>)	- ketebalan 10 mm - panjang 12 m	- bahan utama rangka <i>spider-web</i> - dipotong secukupnya sebagai pengaduk larutan resin	
B. Pembuatan Larutan Resin dan Pelapisan Rangka <i>Spider-web</i>					
2.	Resin	1 liter	jenis resin <i>fiberglass</i> (resin <i>polyester</i>)	sebagai bahan utama pelapis rangka <i>spider-web</i>	

No.	Bahan	Jumlah	Spesifikasi	Kegunaan	Gambar
3.	Bedak	500 gr	<i>talc</i> pengental resin bubuk isi	pencampur resin, untuk mengentalkan larutan	
4.	Katalis	100 gr	katalis untuk resin <i>polyester</i>	pencampur resin	
5.	Pasir	1 kg	pasir laut dengan ukuran butiran kasar	sebagai pelapis rangka <i>spider-web</i>	
6.	<i>Thinner</i>	1 kaleng	cairan pengencer solven	untuk membersihkan kuas dari larutan resin	
C. Pengikatan Bibit Karang dan Peletakkan <i>Spider-web</i>					
7.	<i>Cable ties</i> (kabel ties)	3-4 pak	berukuran panjang 30 cm dengan ketebalan 3,5 mm	untuk mengikat bibit karang pada rangka <i>spider-web</i>	
8.	Patok/pasak besi	sesuai kebutuhan	terbuat dari besi dengan panjang 30 cm	menahan kaitan rangkaian kaki rangka <i>spider-web</i>	

No.	Bahan	Jumlah	Spesifikasi	Kegunaan	Gambar
9.	Lembar plastik yang cukup tebal	sesuai kebutuhan	dapat berupa lembaran baru atau dapat berasal dari lembaran yang dipotong dari jirigen bekas/ atau kemasan lainnya: Dipotong berukuran sesuai kebutuhan, minimal 5 x 7 cm ² , dan dilubangi sedemikian rupa sebagai lubang pengait kabel ties dengan rangka	sebagai label penandaan, dapat ditulis dengan kode: tanggal transplantasi/ no.urut rangka Contoh: 01-09-2023 / 001	
D. Pemantauan dan Perawatan Transplantasi					
10.	Kertas tahan air	sesuai kebutuhan (1 lembar per pencatat)	berbahan <i>new top</i> , berukuran A4	sebagai media pencatatan hasil pemantauan	

3.1.2 Pembuatan Rangka *Spider-web*

Untuk membuat 1 unit rangka *spider-web* dilakukan melalui tahap yang terdiri atas beberapa langkah yang diuraikan sebagai berikut:

a. Pemotongan besi

Besi baja sepanjang 6 m dipotong menjadi:

- 120 cm sebanyak 3 batang, yang akan digunakan menjadi kerangka utama *spider-web*.
- 36 cm sebanyak 6 batang, yang akan digunakan sebagai penghubung kaki kerangka utama.



Gambar 8. Proses pemotongan besi menjadi beberapa ukuran berbeda (Sumber: YAPEKA)

b. Pembengkokan rangka besi utama

Bengkokan besi rangka utama pada jarak 33 cm dari masing-masing ujungnya, hingga membentuk sudut 130° .



Gambar 9. Proses pembengkokan rangka besi utama (Sumber: YAPEKA)

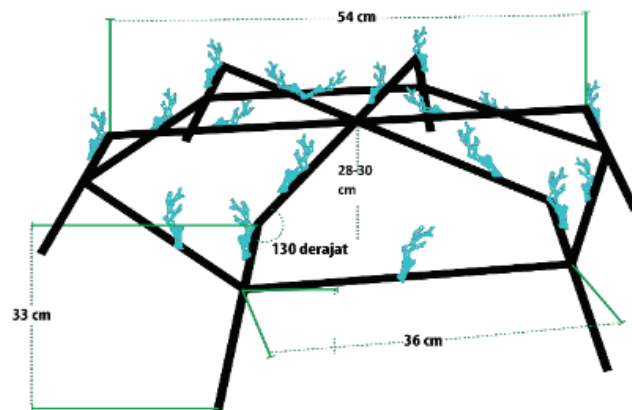
c. Perakitan dan pengelasan besi

- 1). Tiga batang besi utama yang telah dibengkokan kemudian dirakit dan dilas membentuk *spider-web*. Pastikan kaki-kaki rangka *spider-web* rata menyentuh tanah dan stabil.



