

**PERBANDINGAN LAJU PERTUMBUHAN DAN TINGKAT KELANGSUNGAN
HIDUP KARANG TRANSPLANTASI (*Acropora sp.*) MENGGUNAKAN DUA
METODE DAN LOKASI YANG BERBEDA DI KAB. PESAWARAN, LAMPUNG.**

(Skripsi)

Oleh

Aprila Mutia

2217021038



PROGRAM STUDI S1 BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

2026

**PERBANDINGAN LAJU PERTUMBUHAN DAN TINGKAT KELANGSUNGAN
HIDUP KARANG TRANSPLANTASI (*Acropora* sp.) MENGGUNAKAN DUA
METODE DAN LOKASI YANG BERBEDA DI KAB. PESAWARAN, LAMPUNG.**

Oleh

Aprila Mutia

(Skripsi)

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

Jurusan Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Lampung



PROGRAM STUDI S1 BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

2026

ABSTRAK

PERBANDINGAN LAJU PERTUMBUHAN DAN TINGKAT KELANGSUNGAN HIDUP KARANG TRANSPLANTASI (*Acropora sp.*) MENGGUNAKAN DUA METODE DAN LOKASI YANG BERBEDA DI KAB. PESAWARAN, LAMPUNG.

Oleh:

Aprila Mutia
(2217021038)

Terumbu karang merupakan ekosistem laut penting yang memiliki fungsi ekologis, sosial, dan ekonomi, namun mengalami degradasi akibat faktor alam dan aktivitas antropogenik. Salah satu upaya rehabilitasi adalah transplantasi karang menggunakan struktur buatan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan laju pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup karang transplantasi (*Acropora sp.*) pada dua media dan lokasi berbeda, yaitu rusun ikan di Pulau Balak dan rak besi di Pulau Pahawang, Kabupaten Pesawaran, Lampung. Penelitian dilakukan selama 4 bulan di masing-masing lokasi dengan pengamatan bulanan terhadap panjang, lebar, diameter, dan *survival rate* (SR). Hasil penelitian menunjukkan pertumbuhan karang pada media rak besi lebih tinggi dibandingkan rusun ikan, dengan rata-rata pertumbuhan panjang masing-masing sebesar 1,03 cm/bulan dan 0,88 cm/bulan. Nilai SR pada rak besi (83,33%) juga lebih tinggi dibandingkan rusun ikan (62,50%). Hasil uji *independen sample t-test* menunjukkan bahwa perbedaan pertumbuhan antara kedua media bersifat signifikan ($p < 0,05$). Perbedaan ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kedalaman dan intensitas cahaya, serta faktor teknis dan biotik. Dengan demikian, media rak besi lebih efektif dalam mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup karang transplantasi.

Kata kunci: terumbu karang, *Acropora sp.*, transplantasi, rusun ikan, rak besi, pertumbuhan, kelangsungan hidup

ABTRACTS

Comparison of Growth Rate and Survival Rate of Transplanted Coral (*Acropora* sp.) Using Two Different Methods and Locations in Pesawaran Regency, Lampung.

By

APRILA MUTIA

*Coral reefs are important marine ecosystems with ecological, social, and economic functions; however, they are increasingly degraded due to natural factors and anthropogenic activities. One of the rehabilitation efforts is coral transplantation using artificial structures. This study aimed to compare the growth rate and survival rate of transplanted corals (*Acropora* sp.) using two different substrates and locations, namely fish apartments (*rusun ikan*) at Balak Island and iron racks at Pahawang Island, Pesawaran Regency, Lampung. The study was conducted over four months at each site, with monthly observations of length, width, diameter, and survival rate (SR). The results showed that coral growth on iron rack media was higher than on fish apartment media, with average growth rates in length of 1.03 cm/month and 0.88 cm/month, respectively. The survival rate on iron racks (83.33%) was also higher than that on fish apartments (62.50%). The independent sample *t*-test indicated that the difference in growth between the two media was statistically significant ($p < 0.05$). These differences were influenced by environmental factors such as depth and light intensity, as well as technical and biotic factors. Therefore, iron rack media are more effective in supporting the growth and survival of transplanted corals.*

Keywords: *Acropora* sp., artificial reef, coral reefs, growth rate, iron racks, survival rate, transplantation.

Judul Proposal Penelitian : Perbandingan Laju Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang Transplantasi (*Acropora* sp.) Menggunakan Dua Metode dan Lokasi yang Berbeda di Kab. Pesawaran, Lampung.

Nama Mahasiswa : Aprila Mutia

Nomor Pokok Mahasiswa : 2217021038

Program Studi : SI Biologi

Jurusan : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Endang Linirin Widiastuti, Ph. D
NIP. 196106111986030001

Dr. Jani Master, S. Si., M. Si.
NIP. 198301312008121001

2. Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi
FMIPA Universitas Lampung

Dr. Jani Master, S.Si., M.Si
NIP. 198301312008121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Endang Linirin Widiastuti, M.Sc., Ph.D.**

Sekretaris : **Dr. Jani Master, S.Si., M. Si.**

Anggota : **Prof. Dr. Gregorius Nugroho Susanto, M.Sc.**

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP 197410012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **25 Mei 2026**



[Handwritten signatures in blue ink]

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aprila Mutia

NPM : 2217021038

Jurusan : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul:

“Perbandingan Laju Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang Transplantasi (*Acropora* sp.) Menggunakan Dua Metode dan Lokasi yang Berbeda di Kab. Pesawaran, Lampung”

Baik data, hasil analisis dan kajian ilmiah adalah hasil karya yang saya susun sendiri dengan berpedoman pada etika akademik dan penulisan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bandarlampung, 25 Mei 2026

Yang menyatakan,



Aprila Mutia

NPM. 2217021038

RIWAYAT HIDUP



Aprila Mutia lahir di desa Tanjungan, Kab. Tanggamus, pada tanggal 19 April 2005. Penulis merupakan anak ke-3 dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Khodpir dan Ibu Hapipah.

Penulis menempuh Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 1 Tanjungan pada tahun 2010-2016, dan melanjutkan Pendidikan pada Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 1 Semaka pada tahun 2016-2019. Kemudian penulis melanjutkan Pendidikan pada Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Gadingrejo pada tahun 2019-2022 dan tergabung dalam kelas akselerasi. Kemudian, penulis terdaftar sebagai mahasiswa program studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN Angkatan 2022.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam Unit Kegiatan Mahasiswa Fakultas (UKMF) Klub Selam Anemon FMIPA Universitas Lampung sebagai Sekretaris Umum pada tahun 2023, kemudian menjabat sebagai ketua Divisi Humas, Publikasi dan Dokumentasi (HPD) pada tahun 2024, serta tergabung dalam Divisi Penelitian dan Pengembangan (LITBANG) pada tahun 2025. Selain itu, penulis juga pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Zoologi Vertebrata di Program studi Biologi FMIPA Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Reef Check Indonesia pada bulan Januari-Februari 2025 dengan judul **“Pemantauan Kondisi Ekosistem Terumbu Karang Menggunakan Metode Reef Check Di Peraian Kec.Tejakula, Kab. Buleleng, Bali Utara”**. Penulis juga telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Ketapang Kuala, Kec. Panjang, Kab. Bandarlampung selama 40 hari pada Juli -Agustus 2025. Kemudian, penulis menyelesaikan tugas akhir penelitian dengan judul **“Perbandingan Laju Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang Transplantasi (*Acropora* sp.) Menggunakan Dua Metode dan Lokasi yang Berbeda di Kab. Pesawaran, Lampung”** pada tahun 2026.

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, kasih, dan karunia-Nya, penulis mempersembahkan karya sederhana ini sebagai ungkapan rasa terima kasih kepada:

Kedua orang tua tercinta, Bapak Khodpir dan Ibu Hapipah, yang senantiasa mendoakan, memberikan kasih sayang, dukungan, serta pengorbanan yang tiada henti sejak awal hingga terselesaikannya pendidikan ini. Serta kedua kakak tercinta, Eliyawati dan Pera Diana, S.Pd., yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis.

Keluarga tercinta dan teman-teman seperjuangan yang selalu memberikan semangat, doa, dan motivasi kepada penulis dalam menjalani proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.

Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmu, bimbingan, serta arahan dengan penuh kesabaran dan keikhlasan sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan ini dengan baik.

Sahabat-sahabat terdekat yang telah membersamai penulis selama masa perkuliahan, memberikan dukungan, kebersamaan, serta pengalaman berharga yang tidak terlupakan.

Almamater tercinta yang menjadi tempat penulis menimba ilmu dan berkembang.

Universitas Lampung

MOTTO

“Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah berjanji, bahwa sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah:5-6).

“Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka mengubah apa yang ada pada diri mereka sendiri”

(QS. Ar-Ra'd: 11).

“How we treat the Earth is how we treat ourselves- careless choices leave scars we all carry”

-David Attenborough

“Jika kita gagal 1000x, maka pastikan kita bangkit 1001x”

– Sri Ningsih (Tentang Kamu, Tere Liye)

“Aku membahayakan nyawa ibu untuk lahir ke dunia, jadi tidak mungkin aku tidak ada artinya”

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah *rabbi'l'alamin*, penulis mengucapkan puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, serta penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Perbandingan Laju Pertumbuhan Dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang (*Acropora* sp.) Menggunakan Dua Metode dan Lokasi Yang Berbeda Di Kab. Pesawaran, Lampung”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh berbagai bantuan, dukungan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis dengan penuh kerendahan hati dan rasa terima kasih yang mendalam menyampaikan penghargaan kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si., selaku Ketua Program Studi Biologi
4. Ibu Prof. Endang Linirin Widiastuti, M. Sc., Ph.D., selaku Pembimbing I yang dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, dukungan, serta motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.

5. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si., selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, dukungan, motivasi serta kebersamaan selama penelitian selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
6. Bapak Prof. Dr. Gregorius Nugroho Susanto, M.Sc., selaku Pembahas yang telah memberikan arahan, masukan, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Bapak Prof. Dr. Hendri Busman, M.biomed., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis selama masa perkuliahan.
8. Seluruh dosen dan staf Program Studi Biologi FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan bantuan selama masa perkuliahan.
9. Keluarga besar UKMF Klub Selam Anemon FMIPA Universitas Lampung sebagai wadah bagi penulis untuk belajar, berkembang, dan memperoleh banyak pengalaman serta pengetahuan di bidang penyelaman dan konservasi ekosistem laut.
10. Pusat Selam Lampung, pihak lokal Pulau Balak dan Pulau Pahawang, serta seluruh tim lapangan (kanjeng Anam, bang Mahib, bang Akmal, bang Bogel, dll) yang telah membantu selama proses penelitian dan pengambilan data di lapangan.
11. Kedua orang tua tercinta, Bapak Khodpir dan Ibu Hapipah, yang senantiasa mendoakan, memberikan semangat, dukungan, serta kasih sayang kepada penulis dari awal perkuliahan hingga saat ini.
12. Kedua Kakak tercinta, Elyawati dan Pera Diana, S.Pd., yang selalu memberikan doa, dukungan, serta motivasi kepada penulis.
13. Sahabat sekaligus teman penelitian saya, Dwi Rani Asfarini Simatupang. Terima kasih telah menjadi teman bertumbuh, belajar, berjuang, dan berbagi cerita dari masa maba, PKL,

hingga penelitian. Semoga semua mimpi yang kita perjuangkan dapat terwujud.