Gambar 10. Proses perakitan dan pengelasan besi (Sumber: YAPEKA)

- 2). Selanjutnya, las 6 batang besi penghubung kaki rangka *spider-web* pada rangka utama sehingga membentuk rangka *spider-web* yang utuh.
- 3). Berdasarkan ukuran rangka *spider-web* di atas, maka standar tinggi *spider-web* berkisar antara 28-30 cm.



Gambar 11. Ilustrasi Rangka *Spider-web*

3.1.3 Pembuatan Larutan Resin dan Pelapisan pada Rangka *Spider-web*

Pembuatan larutan resin dengan mencampurkan bahan-bahan dengan komposisi sebagai berikut:



Gambar 12. Pembuatan larutan resin untuk melapisi rangka *spider-web*
(Sumber: YAPEKA)

- Resin *fiberglass* sebanyak ± 610 mL (digunakan untuk 2 hingga 3 kali pelapisan rangka *spider-web*);
- Katalis sebanyak ± 5 gr (20 mL);
- Talc* (bedak) sebanyak ± 430 gr.

Sementara, tahapan pencampuran dan pelapisan rangka *spider-web*, hingga penyimpanan diuraikan sebagai berikut:

- Pembuatan larutan resin dilakukan dengan mencampurkan ± 610 mL resin *fiberglass* dan ± 430 gr bedak (*talc*).
- Pada saat larutan campuran resin dan bedak (*talc*) akan digunakan untuk melapisi rangka *spider-web*, maka ditambahkan ± 5 gr (20 mL) katalis.
- Aduk hingga merata dengan spatula.
- Campuran larutan resin sesegera mungkin dioleskan ke rangka besi *spider-web* menggunakan kuas untuk menghindari pengerasan larutan resin.
- Kuas yang sudah digunakan, dibersihkan dengan cara dicelupkan ke dalam *thinner*, agar dapat digunakan kembali.
- Balurkan kerangka *spider-web* dengan pasir yang disiapkan dengan alas terpal.
- Diamkan rangka *spider-web* kurang lebih satu malam agar mengeras dan kering, tanpa menumpuknya.
- Simpan rangka *spider-web* selama satu minggu, di tempat yang terlindung dari cuaca panas dan hujan, sebelum digunakan.

3.1.4 Pemilihan dan Pengambilan Bibit

Pemilihan dan pengambilan bibit karang dilakukan dengan cara dan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Diutamakan mengambil bibit dari patahan karang yang masih baik dan sehat.
- Bibit karang dipilih dari koloni karang yang sehat, umumnya genus *Acropora* (karang bercabang) dan *Non Acropora* (karang bercabang suku *Pocillopora* dan *Porites*), yaitu: tidak ada bekas luka, warna tidak pudar, tidak mengalami pemutihan, serta tidak ada penempelan alga dan karang lunak.
- Jika pengambilan bibit karang tidak berasal dari patahan karang, maka pengambilan tidak lebih dari 10% dari koloni karang
- Potong karang dengan ukuran berkisar antara 7-15 cm menggunakan palu (*hammer*) atau tang berbahan *stainless*.
- Masukkan bibit karang ke dalam keranjang
- Angkut sesegera mungkin setelah pengambilan dilakukan
- Hindarkan bibit karang dari paparan sinar matahari agar selalu teduh, dan pastikan bibit karang terendam air laut.
- Lakukan penggantian air laut sesering mungkin untuk menghindari kondisi stres pada bibit karang yang ditandai dengan keluarnya *mucus* (lendir).

3.1.5 Pengikatan Bibit dan Penurunan Rangka Spider-web

Setelah dilakukan pengumpulan bibit, dilakukan pengikatan bibit karang pada rangka *spider-web*, dan dilanjutkan dengan peletakan pada lokasi target pemulihan, yang diuraikan sebagai berikut:



Gambar 13. Pengikatan fragmen karang pada rangka *spider-web* sebelum diturunkan
(Sumber: YAPEKA)