14. Teman-teman seperjuangan selama masa perkuliahan: Agusyanti Alfina Putri, Tita Melyana, dan teman-teman seperjuangan lainnya yang telah memberikan dukungan, semangat, kebersamaan, serta membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian skripsi.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dan mendukung penulis selama proses perkuliahan
16. Diri penulis sendiri, Aprila Mutia, terimakasih telah bertahun sejauh ini, dari segala tantangan, kegagalan, keraguan, hingga keberhasilan yang telah dilewati. Skripsi ini adalah bukti bahwa kamu mampu melewati hal-hal yang dulu terasa mustahil. Aku bangga padamu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis dengan terbuka menerima kritik, saran, dan masukan yang membangun sebagai bahan evaluasi untuk perbaikan di masa yang akan datang. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 12 Mei 2026

Aprila Mutia
NPM. 2217021038

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Kerangka Berpikir	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Ekosistem Terumbu Karang	9
2.1.1 Terumbu Karang	9
2.1.2 Klasifikasi Terumbu Karang	10
2.1.3 Luas Wilayah Terumbu Karang	12
2.1.4 Fungsi Terumbu karang	13
2.1.5 Kondisi Ekosistem Terumbu Karang	13
2.2 Faktor Pembatas Pertumbuhan Terumbu Karang	14
2.2.1 Faktor Fisik dan Kimia	14
2.2.2 Predator Alami Karang	15
2.2.3 Faktor Antropogenik	17
2.3 Transplantasi Karang	17
2.4 Modul Rusun Ikan	19
2.5 Modul Rak Besi	20
2.6 Kondisi Umum Lokasi Penelitian	22

2.6.1 Pulau Balak.....	22
2.6.2 Pulau Pahawang.....	23
III. METODE PENELITIAN	25
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan	26
3.3 Rancangan Penelitian	26
3.4 Cara Kerja	29
3.5 Data Penelitian	30
3.5.1 Data Kualitas Air.....	30
3.5.2 Pengukuran laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup karang	31
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
V. KESIMPULAN DAN SARAN	51
DAFTAR PUSTAKA	53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. contoh Karang lunak (<i>Dendronephthya</i>)	11
Gambar 2. Karang keras (Hard coral)	12
Gambar 3. <i>Acanthaster planci</i> (Predasi karang)	16
Gambar 4. Karang <i>Aropora</i> sp. yang baru ditransplant	18
Gambar 5. Karang <i>Acropora</i> sp.	18
Gambar 6. Transplantasi karang dengan media beton (rusun ikan)	19
Gambar 7. Transplantasi karang dengan media rangka besi	21
Gambar 8. Peta lokasi penelitian transplantasi karang di Pulau Balak dan Pulau Pahawan. 25	
Gambar 9. Modul Rusun Ikan	28
Gambar 10. Modul Rak Besi	28
Gambar 11. Perbandingan laju pertumbuhan panjang fragmen karang <i>Acropora</i> sp. pada ..	39
Gambar 12. Perbandingan laju pertumbuhan lebar fragmen karang <i>Acropora</i> sp.	40
Gambar 13. Perbandingan laju pertumbuhan diameter fragmen karang <i>Acropora</i> sp.	41
Gambar 14. Tingkat kelangsungan hidup karang <i>Acropora</i> sp. yang ditransplantasikan.....	45
Gambar 15. Media rusun ikan yang ditumbuhi alga berlebih	46
Gambar 16. Temuan predasi karang (<i>Acanthaster planci</i>) pada periode pengamatan T2	47
Gambar 17. Predasi karang (<i>Drupella</i> sp.) yang ditemukan di area transplantasi karang.....	49
Gambar 18. Pengukuran fragmen karang <i>Acropora</i> sp. pada media rak di Pulau Pahawang 66	
Gambar 19. Pengukuran fragmen karang <i>Acropora</i> sp. pada media rusun ikan	66
Gambar 20. Survey awal dan pemasangan pasak.....	66
Gambar 21. Pengambilan data kualitas perairan	66

DAFTAR TABEL

Table 1. Klasifikasi karang berdasarkan morfologi dan fisiologi karang.....	10
Table 2. Waktu pengamatan penelitian	33
Table 3. Kualitas perairan di Pulau Balak pada bulan April 2025.	34
Table 4. Kualitas perairan di Pulau Pahawang pada bulan Juli 2025.	35
Table 5. Hasil perbandingan pengukuran rata-rata panjang fragmen karang (<i>Acropora</i> sp.)	38

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan dengan jumlah lebih dari 17.000 pulau. Selain itu, Indonesia merupakan bagian dari kawasan segitiga karang (*coral triangle*), dengan keanekaragaman hayati laut tertinggi di dunia. Terdapat sekitar 569 spesies dan 83 genus karang keras atau mewakili sekitar 69% (spesies) dan 76% (genus) karang keras di seluruh dunia (Hadi dkk., 2019). Selain itu, Indonesia memiliki jenis karang endemik yang dapat ditemukan di beberapa wilayah Indonesia, di antaranya *Acropora suharsonoi* di Lombok, Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Euphyllia baliensis* di Provinsi Bali. *Indophyllia macassarensis* di Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan, dan *Isopora togianensis* di Togean, Provinsi Sulawesi Tengah.

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem laut yang berperan penting bagi perairan, salah satunya menjadi habitat bagi ikan dan biota laut lainnya (Nabil, 2019). Terumbu karang juga memiliki manfaat ekonomi yaitu sebagai sumber perikanan, obat-obatan, dan objek wisata yang menarik sehingga dapat meningkatkan penghasilan masyarakat pesisir. Disamping banyaknya manfaat yang dimiliki terumbu karang bagi makhluk hidup terutama manusia, terumbu karang telah dimanfaatkan secara luas oleh manusia, tetapi eksploitasi berlebihan menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem terumbu karang (Rudianto, 2019).

Berdasarkan data tahun 2019, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI melaporkan dari 1153 lokasi terumbu karang di Indonesia tercatat 33,82%, diantaranya berkategori buruk, 37,38 % berkategori sedang, dan 22,38 % berkategori baik, dan hanya 6,42% yang berkategori sangat baik. Menurut Direktorat Jendral Pengelolaan Laut (RPL) Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) menemukan kerusakan terumbu karang di perairan Indonesia sekitar 33, 82% dari 2,5 juta hektar luas terumbu karang di perairan Indonesia, serta tipe kerusakan terumbu karang yang rusak dapat dikategorikan sebagai kerusakan lingkungan (Putri dkk., 2024). Berdasarkan data tersebut mengindikasikan bahwa kondisi terumbu karang di Indonesia masih dalam kondisi kurang baik, dengan proporsi kategori buruk dan sedang mencapai lebih dari 70% dari total lokasi. Sedangkan berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung pada tahun 2015 luasan terumbu karang di Provinsi Lampung tercatat 2.189,5 Ha. Namun, kondisi terumbu karang dalam kategori sedang dan baik hanya 28,8% dan kategori buruk mencapai 71,2%.

Kerusakan terumbu karang dapat disebabkan oleh faktor alam dan faktor antropogenik. Ekosistem terumbu karang adalah salah satu ekosistem yang sensitif dan sangat rentan terhadap perubahan iklim (Spalding & Brown, 2015). Kerusakan terumbu karang dapat disebabkan oleh proses-proses alam (*natural causes*) seperti suhu air laut yang tidak normal, tingkat sinar ultraviolet yang tinggi, dan sebagainya. Namun, selain disebabkan oleh faktor alam, faktor antropogenik atau kerusakan oleh aktivitas manusia menjadi penyebab terbesar kerusakan ekosistem terumbu karang, seperti degradasi habitat, perubahan kimiawi laut dan juga aktifitas penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan, serta wisata yang destruktif pada ekosistem terumbu karang (Burke dkk., 2011).

Berdasarkan kondisi kerusakan terumbu karang yang semakin mengkhawatirkan, maka berbagai upaya konservasi dan rehabilitasi telah dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan menggunakan teknik transplantasi karang.

Transplantasi karang merupakan teknik perbanyak koloni karang dengan memanfaatkan reproduksi aseksual karang secara fragmentasi. Transplantasi karang menjadi teknik konservasi yang sederhana untuk memperbaiki terumbu karang, karena berbagai kalangan dapat terlibat dalam melakukan aktivitas konservasi atau rehabilitasi karang dengan metode ini (Beginer dkk.,2014). Transplantasi karang memiliki berbagai manfaat, diantaranya adalah untuk meningkatkan keanekaragaman hayati, memberikan wisata menyelam, meningkatkan produktivitas perairan dengan menciptakan habitat baru yang mendukung aktivitas perikanan dengan skala kecil (artisanal) dan komersial. Struktur transplantasi karang juga dapat menjadi habitat baru berbagai jenis ikan dan invertebrata (Ahmad, 2015).

Secara umum, terdapat beberapa metode transplantasi karang yang sudah digunakan di Indonesia, diantaranya adalah dengan metode metode rak jaring (*spider*), jaring dan substrat, beton, pipa paralon, substrat alami dan dimodifikasi menggunakan biorock karang. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Metode jaring dan substrat dinilai kurang efektif karena jaring memiliki daya tahan yang kurang baik. Jaring sering mengalami putus dan sobek, hal ini menyebabkan karang-karang yang sudah besar terlepas dari jaring. Metode transplan karang dengan rak besi memiliki keunggulan mempermudah operasional dalam transplantasi, seperti dalam kegiatan pemanenan, penggantian karang yang mati dan pembersihan. Namun, metode rak besi dan pipa paralon memiliki kekurangan yaitu rentan terbalik akibat arus dan tidak kuat menahan beban ketika koloni karang membesar. Sebagai pengganti rak, jaring dan substrat, konstruksi yang terbuat dari bahan beton dapat menjadi solusi. Beton memiliki kelebihan daya tahan yang lama dan dapat membentuk formasi yang stabil. Stabilitas area penempelan membuat karang dapat menempel dan tumbuh dengan baik (Beginer dkk., 2014). Seperti pada penelitian Aziz dkk., (2011) menemukan bahwa banyak terjadi penempelan karang secara alami pada terumbu buatan dari beton. Dari berbagai metode tersebut, penggunaan struktur buatan

berupa rusun ikan dipandang lebih unggul karena memiliki daya tahan tinggi, memberikan substrat yang stabil, serta berfungsi ganda sebagai media pertumbuhan karang sekaligus habitat buatan bagi ikan dan biota laut lainnya.