- a. Rangka *spider-web* yang telah berisi bibit karang, kemudian diangkut dan diturunkan dengan cara *snorkeling* dan penyelaman pada lokasi perairan yang telah ditentukan, yakni lokasi yang terumbu karangnya rusak dengan karakteristik substrat patahan karangnya sudah padat dan stabil pada kedalaman 3-8 m.
- b. Tempatkan rangka *spider-web* secara berkelompok dan satukan kaki rangka hingga saling mengait dan berhimpitan satu dengan yang lainnya, kemudian kuatkan rangkaian tersebut menggunakan patok/pasak besi.
- c. Bibit karang diikat kuat pada rangka besi *spider-web* menggunakan kabel ties sebanyak 2 buah. Satu rangka *spider-web* sebaiknya hanya diikat antara 13-17 bibit saja, agar memberi ruang yang cukup untuk pertumbuhan. Posisi pengikatan bibit karang dapat dilihat pada Gambar 8.
- d. Rapikan ikatan bibit karang dengan memotong kabel ties yang berlebih, untuk menghindari penempelan alga dan karang lunak.



Gambar 14. Pemotongan kabel ties yang berlebih untuk merapikan ikatan fragmen karang
(Sumber: YAPEKA)

- e. Ikatkan penandaan label yang telah dibuat pada rangka *spider-web* dekat dengan ikatan bibit sebagai penanda untuk menjadi sampel monitoring pertumbuhan karang. Pilih hanya 5 bibit karang pada setiap rangka untuk menjadi sampel.
- f. Lakukan penandaan titik koordinat dengan menggunakan GPS.

3.1.6 Pemantauan dan Perawatan Transplantasi Karang

Pemantauan dan perawatan *spider-web* dapat dilakukan secara bersamaan, dilakukan secara teratur setiap bulan. Pemantauan dilakukan untuk mengukur tingkat pertumbuhan karang dan daya tahan bibit karang. Teknis pelaksanaan pemantauan dan perawatan diuraikan sebagai berikut:

- a. Pemantauan dilakukan dengan memilih bibit karang secara acak untuk diukur pertumbuhannya, baik tinggi, maupun lebarnya menggunakan mistar. Pengukuran minimal dilakukan pada 10% dari seluruh jumlah *spider-web*. Pada setiap rangka hanya dipilih 5 bibit karang.
- b. Selain pertumbuhan, juga dilakukan penghitungan jumlah bibit yang mengalami kematian.
- c. Hasil pengukuran pertumbuhan dan daya tahan dicatat pada kertas tahan air, antara lain:
 - pertumbuhan karang: ukur tinggi dan diameter (untuk bentuk pertumbuhan bercabang); tinggi dan/atau panjang dan lebar (untuk bentuk pertumbuhan massive, meja dan lembaran); Catatan: ukur bagian yang sama sejak monitoring pertama dan selanjutnya, sehingga yang menjadi patokan pengukuran selalu sama.
 - daya tahan karang: hitung jumlah karang mati, dengan ciri-ciri kematian karang, yakni ditutupi alga dan telah mengalami perubahan warna, serta struktur menjadi keras.

Rumus untuk menganalisis hasil pengukuran diantaranya:

1. Pertumbuhan mutlak tinggi atau diameter karang dihitung dengan menggunakan rumus:

$$BL = Lt - Lo$$

Keterangan

BL : Pertumbuhan mutlak tinggi atau diameter(mm)

Lt : Rata-rata tinggi atau diameter setelah bulan ke-t

Lo : Rata-rata tinggi atau diameter pada waktu pengukuran awal

2. Rumus menghitung laju pertumbuhan tinggi atau diameter karang didapatkan dengan menggunakan rumus :

$$P = \frac{Lt - Lo}{t}$$

Keterangan :

P : Capaian Pertumbuhan karang (mm/minggu)

Lt : Rata-rata tinggi atau diameter pada pengukuran bulan ke-t (mm)

Lo : Rata-rata tinggi atau diameter pada awal pengukuran (mm)

T : Waktu pengamatan (minggu)

3. Tingkat kelangsungan karang hidup atau survival rate (SR) dihitung dengan rumus:

$$SR = \frac{Nt \times 100}{No}$$

Keterangan

SR : Tingkat kelangsungan hidup karang yang ditransplantasi (%)

NT : Jumlah karang yang hidup pada waktu t (koloni)

No : Jumlah karang yang hidup pada awal transplantasi (koloni)

- d. Dokumentasikan dengan kamera bawah air, jika memiliki alat tersebut.
- e. Perawatan dilakukan dengan melakukan pembersihan pada rangka *spider-web* dan bibit karang dari penempelan karang lunak dan algae menggunakan sikat gigi.
- f. Lakukan penggantian bibit karang yang mengalami pemutihan dan kematian dengan bibit baru.

3.2 Pemulihan Terumbu Karang Metode Bioreeftek

Dikembangkan sejak tahun 2008 oleh Eghbert Elvan Ampou dan digunakan sampai saat ini. Metode ini merupakan teknologi yang memanfaatkan bahan alami, yaitu tempurung kelapa, sebagai media untuk penempelan larva planula karang sampai menjadi individu baru. Bioreeftek merupakan alternatif teknologi konservasi dan pemulihan terumbu karang yang terbuat dari bahan alami mudah dan efisien. Keunggulannya tidak merusak, bahannya mudah diperoleh, mudah diterapkan, cukup murah, dan dampak negatif yang rendah karena tidak mengambil karang sebagai bibit dan penempatannya tidak mengganggu ekosistem terumbu karang (Ampou, 2011).

3.2.1 Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang diperlukan untuk melakukan pemulihan terumbu karang dengan menggunakan metode bioreeftek dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Alat Pemulihan Terumbu Karang dengan Metode Bioreeftek

No.	Alat	Jumlah	Spesifikasi	Kegunaan	Gambar
A. Pembuatan Media Bioreeftek					
1.	Gerinda	1 unit	gerinda tangan berukuran 4 inch	sebagai alat pemotong tempurung kelapa	

No.	Alat	Jumlah	Spesifikasi	Kegunaan	Gambar
2.	Amplas	sesuai kebutuhan	permukaan masih kasar	menghaluskan permukaan tempurung kelapa	
3.	Sekop	1 unit	- lebar 23 cm - panjang 30 cm - panjang total 100 cm	mencampurkan material untuk pengecoran	
4.	Sarung tangan pelindung diri	1 pasang	berbahan kulit kombinasi	sebagai alat pelindung tangan saat melakukan pemotongan tempurung kelapa	
5.	Kacamata safety	1 unit	kacamata safety kompatibel untuk pekerjaan gerinda	sebagai alat pelindung mata saat melakukan pemotongan tempurung kelapa	 atau

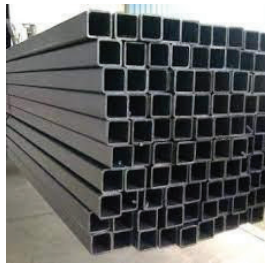
B. Peletakkan Media Bioreeftek dan Pindahannya

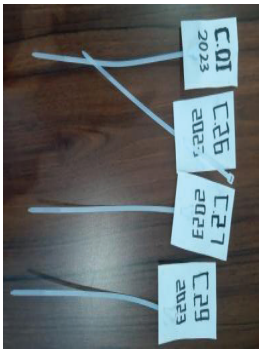
6.	Sarung tangan kain	1 pasang	material kain	sebagai pelindung tangan	
----	--------------------	----------	---------------	--------------------------	---

No.	Alat	Jumlah	Spesifikasi	Kegunaan	Gambar
7.	Alat selam dasar dan/ atau scuba	sesuai kebutuhan (setiap orang yang turun ke air)	alat selam dasar dengan kondisi layak	alat bantu untuk beraktivitas di air	 atau 
C. Pemantauan dan Perawatan Bioreeftek					
8.	Pensil dan papan jalan	sesuai kebutuhan (setiap pencatat orang)	- pensil kayu tebal - papan jalan plastik	sebagai alat bantu pencatatan	
9.	Penggaris	sesuai kebutuhan (1 pensil per orang)	berbahan plastik dan tebal, dengan panjang minimal 20 cm	mengukur pertumbuhan terumbu karang	
10.	Kamera bawah air	1 unit, jika ada	kompatibel untuk dokumentasi bawah air	mendokumentasikan hasil pemantauan di lapangan	

Sementara, bahan yang diperlukan untuk pembuatan bioreeftek dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Bahan Pemulihan Terumbu Karang dengan Metode Bioreeftek