Salah satu lokasi yang dikembangkan untuk kegiatan konservasi terumbu karang adalah Pulau Balak, yang terletak di Kecamatan Punduh Pidada, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Pulau Balak memiliki potensi tinggi untuk pengembangan konservasi laut. Pulau kecil tak berpenghuni ini memiliki luas sekitar 200 hektar, dikelilingi oleh perairan dangkal yang jernih dan relatif tenang. Belum adanya penelitian khusus mengenai rehabilitasi terumbu karang di Pulau Balak menjadi landasan penting untuk melakukan penelitian awal yang dapat menjadi dasar pengelolaan kawasan pesisir. Pulau Balak memiliki karakteristik lingkungan yang masih relatif alami. Hal ini menjadikan Pulau Balak sebagai lokasi strategis untuk menguji efektivitas metode rehabilitasi transplantasi karang dengan struktur buatan.

Pulau Pahawang merupakan salah satu pulau potensial di Lampung yang dikenal dengan destinasi wisata bahari terutama keindahan bawah lautnya. Pulau Pahawang memiliki luas kurang lebih 1.084 Ha yang terbagi menjadi dua yaitu Pulau Pahawang Besar dan Pulau Pahawang Kecil. Terdapat beragam aktivitas wisata bahari yang dapat dilakukan di Pulau Pahawang, seperti *snorkeling* dan *diving*. Hal ini dikarenakan Pulau Pahawang sangat dikenal sebagai destinasi wisata laut dengan habitat terumbu karang yang beragam. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Novriadi dkk., (2024) terdapat 13 jenis bentuk hidup (*life form*) karang dan 28 genus karang di Pulau Pahawang, dengan bentuk hidup (*life form*) yang paling banyak ditemukan adalah *Acropora branching*, dan genus yang paling umum ditemukan adalah *Acropora*. Namun, seiring dengan meningkatnya jumlah kunjungan wisatawan di Pulau Pahawang, menjadi salah satu penyebab kerusakan ekosistem terumbu karang. Beberapa perilaku wisatawan yang berpotensi merusak terumbu karang antara lain seperti

menginjak karang, memegang karang, berjalan di atas karang, serta menambat jangkar di karang. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan oleh Badriawan (2019) presentasi tutupan karang hidup di Pulau Pahawang hanya 32, 71% dan termasuk ke dalam kategori sedang, dan total kerusakan akibat aktivitas wisatawan seperti *snorkeling* mencapai 40, 40% di Pulau Pahawang. Salah satu langkah dalam upaya mengurangi laju degradasi adalah dengan konservasi seperti transplantasi terumbu karang.

Penelitian ini menggunakan dua jenis struktur buatan sebagai media transplantasi karang, yaitu model rusun ikan dengan media beton di Pulau Balak dan model rak dengan media beton dan besi di Pulau Pahawang. Struktur transplantasi model rusun ikan memiliki bentuk menyerupai bangunan bertingkat dengan beton berongga yang dirancang tidak hanya sebagai media tumbuh bagi karang transplantasi, tetapi juga sebagai habitat alternatif bagi ikan karang dan biota laut lainnya. Media berongga pada struktur ini memberikan perlindungan serta area bersembunyi bagi ikan dan invertebrata, sehingga mendukung peningkatan keanekaragaman hayati di sekitarnya.

Sementara itu, struktur rak yang digunakan di Pulau Pahawang merupakan media transplantasi berbentuk rak besi tiga dimensi dengan model menyerupai atap segitiga. Rangka utama terbuat dari besi yang disusun membentuk segitiga di bagian atas, kemudian disambungkan dengan batang besi horizontal dan vertikal sebagai penopang. Rak ini diletakkan langsung di dasar perairan dangkal (3 meter) sehingga menempel stabil pada substrat. Desain segitiga memberikan ruang terbuka di bagian tengah rak sehingga memungkinkan sirkulasi air dan penetrasi cahaya matahari lebih optimal.

Jenis karang yang digunakan pada kedua lokasi penelitian adalah jenis *Acropora* sp. Jenis ini termasuk dalam kelompok karang bercabang (*branching coral*) yang umum digunakan dalam kegiatan transplantasi karena memiliki laju pertumbuhan

yang relative cepat dibandingkan jenis karang lainnya, yaitu sekitar 5-10 cm per tahun dalam kondisi alami (Ardiansyah, 2013).

Dengan demikian, penelitian mengenai perbandingan pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup karang transplantasi *Acropora* sp. pada dua struktur buatan berbeda, yaitu rusun ikan di Pulau Balak dan rak di Pulau Pahawang, menjadi penting untuk dilakukan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai efektivitas kedua metode tersebut dalam mendukung pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup karang transplantasi, serta menjadi dasar pengembangan strategi rehabilitasi terumbu karang di wilayah pesisir Lampung maupun daerah lainnya di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pertumbuhan karang transplantasi *Acropora* sp. pada struktur buatan rusun ikan di Pulau Balak dan struktur rak di Pulau Pahawang?
2. Bagaimana tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) karang transplantasi *Acropora* sp. pada kedua metode tersebut?
3. Faktor apa yang paling mempengaruhi pertumbuhan karang transplantasi *Acropora* sp. ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis pertumbuhan karang transplantasi *Acropora* sp. pada struktur buatan rusun ikan di Pulau Balak dan struktur rak di Pulau Pahawang.
2. Menganalisis tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) karang transplantasi *Acropora* sp. pada kedua metode tersebut.
3. Mengetahui faktor yang mempengaruhi pertumbuhan karang transplantasi *Acropora* sp.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan data awal terkait efektivitas penggunaan rusun ikan sebagai media transplantasi karang dalam mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup karang (*Acropora* sp.).
2. Menjadi bahan pertimbangan dalam pelaksanaan program rehabilitasi terumbu karang, khususnya di wilayah pesisir Lampung.
3. Mendukung pengembangan metode transplantasi terumbu karang berbasis struktur buatan di wilayah pesisir Lampung.

1.5 Kerangka Berpikir

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem laut yang memiliki berbagai fungsi ekologis seperti sebagai habitat berbagai jenis biota laut, pelindung garis pantai, serta penyedia ekosistem yang mendukung sektor perikanan dan pariwisata. Selain memiliki fungsi ekologis, terumbu karang memiliki manfaat ekonomi seperti pariwisata, perikanan, dan budaya. Namun, kondisi terumbu karang di Indonesia terus mengalami degradasi akibat berbagai tekanan, baik dari aktivitas manusia maupun gangguan ekologis.

Salah satu upaya yang umum dilakukan untuk mengatasi kerusakan terumbu karang adalah dengan melakukan kegiatan transplantasi karang yang bertujuan untuk menumbuhkan kembali koloni karang dari fragmen kecil pada media buatan. Transplantasi karang dilakukan dengan menanam kembali fragmen karang dengan media buatan. Jenis karang yang digunakan bervariasi, karang yang sering digunakan dalam transplantasi karang adalah *Acropora* sp. Jenis karang ini merupakan jenis karang yang banyak ditransplan karena memiliki laju pertumbuhan yang relatif cepat. Secara alami kecepatan pertumbuhan karang jenis *Acropora* sp. dapat tumbuh sekitar 5-10 cm pertahun.

Penelitian ini menggunakan dua jenis struktur buatan yang berbeda, yaitu struktur rusun ikan di Pulau Balak dan struktur rak di Pulau Pahawang. Struktur rusun ikan terbuat dari beton berongga yang berfungsi ganda, yakni sebagai media tumbuh karang transplantasi dan sebagai habitat alternatif bagi ikan karang serta biota laut lainnya. Sedangkan struktur rak di Pulau Pahawang berbentuk rangka besi segitiga, yang berfungsi sebagai media penempelan fragmen karang dan memungkinkan penetrasi cahaya serta sirkulasi air yang optimal.

Perbedaan desain dan bahan antara kedua struktur tersebut berpotensi memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup karang transplantasi *Acropora* sp. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan membandingkan efektivitas kedua metode transplantasi tersebut dalam mendukung rehabilitasi terumbu karang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Terumbu Karang

2.1.1 Terumbu Karang

Ekosistem terumbu karang merupakan salah satu ekosistem perairan yang memiliki peranan penting bagi kelangsungan berbagai makhluk hidup. Ekosistem terumbu karang merupakan ekosistem khas yang terdapat di wilayah pesisir tropis (Kordi, 2018). Terumbu karang biasanya dianggap sebagai satu kesatuan. Namun, faktanya terumbu dan karang memiliki arti yang berbeda. Terumbu adalah struktur di dasar laut berupa deposit kalsium karbonat (CaCO_3) yang dihasilkan oleh hewan karang. Meskipun bentuknya seperti tanaman, namun sebenarnya karang merupakan sekumpulan hewan-hewan kecil yang bernama polip. Setiap polip memiliki kantung berisi air yang dilengkapi dengan lingkaran tentakel yang mengelilingi mulutnya. Karang adalah hewan tak bertulang belakang yang termasuk dalam Filum *Coelenterata* (hewan berongga) atau *Cnidaria*. Maka, jika digabungkan terumbu karang adalah struktur di dasar laut berupa deposit kalsium karbonat yang dihasilkan terutama oleh hewan karang (Nabil, 2019).

Ekosistem terumbu karang merupakan salah satu ekosistem di bumi yang memiliki *biodiversitas* dan produktifitas yang tinggi (Burke, 2012). Ekosistem terumbu karang tersusun dari berbagai jenis makhluk hidup, mulai dari organisme karang ordo *Scleroporaria* (karang keras),

ordo *Stolonifera* (karang lunak), hingga organisme lain seperti alga koralin, alga hijau dari jenis halimeda yang mengendapkan kalsium karbonat (CaCO_3), tiram raksasa (*Tridacna*), serta jenis-jenis Echinodermata, Gastropoda, dan ikan-ikan karang (Nybakken, 1988).

2.1.2 Klasifikasi Terumbu Karang

Berdasarkan morfologi dan fisiologi karang, Veron (2000) mengklasifikasikan karang sebagai berikut:

Table 1. Klasifikasi karang berdasarkan morfologi dan fisiologi karang

Tingkat	Nama Takson	Keterangan /
Taksonomi		Contoh
Kingdom	Animalia	-
Filum	Cnidaria	-
Kelas	<i>Hydrozoa</i>	-
Ordo	<i>Hydroidea</i>	<i>Hydroids</i>
	<i>Milleporina</i>	<i>Genus Millepora</i>
	<i>Stylasterina</i>	<i>Genus Distichopora,</i> <i>Stylaster</i>
Kelas	<i>Cubozoa</i>	<i>Sea wasps</i>
	<i>Anthozoa</i>	-
Subkelas	<i>Octocorallia</i>	-
Ordo	<i>Helioporacea</i>	<i>Genus Heliopora</i>
	<i>Alcyonacea</i>	<i>Soft corals,</i> <i>Tubipora, sea fans</i>
	<i>Pennatulacea</i>	<i>Sea pens</i>
Subkelas	<i>Hexacorallia</i>	-
Ordo	<i>Actiniaria</i>	<i>Sea anemones</i>
	<i>Zoanthidia</i>	<i>Zoanthids</i>

Tingkat	Nama Takson	Keterangan /
Taksonomi		Contoh
Ordo	<i>Corallimorpharia</i>	<i>Corallimorpharians</i>
	<i>Scleractinia</i>	<i>Stony corals</i>
Famili	<i>Astrocoeniidae</i>	Salah satu famili dalam ordo <i>Scleractinia</i>
Subkelas	<i>Ceriantipatharia</i>	-
Ordo	<i>Antipatharia</i>	<i>Black corals</i>
	<i>Ceriantharia</i>	<i>Tube an emones</i>

Terumbu karang berdasarkan tipenya dibagi menjadi dua, yaitu karang lunak (*soft coral*) dan karang keras (*hard coral*). Tipe karang lunak adalah tipe karang yang tidak membentuk struktur terumbu. Sedangkan tipe karang keras adalah tipe karang yang membentuk struktur terumbu. Jenis terumbu karang keras memiliki sifat yang rentan terhadap perubahan iklim. Terumbu karang inilah yang membentuk struktur utama ekosistem terumbu karang (Mulyono dkk., 2002). Karang lunak biasanya berasal dari ordo *Stylasterina*, sedangkan karang keras berasal dari ordo *Sceleractinia* (Nabil, 2019).



Gambar 1. contoh Karang lunak



Gambar 2. Karang keras (*Hard coral*)

2.1.3 Luas Wilayah Terumbu Karang

Luas wilayah terumbu karang secara global diperkirakan sekitar 255.000 km². Indonesia menempati peringkat teratas di dunia untuk luas dan jenisnya yaitu lebih dari 75.000 km² atau sebesar 14% dari luas total terumbu karang dunia (Nabil, 2019). Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2021 melaporkan, luas ekosistem terumbu karang di Indonesia mencapai 2,53 juta hektare (ha). Dari jumlah tersebut, terdapat 270,16 ha yang merupakan kawasan konservasi. Berdasarkan wilayahnya, Sulawesi memiliki ekosistem terumbu karang terluas di Indonesia, yakni 894.076,88 ha. Jumlah itu termasuk dengan areal konservasi terumbu karang seluas 163,37 ha. Kemudian, luas ekosistem terumbu karang di Sumatera mencapai 460.731,15 ha. Maluku memiliki ekosistem terumbu karang seluas 432.471,07 ha. Luas ekosistem terumbu karang di Nusa Tenggara dan Papua masing-masing mencapai 289.562,28 ha dan 262.378,19 ha. Lalu, Kalimantan memiliki areal ekosistem terumbu karang seluas 117.426,85 ha. Di Jawa, areal ekosistem terumbu karang seluas 65.670,99 ha. Sementara, areal ekosistem terumbu karang di Bali tercatat seluas 7.742,41 ha.

2.1.4 Fungsi Terumbu karang

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem yang memiliki banyak manfaat, baik secara ekologi, sosial, hingga ekonomi. Secara ekologi, terumbu karang memiliki fungsi sebagai penyedia habitat, sumber makanan, tempat berkembang biak, bertumbuh dan tempat pemijahan bagi berbagai organisme laut, melindungi pantai dari bahaya erosi, arus dan gelombang yang kuat (Agung, 2023). Secara sosial terumbu karang dapat dimanfaatkan sebagai penunjang kegiatan pendidikan dan penelitian sehingga ekosistem serta makhluk hidup di dalamnya dapat lebih dikenal dan dipelajari. Pengetahuan ini penting untuk pengelolaan dan pelestarian yang tepat agar kerusakan terumbu karang dapat dicegah (Nabil, 2019). Menurut Ramadhan dkk., (2016), ekosistem terumbu karang memiliki fungsi ekonomi yakni sebagai tempat habitat dari ikan karang, udang karang, algae, teripang dan kerang mutiara; sebagai objek wisata; sebagai penghasil bahan konstruksi bangunan dan pembuatan kapur; sebagai penghasil bahan aktif untuk obat dan kosmetik serta sebagai laboratoium alam untuk penunjang pendidikan dan penelitian. Hasil penelitian nilai ekosistem terumbu karang di Kabupaten Wakatobi menunjukkan bahwa estimasi nilai ekonomi sebagai tempat pertumbuhan ikan mencapai Rp. 400.024.550.99/tahun (Rp.7.339.900/ha/tahun), sedangkan untuk kegiatan budidaya rumput laut sebesar Rp. 8. 160.682.302/tahun (Rp. 15.397.524/ha/tahun).

2.1.5 Kondisi Ekosistem Terumbu Karang

Kordi (2018), menyatakan bahwa hampir 85% terumbu karang Indonesia terancam rusak, dimana sekitar 50% nya mendapat ancaman kerusakan yang tinggi. Aktivitas pembangunan di wilayah pesisir seperti pertanian, industri, pengerukan pantai, penangkapan ikan dengan racun dan bahan peledak, serta

aktivitas lainnya. Faktor-faktor alami seperti peristiwa alam badai, tsunami, gempa bumi, dan kenaikan suhu (El Nino) menyebabkan kerusakan ekosistem terumbu karang.

Ekosistem terumbu karang sangat rentan terhadap perubahan lingkungan hidup terutama suhu, salinitas, sedimentasi, eutrofikasi, dan memerlukan kualitas perairan alami (Barus dkk., 2018). Meningkatnya tekanan terhadap ekosistem terumbu karang tentunya akan dapat mengancam keberadaan dan kelangsungan terumbu karang dan biota yang hidup di dalamnya (Yuliani dkk., 2016). Selain faktor alami, faktor antropogenik juga memberikan gangguan pada ekosistem terumbu karang antara lain: pengambilan pasir untuk reklamasi, pembangunan pelabuhan, dan juga pembangunan hotel. Pencemaran akibat aktivitas transportasi laut termasuk transportasi kapal pengangkut minyak dan kegiatan pertambangan juga memberikan tekanan dan gangguan terhadap ekosistem terumbu karang (Lasabuda, 2013).

2.2 Faktor Pembatas Pertumbuhan Terumbu Karang

2.2.1 Faktor Fisik dan Kimia

Pertumbuhan terumbu karang dipengaruhi oleh beberapa faktor fisik dan kimia, diantaranya adalah suhu. Suhu menjadi salah satu faktor pembatas pertumbuhan karang karena suhu dapat mempengaruhi kecepatan metabolisme, reproduksi, dan perubahan kerangka luar dari karang (I Patty & Akbar, 2018). Terumbu karang dapat tumbuh dengan optimal pada suhu rata-rata tahunan berkisar antara 23-25°C, dengan suhu maksimal yang masih ditolerir 36-40°C (Nabil, 2019). Cahaya dan kecerahan air juga dapat mempengaruhi pertumbuhan karang karena mempengaruhi jumlah cahaya yang masuk. Cahaya digunakan oleh alga simbion (*Zooxanthellae*) untuk fotosintesis, dan kemudian hasil fotosintesis tersebut dijadikan sebagai sumber

makanan atau energi bagi karang. Selain itu, salinitas juga berpengaruh dalam pertumbuhan karang. Karang tidak dapat bertahan pada salinitas yang melebihi batas normal, yaitu berkisar antara 32-35ppt (Patty & Akbar, 2018). Pertumbuhan karang juga dipengaruhi oleh arus. Adapun kecepatan arus yang baik untuk pertumbuhan karang berkisar 0-0-17 m/det. Arus berfungsi untuk membawa makanan dan membersihkan karang dari sedimentasi. Selain itu, pergerakan air (arus) sangat penting untuk transportasi unsur hara, larva dan bahan sedimen (Nabil, 2019). Pengukuran pH atau derajat keasaman dan oksigen terlarut (DO) juga perlu dilakukan karena termasuk dalam faktor pembatas pertumbuhan karang. pH dapat dijadikan sebagai salah satu identifikasi kualitas air laut. Kisaran pH yang normal berkisar antara 8,0-8,3 (Patti & Akbar, 2018). Sedangkan untuk DO, berdasarkan menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, (2004) mengatakan bahwa pada umumnya terumbu karang dapat tumbuh dan berkembang dengan baik dengan nilai >5 mg/l.

2.2.2 Predator Alami Karang

Faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan dan menyebabkan gangguan pada ekosistem terumbu karang adalah adanya predasi atau predator alami karang seperti *Achantaster planci*. Kehadiran *Achantaster planci* di ekosistem terumbu karang memiliki dampak negatif, karena organisme ini dapat merusak karang dengan menghisap polip karang. Oleh karena itu, spesies yang dikenal dengan nama lokal bintang laut berduri ini dikenal sebagai ancaman serius bagi ekosistem terumbu karang (Braid dkk., 2013). Keberadaan dan jumlah *A. Planci* dipengaruhi oleh kondisi tutupan terumbu karang, termasuk bentuk substrat dan komposisi elemen penyusun ekosistem terumbu karang seperti alga dan patahan karang (Ningsih dkk., 2022). Selain itu, menurut (Mendonca dkk., 2010; Jansit dkk., 2024) tingginya kandungan nutrisi di perairan juga berkontribusi terhadap tingginya

populasi *A. planci*. Spesies ini cenderung memangsa karang dari famili Acroporidae, termasuk genus *Pocillipora* dan *Stylopora*, serta cenderung menghindari karang dari famili Poritidae (De'ath & Moran, 1998). Preferensi makan *A. planci* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kemudahan akses terhadap mangsa, ketersediaan mangsa, serta kelimpahan spesies karang yang dominan di suatu lokasi (Potts; 1981, Saponari, 2018). Menurut (Johansson, 2016). Mengungkapkan bahwa *A. planci* cenderung memangsa spesies yang sudah dikenalnya atau yang sebelumnya pernah dimangsa.