No.	Bahan	Jumlah	Spesifikasi	Kegunaan	Gambar
A. Pembuatan media Bioreeftek					
1.	Tempurung kelapa	sesuai kebutuhan	tempurung kelapa yang sudah tua	media penempelan larva planula karang	
2.	Batang aluminium	untuk satu cetakan, diperlukan 9 batang	ukuran 2,5 mm x 2,5 mm, dipotong dengan ukuran 30 cm	penahan tempurung kelapa	
3	Besi baja	sesuai kebutuhan	ukuran ketebalan 10 mm	untuk penulangan cetakan semen	
4.	Kawat bendrat	sesuai kebutuhan	kawat bendrat galvanis no. 22 ukuran 0,5 mm	untuk merakit besi penulangan cetakan semen	
5.	Papan kayu	1 potong untuk 1 mal cetakan	kayu ringan, dengan ukuran panjang 3-4 m	sebagai mal cetakan semen	

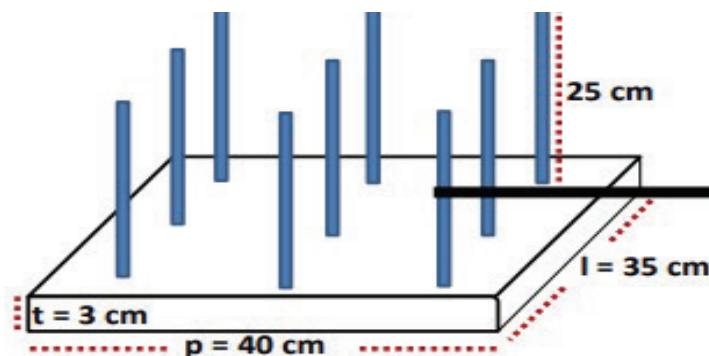
6.	<i>Cable ties</i> (kabel ties)	3-4 pak	berukuran panjang 30 cm dengan ketebalan 3,5 mm	untuk mengikat bibit karang pada rangka bioreeftef	
7.	Pasir kali	sesuai kebutuhan	pasir butiran halus tanpa campuran lumpur	campuran dalam pembuatan cetakan semen	
8.	Kerikil	sesuai kebutuhan	batu split dengan diameter berukuran 10-20 mm	campuran dalam pembuatan cetakan semen	
9.	Lembar plastik yang cukup tebal	sesuai kebutuhan	dapat berupa lembaran baru atau dapat berasal dari lembaran yang dipotong dari jirigen bekas/ atau kemasan lainnya: Dipotong berukuran sesuai kebutuhan, minimal 5 x 7 cm², dan dilubangi sedemikian rupa sebagai lubang pengait kabel ties dengan rangka	sebagai label penandaan, dapat ditulis dengan kode: tanggal transplantasi/ no.urut rangka Contoh: 01-09-2023 / 001	 

B. Pemantauan dan Perawatan Transplantasi					
10.	Kertas tahan air	sesuai kebutuhan (1 lembar per pencatat)	berbahan <i>new top</i> , berukuran A4	sebagai media pencatatan hasil pemantauan	

3.2.2 Pembuatan Media Bioreeftek

Setelah alat dan bahan telah dipersiapkan, tahapan pembuatan media bioreeftek diuraikan sebagai berikut:

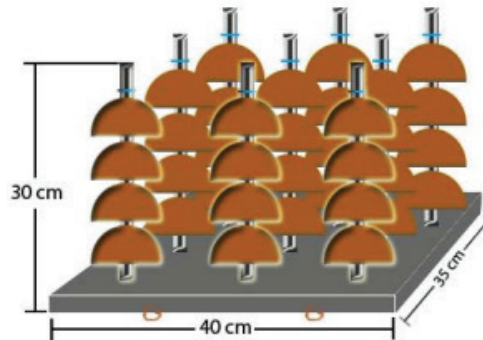
- Potong tempurung kelapa menjadi 2 bagian berukuran setengah bola secara simetris menggunakan gerinda, kemudian lubangi bagian atas potongan setengah tempurung agar dapat dimasukkan batang aluminium.
- Buat campuran semen yang terdiri atas semen, pasir kali, kerikil, dan air tawar dengan komposisi yang proporsional (disarankan 1:5).
- Cetak campuran semen menjadi bentuk balok dengan ukuran 40 cm x 35 cm x 3 cm (fleksibel sesuai kebutuhan) dan letakan besi aluminium sedemikian rupa sehingga pipa aluminium tegak lurus 25 cm dengan cetakan semen. Lihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Ilustrasi Cetakan Semen Bioreeftek (Sumber: Tumion, dkk., 2017)

- Isi juga tempurung yang telah dipotong dengan campuran semen agar lebih kuat dan agar lebih stabil saat diletakkan di perairan.
- Biarkan cetakan semen mengeras kurang lebih 1 minggu, dan hindarkan dari air.
- Setelah cetakan semen dipastikan keras dan kuat, masukkan media tempurung kelapa ke dalam batang aluminium secara teratur. Satu batang aluminium dapat diisi 2-4 media tempurung kelapa.