Gambar 3. *Acanthaster planci* (Predasi karang)

2.2.3 Faktor Antropogenik

Faktor antropogenik menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan karang. Beberapa dekade terakhir, tekanan lingkungan akibat aktivitas manusia semakin meningkat, menyebabkan kerusakan ekosistem terumbu karang secara global. Salah satu ancaman terbesar yang dihadapi terumbu karang adalah pencemaran laut, yang berdampak langsung maupun tidak langsung terhadap kelangsungan ekosistem terumbu karang (Sattuang & Wulandari, 2025). Sumber pencemaran laut bervariasi, baik dari daratan maupun di laut. Sumber pencemaran dari daratan umumnya berasal dari limpasan limbah industri, domestik, dan pertanian yang mengandung polutan. Polutan-polutan ini terakumulasi di laut dan menyebabkan stres fisiologis pada karang, menghambat pertumbuhan, serta meningkatkan risiko pemutihan dan kematian karang (Fabricius, 2005). Selain itu, polusi plastik, terutama jenis mikroplastik, semakin menjadi perhatian karena dapat merusak jaringan karang, mengganggu proses fotosintesis *zooxanthellae*, dan menyebabkan terganggunya proses reproduksi serta regenerasi karang (Lamb dkk., 2018).

2.3 Transplantasi Karang

Transplantasi karang merupakan salah satu kegiatan konservasi untuk merehabilitasi ekosistem terumbu karang. Transplantasi karang merupakan teknik perbanyak koloni karang dengan memanfaatkan reproduksi aseksual karang secara fragmentasi. Transplantasi karang menjadi teknik konservasi yang sederhana untuk memperbaiki terumbu karang, karena bisa dilakukan oleh berbagai kalangan dapat terlibat dalam melakukan aktivitas konservasi atau rehabilitasi karang dengan metode ini (Beginer dkk., 2014). Proses transplantasi karang dimulai

dengan menyediakan media buatan, baik berupa beton, ataupun rangka besi (Gambar 4 & 5). Selanjutnya, mencari karang donor yang berada di sekitar lokasi. Donor karang yang digunakan harus karang yang sudah dewasa atau memiliki ukuran koloni lebih dari 40 cm. Kecepatan sementasi menjadi kunci keberhasilan transplantasi karang. Sementasi adalah proses alami pelapisan substrat oleh karang menggunakan kalsium karbonat (CaCO_3) yang bertujuan untuk mengikat kerangka kapur karang ke substrat dan menutup celah (porositas) (Manzello dkk., 2008). Bentuk pertumbuhan (*life form*) dapat mempengaruhi kecepatan sementasi fragment karang pada substrat. Jenis karang *Acropora* bercabang (*branching*) (Gambar 4 dan 6) lebih cepat melakukan sementasi dibandingkan dengan bentuk tubular maupun *foliose*. Karang *Acropora* melakukan sementasi lebih cepat dibandingkan dengan jenis karang *non-Acropora* (Guest dkk., 2011). Selain itu, Jenis karang *Acropora* sp. merupakan jenis karang yang banyak ditransplan karena memiliki laju pertumbuhan yang relatif cepat. Secara alami kecepatan pertumbuhan karang jenis *Acropora* sp. dapat tumbuh sekitar 5-10 cm pertahun (Ardiansyah, 2013). Pertumbuhan karang ditandai dengan dua hal, yang pertama adalah adanya *skeletal extencion rate* atau penambahan masa dari jaringan kapur. Kedua adalah *growth of polyp or branch* yaitu penambahan jumlah polip atau percabanagn karang (Soong & Chen, 2003).



Gambar 5. Karang *Acropora* sp.



Gambar 4. Karang *Aropora* sp. yang baru ditransplant

2.4 Modul Rusun Ikan

Modul rusun ikan adalah salah satu bentuk struktur buatan (*artificial reef*) yang dirancang secara modular, terdiri dari komponen beton berongga yang disusun menyerupai bangunan bertingkat atau rumah. Penggunaan beton sebagai media transplantasi karang memiliki kelebihan daya tahan yang lama dan dapat membentuk formasi yang stabil. Stabilitas area penempelan membuat karang dapat menempel dan tumbuh dengan baik (Beginer dkk., 2014). Penggunaan struktur modul rusun ikan ini memungkinkan tidak hanya sebagai media penempelan karang, tetapi dapat sebagai habitat alternatif bagi ikan dan biota laut lainnya. Berbagai studi telah menunjukkan bahwa struktur buatan dapat meningkatkan jumlah, keragaman, dan biomassa komunitas ikan (Avigdor, 2006). Penelitian Aziz dkk., (2011) menemukan bahwa banyak terjadi penempelan karang secara alami pada terumbu buatan yang terbuat dari beton. Selain itu, implementasi kombinasi antara struktur buatan dan transplantasi karang terbukti mempercepat pemulihan komunitas karang. Keunggulan desain modular atau berongga memiliki efektivitas secara logistik dan ekologi, dapat mengakomodasi organisme kecil melalui rongga-rongga strategis dan meningkatkan efektivitas rehabilitasi (Pham dan Huang, 2024).



Gambar 6. Transplantasi karang dengan media beton (rusun ikan)

2.5 Modul Rak Besi

Struktur rak merupakan salah satu jenis media buatan yang umum digunakan dalam kegiatan transplantasi karang, khususnya pada perairan dangkal dengan intensitas cahaya yang tinggi. Rak berfungsi sebagai substrat buatan tempat penempelan fragmen karang serta sebagai penopang agar fragmen tetap stabil selama masa pertumbuhan. Dalam penelitian ini, struktur rak (Gambar 7) yang digunakan berbentuk rangka segitiga yang menyerupai atap rumah, terbuat dari besi yang kemudian dilapisi semen untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan memperpanjang umur pemakaian di laut.

Desain segitiga pada struktur rak memiliki beberapa keunggulan, antara lain memberikan ruang terbuka di bagian tengah yang memungkinkan sirkulasi air dan penetrasi cahaya optimal, serta mengurangi penumpukan sedimen di sekitar fragmen karang. Struktur ini juga memungkinkan distribusi beban yang merata pada setiap sisi, sehingga mengurangi risiko miring atau terbalik akibat tekanan arus atau gelombang. Selain itu, celah di antara batang besi menyediakan ruang perlindungan bagi ikan-ikan kecil dan invertebrata laut, yang secara tidak langsung membantu menciptakan mikrohabitat baru di sekitar area transplantasi. Fragmen karang diikat pada bagian batang besi menggunakan kabel ties, sehingga posisi karang tetap stabil dan memperoleh paparan cahaya yang cukup untuk proses fotosintesis.

Struktur rak rangka besi ini juga diberi lapisan semen, pelapisan semen pada rangka logam memberikan dua manfaat utama, yaitu perlindungan terhadap korosi dan peningkatan tekstur permukaan. Lapisan semen menciptakan permukaan yang kasar, menyerupai substrat alami seperti batu karang, sehingga mempermudah proses penempelan fragmen karang dan pembentukan biofilm awal. Menurut Strudwick dkk., (2024), struktur logam yang dilapisi semen atau pasir memiliki kemampuan lebih tinggi dalam mendukung kolonisasi mikroorganisme dan karang karena sifat permukaannya yang stabil dan tidak mudah terdegradasi. Selain itu, Pancrazi

dkk., (2023) melaporkan bahwa penerapan struktur buatan berbasis logam berlapis semen dan pasir di perairan Maladewa mampu meningkatkan tingkat kelangsungan hidup karang hingga di atas 90%. Lapisan semen juga berperan dalam meningkatkan daya lekat fragmen, terutama pada fase awal transplantasi.

Dengan demikian, struktur rak segitiga dari kerangka besi yang dilapisi semen dan pasir yang digunakan di Pulau Pahawang pada penelitian ini diharapkan memiliki potensi besar dalam mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup karang transplantasi *Acropora* sp. Kombinasi kekuatan material besi, stabilitas desain segitiga, serta sifat biofisik lapisan semen menjadikan struktur ini efektif sebagai media rehabilitasi ekosistem terumbu karang di wilayah pesisir Lampung.



Gambar 7. Transplantasi karang dengan media rangka besi

2.6 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

2.6.1 Pulau Balak

Pulau Balak merupakan salah satu pulau kecil yang berada di Kawasan Teluk Lampung, Indonesia. Secara administrasi pulau ini termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Punduh Pidada, Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. Pulau ini memiliki luas sekitar 200 hektar dan memiliki topografi berbukit dan Sebagian datar yang terletak pada koordinat 05°45'17" LS dan 105°10'51" BT. Pulau ini memiliki ciri pantai yang landai dan berpasir putih yang membuat pulau ini memiliki daya tarik pariwisata tersendiri, terlebih pariwisata privat berkelanjutan. Selain itu, Pulau Balak memiliki potensi tinggi untuk pengembangan konservasi laut. Dikutip dari National Geograpic Indonesia, (2014) pulau kecil ini memiliki kekhasan alam bawah laut yang memiliki komposisi terumbu karang yang rapat. Terumbu karang jenis *Oxypora lacera*, *Pectinia Lactuca*, dan *Montipora digitata* mudah ditemukan di pulau tersebut, serta jenis ikan karang yang beragam.

Belum adanya kajian ilmiah mengenai efektivitas metode rehabilitasi terumbu karang, khususnya melalui transplantasi karang dengan struktur buatan di Pulau Balak, menjadi landasan penting dilakukannya penelitian awal di kawasan ini. Meskipun belum terdapat data detail mengenai tingkat kerusakan terumbu karang di lokasi tersebut, potensi ekosistem pesisirnya menunjukkan kondisi yang relatif baik dan alami. Karakteristik perairan Pulau Balak yang jernih, berarus tenang, dan memiliki substrat yang sesuai menjadikannya lokasi yang strategis untuk menguji keberhasilan metode transplantasi karang dengan media rusun ikan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal yang berguna untuk pengembangan metode rehabilitasi terumbu karang yang lebih efektif dan berkelanjutan di wilayah pesisir Lampung dan sekitarnya.

2.6.2 Pulau Pahawang

Pulau Pahawang merupakan salah satu pulau potensial di Lampung yang dikenal dengan destinasi wisata bahari terutama keindahan bawah lautnya. Pulau Pahawang memiliki luas kurang lebih 1.084 Ha yang terbagi menjadi dua yaitu Pulau Pahawang Besar dan Pulau Pahawang Kecil. Terdapat beragam aktivitas wisata bahari yang dapat dilakukan di Pulau Pahawang, seperti *snorkeling* dan *diving*. Hal ini dikarenakan Pulau Pahawang sangat dikenal sebagai destinasi wisata laut dengan habitat terumbu karang yang beragam. Namun, seiring dengan peningkatan wisatawan dan aktivitas antropogenik yang tidak ramah lingkungan di Pulau Pahawang menyebabkan kondisi terumbu karang mengalami degradasi. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan oleh Badriawan (2019) presentasi tutupan karang hidup di Pulau Pahawang hanya 32, 71% dan termasuk ke dalam kategori sedang, dan total kerusakan akibat aktivitas wisatawan seperti *snorkeling* mencapai 40, 40% di Pulau Pahawang. Salah satu langkah dalam upaya mengurangi laju degradasi adalah dengan konservasi seperti transplantasi terumbu karang.

Meskipun demikian, Pulau Pahawang masih memiliki potensi ekologis yang tinggi untuk kegiatan konservasi dan rehabilitasi terumbu karang. Menurut penelitian Novriadi dkk., (2024), di perairan Pulau Pahawang ditemukan 13 bentuk hidup (*life form*) dan 28 genus karang, dengan bentuk hidup yang paling banyak dijumpai adalah *Acropora branching* dan genus yang paling dominan adalah *Acropora*. Dominasi karang dari genus *Acropora* tersebut menunjukkan bahwa kondisi perairan Pulau Pahawang masih mendukung pertumbuhan karang bercabang yang memerlukan cahaya dan sirkulasi air yang baik.

Pemilihan *Acropora* sp. dalam penelitian ini juga didasarkan pada kesesuaian ekologisnya dengan kondisi perairan Pulau Pahawang. Jenis

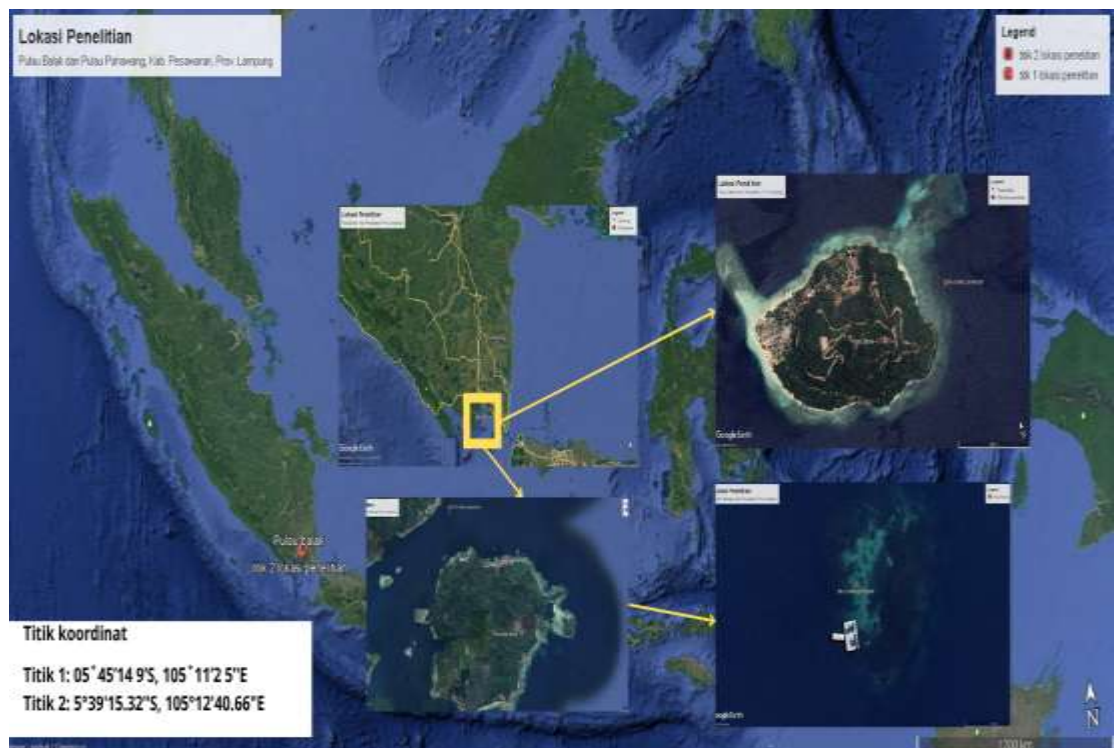
karang ini diketahui memiliki laju pertumbuhan alami berkisar antara 5–10 cm per tahun (Ardiansyah, 2013), serta merupakan genus yang paling dominan di wilayah ini (Novriadi dkk., 2024). Dengan demikian, kegiatan transplantasi *Acropora* sp. menggunakan struktur rak di Pulau Pahawang diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap upaya rehabilitasi terumbu karang dan menjadi model pengelolaan ekosistem laut yang berkelanjutan di wilayah Lampung.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama tujuh bulan, yaitu pada bulan April hingga Oktober 2025. Penelitian di Pulau Balak dilakukan pada bulan April–Juli 2025 dengan pengamatan setiap satu bulan sekali menggunakan media rusun ikan, berlokasi pada koordinat $05^{\circ}45'14.9''$ LS dan $105^{\circ}11'25''$ BT.

Selanjutnya, penelitian di Pulau Pahawang dilaksanakan pada bulan Juli–Oktober 2025 dengan pengamatan bulanan menggunakan media rak, yang terletak pada koordinat $05^{\circ}39'15.32''$ LS dan $105^{\circ}12'40.66''$ BT. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Peta lokasi penelitian transplantasi karang di Pulau Balak dan Pulau Pahawang, Kab.. Pesawaran. Lampung

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu set SCUBA (*Self Contained Underwater Breathing Apparatus*), tali transek, alat tulis, *Global Positioning System* (GPS), kamera *underwater*, tang, jangka sorong, termometer, pasak, refraktometer, sikat gigi, sarung tangan (*glove*), pH meter, DO meter, laptop, dan *secchi disk*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah modul rangka rusun ikan, modul rangka besi, fragmen karang *Acropora* sp., semen, resin, pasir, pelampung, kawat serta kabel *ties* sebagai pengikat fragmen ke modul.

3.3 Rancangan Penelitian

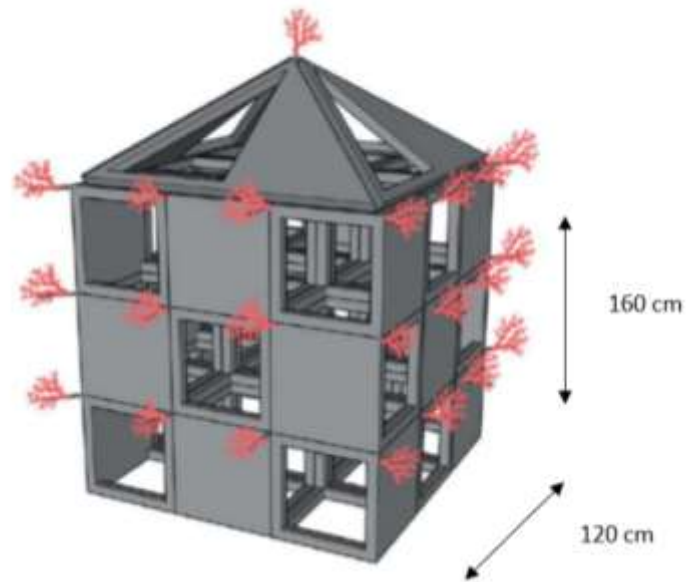
Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif komparatif yang bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan pertumbuhan serta tingkat kelangsungan hidup karang transplantasi (*Acropora* sp.) pada dua jenis struktur buatan yang berbeda, yaitu struktur rusun ikan di Pulau Balak dan struktur rak besi di Pulau Pahawang. Penelitian dilakukan melalui pengamatan langsung di lapangan serta pengumpulan data numerik karang hasil transplantasi pada kedua metode tersebut.

Pada lokasi pertama, yaitu Pulau Balak, digunakan struktur buatan berbentuk modul rusun ikan (gambar 6) berukuran 120 cm × 160 cm yang terbuat dari beton berongga. Struktur ini didesain menyerupai bangunan bertingkat dengan rongga-rongga terbuka pada setiap sisinya, yang berfungsi tidak hanya sebagai media penempelan fragmen karang, tetapi juga sebagai tempat agregasi ikan karang dan biota laut lainnya. Rongga pada struktur membantu menjaga sirkulasi air serta memungkinkan penetrasi cahaya yang stabil di setiap sisi, sehingga menciptakan kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan karang transplantasi. Sebanyak 20 unit modul rusun ikan dipasang di perairan

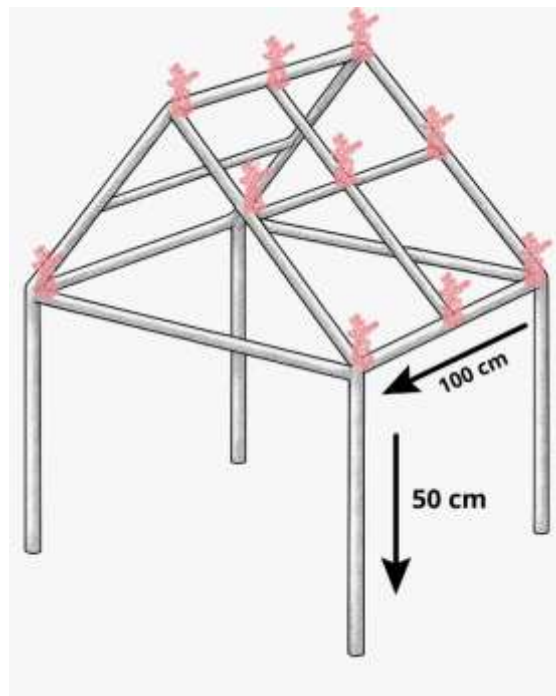
Pulau Balak, dan masing-masing modul ditanami 12 fragmen karang *Acropora* sp. dengan total sebanyak 240 fragmen karang. Meskipun seluruh modul diinstalasi secara seragam, pengamatan pertumbuhan dan kelangsungan hidup dilakukan pada empat unit modul yang dipilih secara representatif.

Sementara itu, pada lokasi kedua yaitu Pulau Pahawang, digunakan struktur buatan berupa rangka besi berbentuk segitiga yang berfungsi sebagai media transplantasi karang. Setiap rak memiliki ukuran panjang 50 cm dan lebar 1 meter, dengan desain rangka segitiga menyerupai atap rumah. Permukaan rangka besi dilapisi campuran semen untuk mengurangi korosi serta menciptakan tekstur kasar yang menyerupai substrat alami, sehingga mempermudah penempelan dan pertumbuhan karang. Desain segitiga terbuka pada struktur ini memungkinkan sirkulasi air dan penetrasi cahaya yang optimal, yang penting bagi proses fotosintesis *zooxanthellae* pada jaringan karang. Sebanyak 10 unit rak dipasang di perairan Pulau Pahawang, masing-masing ditanami 10 fragmen karang *Acropora* sp., dengan total 100 fragmen karang. Dari seluruh rak tersebut, delapan unit rak dijadikan sebagai sampel pengamatan berdasarkan posisi yang dianggap representatif.