- g. Ikat bagian atas pipa dengan kabel ties agar tempurung kelapa tidak terlepas, dan potong kelebihan kabel ties untuk merapikannya. Untuk ilustrasi hasil akhir dapat dilihat pada Gambar Gambar 16.
- h. Ikatkan penandaan label yang telah dibuat pada salah satu batang aluminium sebagai penanda untuk menjadi sampel monitoring pertumbuhan karang.
- i. Lakukan penandaan titik koordinat dengan menggunakan GPS.



Gambar 16. Ilustrasi Media Bioreeftek (Sumber: Arisandi, dkk., 2017)

3.2.3 Peletakan Media Bioreeftek

Setelah media bioreeftek telah selesai dibuat, maka media dapat diletakkan pada perairan yang menjadi target. Secara detail, tahapan peletakan media dan hal-hal yang perlu diperhatikan diuraikan sebagai berikut:

- a. Kriteria lokasi untuk penempatan bioreeftek berdasarkan hasil survei sebelumnya, yakni lokasi tersebut memiliki tutupan karang dengan kategori sedang (25% - 50%) hingga baik (51% - 75%) (Kepmen LH 4, 2021). Kemudian, penempatan bioreeftek dilakukan dengan cara *snorkeling* atau penyelaman, media bioreeftek ditempatkan di atas substrat pasir atau patahan karang.
- b. Letakkan bioreeftek pada lokasi yang telah ditetapkan pada kedalaman 3-5 meter.



Gambar 17. Proses Pembuatan Media Bioreeftek (Sumber: YAPEKA)

3.2.4 Pemantauan dan Perawatan

Pemantauan dan perawatan media bioreeftek dilakukan sekaligus secara periodik setiap bulan. Pemantauan yang dilakukan untuk mengetahui penempelan planula pada media bioreeftek dan melakukan pengukuran pertumbuhan karang mencakup tinggi dan diameter (untuk bentuk pertumbuhan bercabang); tinggi dan/atau panjang dan lebar (untuk bentuk pertumbuhan massive, meja dan lembaran). Yang perlu diperhatikan adalah lakukan pengukuran bagian yang sama sejak monitoring pertama dan selanjutnya, sehingga yang menjadi patokan pengukuran selalu sama. Kemudian perawatan dilakukan sementara pencatatan dilakukan dengan pembersihan alga dan karang lunak pada media bioreeftek menggunakan sikat gigi.

3.2.5 Pemindahan Media Bioreeftek

Planula karang yang telah menempel pada tempurung kelapa yang sudah berukuran panjang atau lebar sekitar 20 cm dipindahkan seluruhnya ke lokasi karang yang mengalami kerusakan. Lakukan penggantian tempurung kelapa baru sebagai media substrat baru untuk penempelan planula karang.



PELAKSANAAN KEGIATAN

4.1 Sosialisasi

Sosialisasi dilakukan untuk memberikan pemahaman kepada masyarakat tentang pentingnya memulihkan ekosistem terumbu karang yang mengalami kerusakan karena aktivitas yang merusak. Sosialisasi dilakukan kepada para pihak diantaranya aparat pemerintah desa, kelompok nelayan dan pembudidaya rumput laut dan POKDARWIS Oesina. Sosialisasi ini juga bertujuan untuk mendapatkan dukungan dan partisipasi masyarakat sehingga mereka juga terlibat aktif dan menjaga ekosistem terumbu karang yang telah dilakukan restorasi.