Pengamatan terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup karang dilakukan setiap satu bulan sekali selama periode penelitian, yaitu April hingga Oktober 2025. Data yang dikumpulkan berupa perubahan Panjang, lebar, dan diameter fragmen karang (dalam cm) dan tingkat kelangsungan hidup fragmen (dalam persen). Hasil pengukuran pada kedua lokasi dibandingkan untuk mengetahui efektivitas masing-masing struktur buatan dalam mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup karang transplantasi *Acropora* sp.



Gambar 9. Modul Rusun Ikan



Gambar 10. Modul Rak Besi

3.4 Cara Kerja

Cara kerja dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan mulai dari persiapan struktur hingga proses monitoring pasca tanam. Setiap tahapan dilakukan secara sistematis untuk memastikan keberhasilan transplantasi dan validitas data yang diperoleh. Adapun langkah-langkah pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Persiapan struktur rusun ikan dan struktur rak

Sebanyak 20 unit struktur buatan jenis rusun ikan berukuran 120 x 160 cm dipersiapkan dan dibersihkan sebelum pemasangan. Struktur ini dirancang untuk mendukung pertumbuhan karang dan menyediakan habitat bagi biota laut lainnya. Setelah siap, struktur diangkat dan dipasang di lokasi transplantasi di perairan Pulau Balak dengan kedalaman 12 meter.

Sedangkan struktur rak dibuat sebanyak 10 unit rangka besi berbentuk segitiga, dengan memiliki panjang 50 cm dan lebar 100 cm. Struktur rak kemudian dilapisi dengan semen dan pasir untuk melindungi dari korosi di laut.

2. Pemilihan dan Pemotongan Fragmen Karang

Fragmen karang *Acropora* sp. diperoleh dari koloni induk yang sehat.

Fragmen dipotong dengan panjang seragam (sekitar 5–7 cm)

3. Penanaman Karang

Setiap modul rusun ikan ditanami 12 fragmen karang dan pada rak besi ditanami 8 fragmenn karang menggunakan kabel ties yang diikatkan pada sisi-sisi. Penanaman dilakukan secara hati-hati agar tidak merusak jaringan karang dan memastikan stabilitas fragmen

4. Pelaksanaan monitoring

Pengamatan dilakukan secara berkala pada setiap bulan. Monitoring meliputi pengukuran panjang fragmen karang menggunakan mikrometer (jangka sorong) serta pencatatan jumlah fragmen yang masih hidup.

5. Dokumentasi

Setiap sesi monitoring dilengkapi dengan dokumentasi foto menggunakan kamera bawah air. Foto diambil dari sudut yang sama untuk memudahkan perbandingan pertumbuhan dari waktu ke waktu. Dokumentasi juga mencatat kondisi koloni, pertumbuhan percabangan, serta kemungkinan adanya kerusakan atau kematian.

3.5 Data Penelitian

3.5.1 Data Kualitas Air

Pengukuran kualitas air dilakukan untuk mendukung analisis lingkungan habitat karang transplantasi. Parameter yang diukur adalah sebagai berikut:

a. Suhu

Pengukuran suhu perairan dilakukan dengan termometer yang diikat dengan tali, kemudian dimasukkan ke dalam air hingga tercelup. Skala suhu dicatat saat angka telah stabil tanpa mengangkat termometer dari kolom air.

b. Salinitas

Salinitas diukur menggunakan refraktometer yang telah dikalibrasi dengan akuades. Sampel air laut diteteskan pada lensa, dan nilai salinitas dibaca melalui peneropong.

c. pH

Nilai pH perairan diukur dengan pH meter dengan cara mencelupkan alat ke dalam air dan membaca hasil pada layar.

d. **Kecerahan**

Kecerahan air diukur menggunakan Secchi disk. Disk diturunkan hingga hilang dari pandangan (D1) dan kemudian diangkat hingga terlihat samar (D2). Nilai kecerahan dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Kecerahan} = (D1 + D2)/2$$

3.5.2 Pengukuran laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup karang

Data pertumbuhan, panjang, lebar, dan diameter karang dianalisis menggunakan *Microsoft Excel*. Untuk mengetahui tingkat pencapaian pertumbuhan karang yang di transplantasikan, digunakan persamaan sebagai berikut:

1. **Pertumbuhan fragmen karang Laju pertumbuhan fragmen karang**

$$\beta = Lt - L0$$

keterangan:

β = Pertambahan panjang / lebar fragmen karang

Lt = Rata-rata panjang / lebar fragmen karang yang hidup pada akhir penelitian

L0 = Rata-rata panjang / lebar fragmen karang pada awal transplantasi.

2. **Laju pertumbuhan fragmen karang**

$$a = \frac{(Li+1 - Li)}{(ti+1 - ti)}$$

Keterangan:

a = Laju pertumbuhan fragmen karang

L_{i+1} = Panjang atau lebar fragmen pada waktu ke- $i+1$

L_i = Panjang atau lebar fragmen pada waktu ke- i

t_{i+1} = Waktu ke- $i+1$

t_i = Waktu ke- i

3. Tingkat kelangsungan hidup fragmen karang

$$SR = \frac{N_t}{N_0} \times 100\%$$

Keterangan:

SR = tingkat keberlangsungan hidup (%)

N_t = jumlah akhir fragmen yang hidup

N_0 = jumlah fragmen pada awal penelitian

Table 2. Waktu pengamatan penelitian

No.	Kegiatan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Jul	Agst	sept	okt
Transplantasi dengan struktur rusun ikan di Pulau Balak										
1.	Pembuatan Struktur rusun ikan									
2.	Survei lokasi area transplantasi (Pulau Balak)									
3.	Pengambilan bibit karang									
4.	Peletakan dan penanaman bibit karang pada rusun ikan									
5.	Monitoring 1									
6.	Monitoring 2									
7.	Monitoring 3									
8.	Monitoring 4									
Transplantasi dengan struktur rak di Pulau Pahawang										
1.	Pembuatan struktur rak									
2.	Survei lokasi area transplantasi (Pulau Pahawang)									
3.	Pengambilan dan penanaman bibit karang									
4.	Monitoring 1									
5.	Monitoring 2									
6.	Monitoring 3									
7.	Monitoring 4									

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pertumbuhan karang transplantasi *Acropora* sp. pada media rak besi lebih tinggi dibandingkan media rusun ikan, baik pada parameter panjang, lebar, maupun diameter. Rata-rata laju pertumbuhan panjang pada rak besi mencapai $\pm 1,03$ cm/bulan, sedangkan pada rusun ikan sebesar $\pm 0,88$ cm/bulan.
2. Tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) karang lebih tinggi pada media rak besi (83,33%) dibandingkan rusun ikan (62,50%), sehingga menunjukkan bahwa media rak besi lebih efektif dalam mendukung keberhasilan transplantasi karang.
3. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup karang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, teknis, dan biotik, meliputi kedalaman dan intensitas cahaya, metode pengikatan awal yang menyebabkan luka jaringan, serta gangguan seperti arus, alga, dan predasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan bahwa:

1. Pemilihan lokasi transplantasi sebaiknya mempertimbangkan kedalaman dan intensitas cahaya, karena kondisi perairan yang lebih dangkal terbukti lebih mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup karang.
2. Penggunaan media rak besi direkomendasikan karena menunjukkan laju pertumbuhan dan *survival rate* yang lebih tinggi dibandingkan media rusun ikan.
3. Teknik pengikatan fragmen karang sebaiknya menggunakan bahan yang tidak merusak jaringan sejak awal, seperti tali ties, untuk meminimalkan luka dan meningkatkan keberhasilan adaptasi.
4. Pengukuran parameter kualitas perairan seperti suhu, salinitas, kecerahan, dan arus sebaiknya dilakukan pada setiap periode monitoring, tidak hanya di awal penelitian, agar dapat menggambarkan kondisi lingkungan secara lebih akurat terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup karang.
5. Perlu dilakukan pengawasan rutin terhadap faktor biotik, seperti keberadaan alga dan predator (misalnya *Acanthaster planci* dan *Drupella* sp.), yang dapat mempengaruhi keberhasilan transplantasi karang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Triwibowo. 2023. Strategi pengelolaan Ekosistem Terumbu karang di Wilayah Pesisir. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan*. 1(1):61-66.
- Ahmad Y. 2015. Komunitas Ikan Karang Pada Tiga Model Terumbu Buatan (*Artificial Reef*) di Perairan Pasir Putih Situbondo, Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4 (1).
- Ammar, M., Ahmed, S., EL-Gammal, Nassar, F., Belal, M., Farag, A., EL-Mesiry, W., EL-Haddad, G., Orabi, K., Abdelreheem, A., Shaaban, A., & Amgad. (2013). Review: Current trends in coral transplantation an approach to preserve biodiversity. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 14(1): 43–53.
- Ardiansyah, M. (2013). Laju Pertumbuhan Karang *Acropora* sp. di Perairan Pulau Pramuka. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 18(2), 95–102.
- Avigdor, Abelson. 2006. BULLETIN OF MARINE SCIENCE, 78(1): 151–159, 2006. Artificial Reefs VS Coral Transplantation as Restoration Tools for Mitigating Coral Reef Deterioration: Benefits, Concerns, and Proposed Guidelines. *Buletin of Marine Science*. 78(1): 151–159.
- Azis, A.M., Kamal, M.M., Zamani, N.P., Subhan, B., 2011. Coral Settlement on Concrete Artificial Reef in Pramuka Island waters, Kepulauan Seribu, Jakarta and Management Option. *Jurnal of Indonesian Coral Reefs*. 1 (1) 2011:55-64.
- Badriawan, H. (2019). Analisis Dampak Aktivitas Wisata Bahari terhadap Kondisi Ekosistem Terumbu Karang di Pulau Pahawang. Universitas Lampung.
- Barus, B. S., T. Prartono, dan D. Soedarma. 2018. Pengaruh Lingkungan terhadap Pertumbuhan Terumbu Karang di Perairan Teluk Lampung. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 10(3) : 699-70.
- Beginer, S., Hawis, M., Dondy, A., dan Dedi, S. 2014. Bisakah Transplantasi Karang Perbaiki Ekosistem Terumbu Karang?. *IPB Journal*. 1(3):159-164.

- Baird H, Pratchett MS, Hoey AS, Herdiana Y, Campbell SJ. 2013. *Acanthaster planci* is A Major Cause of Coral Mortality in Indonesia. *Coral Reefs*. 32:803-812.
- Boyd, C E. 1979. *Water Quality in WarmWater Fish Pound Fish Culture*. Agriculture Experiment Station. Auburn: Auburn University.
- Burke, L., K. Reytar, M. Spalding, dan A. Perry. 2012. *Menengok Kembali Terumbu Karang yang Terancam di Segitiga Terumbu Karang*. World Resources Institute.
- Burke, L., Reytar, K., Spalding, M., & Perry, A. 2011. *Reefs at risk revisited*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Cao, H., Zhang, C., Li, D., & Li, Q. (2023). *Protective performance of coated reinforcement in coral concrete under dry/wet cycling*. *Materials*, 16 (13), 4681.
- Costello, M. J., Coll, M., Danovaro, R., Halpin, P., Ojaveer, H., & Miloslavich, P. 2010. A census of marine biodiversity knowledge, resources, and future challenges. *PloS one*. 5(8).
- Cumming RL. 2009. *Populations Outbreaks and Large Aggregations of Drupella on the Great Barrier Reef*. Research Publication (Great Barrier Reef Marine Park Authority. No.97.
- De'ath, G. and P.J. Moran. 1998. Factors affecting the behavior of crown of thorns starfish (*Acanthaster planci* L.) on the Great Barrier Reef: 1: Patterns of activity. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology*, 220:83-106.
- Fabricius, K. E. (2005). *Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: Review and synthesis*. *Marine Pollution Bulletin*, 50(2).
- Fadillah, S. A. 2019. Ulasan Hukum Pidana Sanksi pada Terumbu Karang Rusak: Review of Criminal Law Sanctions on Damaged Coral Reefs. *Lex Scientia Law Review*. 3(2):219-226.
- Fatwa, Muh Aiman., Rauf, A., dan Danial. (2024). Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan karang transplantasi di Pulau Kapoposang. *Jurnal Ilmiah Wahana laut Lestari*. 1(2): 204-215.
- Guest, J. R., R. M. Dizon, A. J. Edwards. 2011. *How Quickly do Fragments of Coral "Self-Attach" after Transplantation?* *Restoration Ecology*, 19(2), 234-242.

- Hariyanto, S., Ibadur, R., Mahardika, R., H. 2023. Survival Rate and Growth Rate of Transplant *Acropora* sp and *Porites* sp Corals in Kecinan, North Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*. 23(2):254-463.
- Hoeksema BW, Scott C and True JD. 2013. Dietary shift in corallivorous *Drupella* snails following a major bleaching event at Koh Tao, Gulf of Thailand. *Coral Reefs*. 1-6.
- I Patty, S., dan Akbar, N. 2018. Kondisi Suhu, Salinitas, pH dan Oksigen Terlarut di Perairan Terumbu Karang Ternate, Tidore dan Sekitarnya. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*. 2(1): 1-10.
- Jansit, A.F., Zamani N.P., Subhan, B., Rachmawati, R., Lalang. (2024). Analysis of environmental parameters supporting the abundance of *Acanthaster planci* in the Wakatobi and Sombori Marine Protected Areas, Sulawesi, Indonesia. *BIODIVERSITAS*. 25(10): 3672-3682.
- Johansson, C.L., Francis, D.S., Uthicke, S. (2016). *Food Preferences of Juvenile Corallivorous Crown-Of-Thorns (Acanthaster planci) Sea Stars*. *Mar Biol*. 163:49
- Juniarta, R., Aisyah, E. N., & Munasik. (2010). Densitas zooxanthellae pada karang hasil transplantasi. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 15(2), 67–74.
<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ijms/article/view/2267>
- Kordi, M. G. H. K. 2018. *Mengenal dan Mengelola Terumbu Karang*. Penerbit Indeks. Jakarta.
- Lamb, J. B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., True, J. D., Kelly, L. A., Ahmad, A., Jompa, J., & Harvell, C. D. (2018). Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, 359(6374), 460–462.
- Lasabuda, R. 2013. Pembangunan Wilayah Pesisir dan Lautan dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Platax*. 1(2) : 92-101.
- Mendoca, V.M., Al Jabri, M.M., Al Ajmi, I., Al Muharrami, M, Al Areimi, M., Al Aghbari, H.A.2010. Persistent and Expanding Population Outbreaks of the Corallivorous Starfish *Acanthaster planci* in the Northwestern Indian Ocean: Are They Really a Consequence of Unsustainable Starfish Predator Removal through Overfishing in Coral Reefs, or a Response to a Changing Environment?. *Zoological Studies*. 49(1):108-123.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor: 51 tahun 2004 tentang baku mutu air laut*. Jakarta.

- Mompala, K., Ari, B. R., dan Unstain, W. W. J. R. (2017). Laju Pertumbuhan Karang Batu *Acropora* sp. Yang Ditransplantasi Pada Terumbu Buatan di Perairan kareko Kecamatan Lembeh Utara Kota Bitung. *Jurnal Ilmiah Platax*. 5(2).
- Mulyono. M., Rian, F., Cut, M. N. K., dan Hamdani. A.2002. *Sumberdaya hayati Laut Indonesia*. STP Press. Jakarta Selatan.
- Nabil, Zurba. 2019. *Pengenalan Terumbu Karang, Sebagai Pondasi Laut Kita*. Unimal Press. Sulawesi. Hal: 6-15.
- Ningsih, R. Z., Huda, I., Sarong, M. A., & Fitri H. 2022. *Acanthaster coral predator density in the Pulau Dua area, Aceh Selatan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 956: 012009.
- Nybakken, J. W. 1992. *Marine Biology: An Ecological Approach*. Translation. Gramedia Pustaka Tama. Jakarta.
- Novriadi, R., Pranowo, D., & Wulandari, E. (2024). Kajian Kondisi Ekosistem Terumbu Karang di Pulau Pahawang, Kabupaten Pesawaran, Lampung. *Jurnal Ilmu Kelautan Tropis*, 8(2), 145–156.
- Johan, O., Soedharma, D., dan Suharsono. (2008). Tingkat keberhasilan transplantasi karang batu (*Scleractinia*) di Pulau Pari, Kepulauan Seribu, Jakarta. *Jurnal Riset Akuakultur*. 3(2): 289-300.
- Pancrazi, I., Feairheller, K., Ahmed, H., et al. (2023). Active coral restoration to preserve the biodiversity of a highly impacted reef in the Maldives. *Biodiversity*, 24(2), 125-137.
- Palias, B. D., Nurrahman. Y. A., Helena, S. 2022. Kondisi Tutupan Terumbu Karang di Perairan Timur Pulau Kabung, Kabupaten Bengkayang, Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*. 5. (3) : 98 -107.
- Pasanea Y E. 2013. Kondisi Terumbu Karang Dan Penyusunan Konsep Strategis Pengawasan Ekosistem Terumbu Ka-rang Di Pulau Mansinam Kabupaten Manokwari. *Skripsi Jurusan Ilmu Ke-lautan, Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar*.
- Pham dan Huang, 2024. *3D printed artificial coral reefs: design and manufacture. Low-carbon Materials and Green Construction*. 2 (23) : 1-14.
- Potts, D.C. (1981). *Crown-Of-Thorns Starfish Man-Induced Pest or Natural Phenomenon? In: Kitching RL, Jones RE (Eds) the Ecology of Pests: Some Australian Case Histories*. CSIRO, Melbourne, 55–86.
- Putri, F. E. A., Nutul, A. D., dan Rayi, K. R. 2024. Urgensi Perlindungan Ekosistem Terumbu Karang di Indonesia Guna Menyongsong Program Sustainable

- Development Goals (SDGS) POINT 14. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. 10 (24.2): 385-393.
- Ramadhan, A., Lindawati, & Kurniasari, N. (2016). Nilai ekonomi ekosistem terumbu karang di Kabupaten Wakatobi. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*. 11(2):133-146.
- Rahmah, Y., Nursalam, N., & Salim, D. (2019). Analisis Laju Pertumbuhan Dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang Transplantasi di Perairan Karang Madani. *Marine, Coastal & Small Island Journal*. 3 (2).
<https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/mcs/article/view/11775%E2%81%A0%E2%81%BF%E2%81%BD>
- Riska, Baru Sadarum, La Ode Muh. Yasir Haya. 2013. Kelimpahan Drupella dan Kondisi Terumbu Karang di Perairan Pulau Mandike Selat Tiworo Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. 2(6):69-80.
- Sattuang, H. dan Wulandari, R. 2025. Dampak Pencemaran Laut terhadap Distribusi dan Adaptasi Terumbu Karang di Berbagai Zona Biogeografi. *Jurnal Multidisiplin West Science*. 4(2):201-209.
- Saponari, L., Montalbetti, L., Galli, P., Strona, G., Seveso, D., Dehnert, I., and Montano, S. (2018). *Monitoring and Assessing A 2-Year Outbreak of the Corallivorous Seastar Acanthaster planci in Ari Atoll, Republic Of Maldives*.
- Soong, K. & T. Chen. 2003. Coral Transplantation: Regeneration and Growth of Acropora Fragments in a Nursery. *Restoration Ecology*. 11(1): 62–71.
- Spalding, M. D., & Brown, B. E. (2015). Warm-water coral reefs and climate change. *Science*, 350 (6262), 769-771.
- Strudwick, P., Jenkins, R. J., & Mumby, P. J. (2024). *Assessing how metal reef restoration structures shape the functional and taxonomic profile of coral-associated bacterial communities*. *Frontiers in Marine Science*.
- Subhan, M.A., Yahya, Y., Mardiansyah, & Putri, L.S.E. 2021. *The Growth of Acropora loripes (Brook 1892) Using Spider Frame Module Transplantation Method and Its Effect on The Presence of Fish Reef in Les Village, Buleleng, Bali*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 744(1): p 012080. DOI: 10.1088/1755-1315/744/1/012080.
- Thamrin. 2006. *Karang : Biologi Reproduksi & Ekologi*. Mina Mandiri Pres: Pekanbaru.
- Timotiun, dan Silviantina. (2013). *Pelatihan Coral Finder*. Kantor Yayasan Terumbu Karang Indonesia.

- Whitehead, R. F., S. J. de Mora and S. Demers. 2000. *Enhanced UV Radiation (a New Problem For The Marine Environment)*. New York: Cambridge University Press.
- Yuliani, W., M. S. Ali, dan M. Saputri. 2016. Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang oleh Masyarakat Lhokseudu Kecamatan Leupung Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi I* (1) : 1-9.
- Widiastuti, Kadek Andina; Yuni, Luh Putu Eswaryanti Kusuma; Astarini, Ida Ayu. (2023). *Stylophora pistillata: Effect of Fragment Size and Water Depth on Growth Rate of Transplanted Coral*. <https://doi.org/10.22146/jfs.77207>