4.2 Bimbingan Teknis (Bimtek) Pemulihan Terumbu Karang

Mengingat pelaksanaan restorasi terumbu karang membutuhkan keterlibatan dan partisipasi para pihak terutama masyarakat di Desa Lifuleo maka perlu dibekali dengan pengetahuan dan keterampilan sehingga masyarakat dapat terlibat secara baik dan memiliki pengetahuan dan keterampilan terstandar sehingga perlu dilakukan bimbingan teknis (Bimtek). Dengan bimtek ini diharapkan pula masyarakat nantinya dapat secara mandiri dalam melakukan kegiatan restorasi terumbu karang pada masa-masa mendatang.

Materi bimtek yang diberikan berupa pengenalan tentang ekosistem terumbu karang, bioekologi karang meliputi: pengenalan karang, bagian-bagian tubuh karang, reproduksi, pertumbuhan dan perkembangbiakkan, habitat karang, parameter lingkungan berpengaruh pada kehidupan karang dan fungsi karang secara ekologis. Materi lainnya adalah teknik-teknik restorasi terumbu karang dengan fokus pada transplantasi karang metode *spider-web* dan restorasi metode bioreeftek. Selain materi dalam bentuk teori peserta dibekali praktek sehingga terbentuk keterampilan masyarakat untuk dapat melakukan secara mandiri.

4.3 Persiapan Alat dan Bahan

Masyarakat yang telah mengikuti sosialisasi dan bimtek restorasi terumbu karang kemudian dilakukan pendampingan untuk melakukan identifikasi peralatan dan bahan yang digunakan untuk membuat kerangka *spider-web* dan bioreeftek. Selain itu dilakukan pula pendampingan untuk menghitung kebutuhan bahan rangka *spider-web* dan bioreeftek.

4.4 Praktek Merangkai Alat dan Bahan

Masyarakat dibekali dan dilakukan pendampingan untuk melakukan praktek memotong besi, melakukan pengelasan, melapisi rangka besi dengan resin dan pasir serta membuat produk jadi kerangka *spider-web*. Demikian pula untuk pembuatan bioreeftek peserta melakukan praktek pemotongan tempurung kelapa, pengecoran cetakan semen, dan merangkai tempurung kelapa pada besi aluminium yang terpasang pada cetakan semen cor. Personil untuk merangkai 20 unit alat dan bahan *spider-web* serta bioreeftek sebanyak 20 unit membutuhkan sekitar 4 - 6 orang dengan waktu pengerjaan sekitar 2 - 4 hari

4.5 Pengambilan Bibit dan Pemotongan Fragmen Karang

Peserta melakukan pengambilan bibit dan dilakukan proses pendampingan dalam pemilihan bibit yang sehat, cara memotong bibit, dan cara melakukan perlakuan sehingga mengurangi stress pada bibit sebelum dipasang pada kerangka *spider-web*. Personil untuk pengambilan bibit dan pemotongan fragmen karang dibutuhkan sekitar 5 orang.

4.6 Teknik Peletakan Media Transplantasi

4.6.1 Media *Spider-web*

1. Media *spider-web* yang sudah diikat harus segera diletakan di dasar atau dalam air laut.
2. Proses peletakan media *spider-web* dilakukan dengan cara *freedive* atau menyelam ke dasar laut tanpa menggunakan alat selam atau scuba.
3. Peletakan media di dalam air disusun berdekatan satu dengan yang lain atau dibuat dalam kelompok sehingga dapat diikat bersamaan dengan tujuan agar tidak mudah terbalik akibat arus maupun gelombang
4. Setelah semua media diturunkan maka tim penyelam akan turun untuk memperbaiki susunan media serta mengambil dokumentasi

4.6.2 Media Bioreeftek

1. Peletakan media bioreeftek membutuhkan cukup banyak orang serta harus berhati-hati
2. Untuk proses penurunan media bioreeftek menggunakan tali yang diikat pada ke empat sudut media bioreeftek
3. Media yang sudah diikat kemudian dilakukan penurunan dengan menahan tali utama dan dilepas secara perlahan-lahan ke dasar air laut
4. Perlu diingat bahwa pada saat proses penurunan harus memperhatikan kondisi di bawah air karena media bioreeftek dapat menghancurkan karang yang ada di dasar laut.
5. Tali yang digunakan haruslah tali yang kuat contohnya tali jangkar perahu.

PENUTUP

Demikian modul restorasi terumbu karang disusun sebagai panduan untuk melaksanakan kegiatan restorasi terumbu karang metode *spider-web* dan *bioreeftek*, dengan harapan masyarakat dapat secara mandiri melaksanakan kegiatan restorasi dan semakin tumbuh kesadaran untuk dapat menjaga dan memulihkan ekosistem terumbu karang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ampou, E. 2018. Terumbu Karang Buatan Ramah Lingkungan dan Murah dari Tempurung Kelapa. <https://www.mongabay.co.id/2018/07/20/ini-terumbu-karang-buatan-ramah-lingkungan-dan-murah-dari-tempurung-kelapa/>, diakses pada tanggal 18 Agustus 2023
- Arisandi, dkk. 2017. Pemulihkan Ekosistem terumbu Karang yang Rusak di Kepulauan Kangean. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan perikanan III 2027 Universitas Trunojoyo Madura*
- BKKPN Kupang, 2018. Laporan Monitoring Ekosistem dan Habitat Taman Nasional Perairan Laut Sawu. Kupang.
- BKKPN Kupang, 2019. Laporan Monitoring Ekosistem dan Habitat Taman Nasional Perairan Laut Sawu. Kupang.
- BKKPN Kupang, 2020. Laporan Monitoring Ekosistem dan Habitat Taman Nasional Perairan Laut Sawu. Kupang.
- BKKPN Kupang, 2021. Laporan Monitoring Ekosistem dan Habitat Taman Nasional Perairan Laut Sawu. Kupang.
- BKKPN Kupang, 2022. Laporan Monitoring Ekosistem dan Habitat Taman Nasional Perairan Laut Sawu. Kupang.
- KepMENLH. (2021). Kep MENLH No 4 tahun 2001 Tentang Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang.
- Lalamentik, R. & Rembet, U. 2018. Studi Taksonomi Karang Genus *Favia* (Oken, 1815) di Rataan Terumbu Perairan Desa Kampung Ambong Kecamatan Likupang Timur Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah platax Vol 6:(1)*. Hlm. 188-193.
- Mars Assisted Reef Restoration System (MARRS). 2020. Petunjuk Restorasi Terumbu Karang Versi 1.0.
- Reid, C., Justin Marshall, Dave Logan and Diana Kleine. 2009. Terumbu Karang dan Perubahan Iklim. CoralWatch: The University of Queensland, Australia.
- Richmond, R.H. 2001. Reproduction and Recruitment in Corals: Critical Links in the Persistence of Reefs. Dalam: Birkeland, C. (ed.) 2001. Life and Death of Coral Reefs. Chapman & Hall, New York: 175-197
- Sadili, dkk. 2015. Pedoman Rehabilitasi Terumbu Karang (*Sclerectinia*). Jakarta: Direktorat Konservasi dan Keanekaragaman Hayati, Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang laut Kementerian Kelautan dan Perikanan
- Suharsono. 2008. Jenis-Jenis Karang di Indonesia. Jakarta: COREMAP PROGRAM. LIPI

- Tomascik, T., A.J. Mah, A. Nontji, & M.K. Moosa. 1997. The Ecology of the Indonesian Seas, Part One. Periplus Edition.
- Tumion, dkk. 2017. Bioreeftek untuk Konservasi Terumbu Karang di Kecamatan Sungai Raya Kepulauan Kabupaten Bengkayang. *Jurnal Agromix Vol. 8 No.1*. Hlm 18-24.
- Uar, N.D., Murti, S.H., & Hadisusanto, S. 2016. Kerusakan Lingkungan Akibat Aktivitas Manusia Pada Ekosistem Terumbu Karang. *Majalah Geografi Indonesia Vol. 30:(1)*. Hlm. 88-95.
- Wijayanto, A. 2022. Ekosistem Terumbu Karang Terjaga Masyarakat Merasakan Manfaatnya. <https://www.mongabay.co.id/2022/06/14/ekosistem-terumbu-karang-terjaga-masyarakat-merasakan-manfaatnya/>, diakses pada 18 Agustus 2023
- WWF. 2018. The Coral Triangle is the Largest of its kind, and it's dying. [What is the Coral Triangle? | World Economic Forum \(weforum.org\)](https://www.weforum.org/articles/2018/06/20/the-coral-triangle-is-the-largest-of-its-kind-and-its-dying/), diakses pada 7 Agustus 2023
- YAPEKA. (2023). Scientific Report for Ecological Assessment. (Unpublished)

HALAMAN INI SENGAJA DIBIARKAN KOSONG

